

Министерство образования Российской Федерации
Тульский государственный университет

Конструкторское бюро приборостроения

*К 75-летию
ФГУП «КБ приборостроения»*

*К 50-летию
кафедры ракетостроения
ТулГУ*

В.И. Бабичев, В.В. Ветров, А.В. Игнатов, А.Р. Орлов

ОСНОВЫ УСТРОЙСТВА И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АРТИЛЛЕРИЙСКИХ УПРАВЛЯЕМЫХ СНАРЯДОВ

Под общей редакцией академика РАН А.Г. Шипунова

Рекомендовано
Учебно-методическим объединением вузов
по университетскому политехническому образованию
в качестве учебного пособия

Тула 2003

Основы устройства и функционирования артиллерийских управляемых снарядов: Учеб. пособие / В.И. Бабичев, В.В. Ветров, А.В. Игнатов, А.Р. Орлов; Под ред. А.Г. Шипунова. Изд-во КПБ. – Тула.

Приведены схемные и конструктивные решения управляемых боеприпасов для артиллерийских систем различного назначения. рассмотрены основные физические принципы и процессы, положенные в основу функционирования управляемых артиллерийских снарядов, указаны тенденции их развития.

Подготовлено по материалам открытой печати и может быть полезно студентам, аспирантам и инженерно-техническим работникам соответствующей отрасли.

Список условных сокращений

АВ - артиллерийское вооружение;
АГСН - акустическая ГСН;
БА - бортовая аппаратура;
ББП - бортовая батарея питания;
БКТ - боеприпасы с корректируемой траекторией;
БТТ - бронетанковая техника;
ВЛЗД - воспламенитель лучевой замедленного действия;
ВТ - военная техника;
ВТБ - высокоточные боеприпасы;
ВТО - высокоточное оружие;
ГСН - головка самонаведения;
ИК-ГСН - инфракрасная головка самонаведения;
ИНС - инерциальная навигационная система;
КРНС - космическая радионавигационная система;
КУАВ - комплекс управляемого артиллерийского вооружения;
КУВ - комплекс управляемого вооружения;
ЛГСЦ - лазерная головка самонаведения;
ЛД - лазерный дальномер;
ЛПГСН - лазерная полуактивная головка самонаведения;
ЛЦД-лазерный целеуказатель-дальномер;
МД - маршевый двигатель;
ОП - огневая позиция;
ОУ - отсек управления;
ПГ - позиционный гироскоп;
ПИМ - предохранительно-исполнительный механизм;
ПУВ - программное устройство взведения;
РГСН - радиолокационная головка самонаведения;
РДТТ - ракетный двигатель твердого топлива;
СВ - Сухопутные войска;
СНБЭ-самонаводящийся боевой элемент;
СО - снарядный отсек;
СПБЭ - самоприцеливающийся боевой элемент;
СУО - система управления оружием;
ТГСН - тепловая головка самонаведения;
ТЗ - техническое задание;
ТТЗ - тактико-техническое задание;
ТТТ - тактико-технические требования;
ТТХ - тактико-технические характеристики;
У АС - управляемый артиллерийский снаряд;
УР - управляемая ракета;
ФПУ - фотоприемное устройство;
ЭБ - электробатарея;
ЭВББ - электровоспламенитель бортовой батареи.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Артиллерийские управляемые снаряды (УАС) и комплексы вооружения, построенные на их основе, начинают уверенно занимать ведущее место в системе артиллерийского вооружения. Они призваны практически полностью изменить общую концепцию применения ствольной артиллерии и позволяют решать боевые задачи в ближней тактической зоне экономически целесообразным путем при минимальном несанкционированном ущербе и, следовательно, могут успешно использоваться как в полномасштабных боевых действиях, так и при проведении антитеррористических операций. Эти комплексы относятся к системам высокоточного оружия.

Основное предназначение дисциплины «Основы устройства и функционирования артиллерийских управляемых снарядов» - преподнести будущим конструкторам и инженерам-исследователям оборонных отраслей промышленности систему знаний о новом классе высокоточного оружия, раскрыть специфику функционирования и конструктивные особенности как существующих УАС, так и находящихся на уровне концептуальной или проектной идеи.

Целесообразность разработки того или иного образца вооружения в современный период развития техники увязывается с задачами, стоящими перед ним. Требования к образцу формулируются с учетом характеристик его подсистем и их взаимных связей, что в совокупности и составляет комплекс вооружения, как правило, информационно и технически объединяющий управляемое и неуправляемое вооружение с соответствующей системой управления огнем и боекомплект. С позиций системного подхода такая комбинация средств позволяет значительно повысить технический уровень разработок, сократить потребное количество боевых единиц, что ведет к резкому снижению расходов, упрощает управление войсками в ходе боевых действий. Это объединение необходимо как в танковых, так и в артиллерийских средствах. Попытки такого совмещения известны в мировой практике, но в наиболее завершенном виде они реализованы в ГУП «КБП» (Россия, г. Тула) под научным и техническим руководством академика РАН Шипунова А.Г. и значительном вкладе в создание управляемого вооружения ведущих специалистов Тихонова В.П., Эштокина А.П., Захарова Л.Г., Бабичева В.И., Березина С.М.

Представленный материал пополняет информационную базу учебных курсов «Основы устройства и функционирования ракет и ракетно-ствольных систем». Он может быть полезным при выполнении курсовых работ и проектов по ряду специальных учебных дисциплин. Данные обстоятельства в силу необходимости компактного и доступного изложения позволили распределить текст книги на семь небольших по объему разделов.

В первом разделе даются общая характеристика артиллерийских систем, их классификация, физические основы выстрела.

Во втором разделе показаны логика возникновения УАС, история и перспективы их развития, предложены подходы к классификации УАС и рассмотрены особенности функционирования их систем наведения.

Третий раздел посвящен характеристике комплексов управляемого вооружения (КУВ) объектов бронетанковой техники (БТТ) с системами теленаведения по лазерному лучу. Рассмотрены базовые образцы ракет КУВ отечественных объектов БТТ и некоторые зарубежные проекты.

В четвертом разделе рассматриваются УАС с полуактивным самонаведением.

ем по отраженному лазерному лучу. Наибольшее внимание уделяется базовому образцу отечественных УАС - «Краснополь», приводится оценка боевой эффективности его применения.

Пятый раздел знакомит с корректируемыми артиллерийскими боеприпасами, использующими полуактивное лазерное самонаведение.

Шестой раздел посвящен описанию комплексов минометного управляемого вооружения, включая отечественный комплекс «Грань» для миномета 120-мм калибра, а также управляемые мины зарубежных стран Strix (Швеция), Merlin (Англия), Griffin (Франция).

В седьмом разделе излагаются конструктивные особенности кассетных боеприпасов с самоприцеливающимися боевыми элементами (СПБЭ) без коррекции и с коррекцией траектории.

Предлагаемая вниманию читателей работа выполнена под общей редакцией А.Г. Шипунова в творческом взаимодействии авторов и специалистов ГУЛ «КБП» и представляет собой попытку обобщить опыт разработки комплексов управляемого артиллерийского вооружения в виде доступного материала, обличенного в форму учебного пособия. В подготовке материалов учебного пособия принимали участие специалисты ГУЛ «КБП» В.И. Рабинович, Е.А. Гусев, В.П. Елесин, Б.З. Клевенков и В.В. Русин.

Примечательно, что данное пособие выходит в свет в период между двумя юбилеями - 75 летием ГУП «КБП» и 50 летием кафедры ракетостроения ТулГУ, плодотворное сотрудничество которых сделало возможным написание и издание данной книги.

Особую благодарность авторы выражают сотрудникам ГУП «КБП» В.М. Лихтерову, В.В. Панову, В.К. Кудрасову, В.М. Кузьмину, Т.И. Антохиной, Н.А. Качановой и ТулГУ В.В.Морозову, Т.Я.Селищевой, Д.Я.Ионовой За большую разностороннюю помощь при работе над изданием книги.

Авторы будут признательны читателям за ячеыюы и пожелания и просят присылать их по адресу: 300600, г. Тула, пр. Ленина 92, ТулГУ, кафедра РС.

ВВЕДЕНИЕ

Важнейшей компонентой развития обычных средств вооружённой борьбы наступившего XXI века является интенсивное внедрение в армиях многих государств высокоточного оружия различных назначения и дальности применения. Роль ВТО для достижения целей военных действий подтверждена опытом локальных войн и вооруженных конфликтов как 90-х годов XX в., так и начала XXI века. Этот опыт, как показано в статье академика Е.А. Федосова [22], мы видим прежде всего на примерах войн стран, имеющих высокий технологический потенциал, со странами, имеющими более низкий уровень

Так, страна, превосходящая противника в технологическом отношении, не стремится к прямому соприкосновению сухопутных армий в первой фазе конфликта, а наносит воздушные и ракетные удары по всей глубине территории противника, стремясь разрушить экономическую инфраструктуру противника, его систему ПВО и пункты управления. Во второй фазе наносятся удары по тяжелой военной технике, аэродромам, складам боеприпасов, коммуникациям. Как показали войны с Ираком и на Балканах, этих двух фаз было достаточно, чтобы заставить противника принять необходимые политические условия.

Эти примеры хорошо иллюстрируют тот факт, что войны будущего будут характеризоваться отсутствием понятий фронта и тыла. Страна, в технологическом отношении более развитая, несет минимальные потери, так как сухопутные войска вступают в конфликт в последней стадии, когда противник практически сломлен и способен вести в лучшем случае партизанскую войну.

Изменение характера боевых действий, связанное со снижением оперативных плотностей войск и переходом от площадного метода поражения объектов к избирательному, заставило специалистов обратить особое внимание на высокоточное оружие артиллерии [23, 25].

1. Основные направления построения ВТО артиллерии

Современная ствольная артиллерия, обладая высокой огневой мощностью, скорострельностью, маневренностью и способностью решать широкий круг огневых задач, сохраняет ведущее место в системе вооружения армий передовых в военном отношении стран.

Высокие огневые свойства ствольной артиллерии обеспечиваются постоянным совершенствованием всех составляющих её подсистем (средств разведки, огневых средств, систем управления огнем, боеприпасов). По своему боевому потенциалу наиболее современные артсистемы 2С19 (Россия), TRF1 (Франция), PzH-2000 (ФРГ) в 4 - 5 раз превышают артсистемы разработки 60 -80-х годов.

И тем не менее, несмотря на очевидное совершенствование артиллерии, количество привлекаемых орудий, расход снарядов и время выполнения основных боевых задач остаются все еще значительными. Так, для поражения батареи противника на дальностях 15 - 20 км требуется привлечение артиллерийского дивизиона (18 орудий) и расхода 600 - 800 снарядов. При этом время стрельбы составит 6-8 мин, что достаточно для нанесения ответного огня противником и срыва выполнения боевой задачи. И, конечно, при таком времени стрельбы противник успевает покинуть место своего расположения.

Сокращение расхода снарядов и времени выполнения боевых задач с одновременным расширением боевых возможностей артиллерии может быть обеспечено

только при стрельбе с высокой точностью. Одним из основных направлений повышения точности стрельбы является применение комплексов управляемого артиллерийского вооружения (КУАВ) [5,14,25].

По существу, управляемые боеприпасы являются средством, способным сохранить и приумножить роль артиллерии на современном этапе развития вооружения.

Развитие высокоточного артиллерийского вооружения в мире началось в 70-е годы XX века с боеприпасов с полуактивными лазерными системами наведения. Тогда подсвет лазерным лучом был единственным освоенным, доступным по элементной базе и стоимости способом выделения цели на фоне местности. Были разработаны и приняты на вооружение 155-мм управляемый снаряд «Копперхед» (1981 г., США), 240-мм корректируемая мина «Смельчак» (1983 г.) и 152-мм управляемый снаряд «Краснополь» (1986 г., Россия). Параллельно с их созданием начались интенсивные исследовательские работы по автономным системам самонаведения, т.е. системам, не требующим участия человека в опознавании цели. В тот период было распространено мнение, что системы с лазерным подсветом — это первый этап, поскольку для них необходимо выдвигать на передний край наблюдателя-оператора, переносить целеуказатель, наблюдать цель и подсвечивать ее, а этому могут мешать пыль, дым, огонь противника и т.д.

В то же время опыт последних лет показал, что изменение характера возможных вооружённых конфликтов сместило акцент в артиллерийских задачах с массированного огневого поражения крупных формирований со значительным числом бронетехники на выборочное поражение целей, в том числе в населённых пунктах в присутствии мирного населения. При решении таких задач необходимостью оказывается необходимым участие человека в выборе цели [28].

Анализ современных разработок показывает, что работы в области высокоточных артиллерийских боеприпасов в мире ведутся по двум основным направлениям - создание боеприпасов с самоприцеливающимися боевыми элементами (СПКЭ) для поражения групповых бронированных целей и разработка боеприпасов для поражения отдельных важных целей с системами наведения, предусматривающими участие человека в выборе цели. К последнему направлению можно отнести разработки: 120-мм мины «Грань» (Россия), 120-мм мины РОММ (США) с полуактивно-пассивной системой наведения; 70-, 81- и 120-миллиметровых, запускаемых из ствола миномёта, управляемых ракет ALFO (Франция) с волоконно-оптическим каналом передачи изображения на пункт управления; 155-мм снаряда «Excalibur» (США) с системой наведения на цель по координатам с помощью спутниковой радионавигационной системы.

В России наибольший задел создан в области боеприпасов с полуактивным лазерным самонаведением. Опыт применения систем с лазерным полуактивным самонаведением показал целесообразность оснащения артиллерии такими боеприпасами, особенно в её нижних звеньях — ротно-батальонном и полковом, при одновременном совершенствовании элементов комплексов в части создания авиационных средств лазерного целеуказания, уменьшения габаритно-массовых характеристик ЛЦД и их сопряжения с тепловизионными приборами, повышения помехозащищённости головок самонаведения [11].

2. Высокоточное вооружение - новые боевые возможности артиллерии

Снаряды с полуактивным лазерным самонаведением обеспечивают **пораже-**

ние целей во всем диапазоне дальностей стрельбы первым выстрелом без пристрелки.

Это их свойство позволяет придать ствольной артиллерии принципиально новые качества [5, 26]:

- традиционные способы обстрела в виде «заградительного огня» и «огня по площадям» заменить стрельбой по отдельным, в том числе малоразмерным целям (танки, БМП, ДЗОС), с высокой вероятностью поражения каждой цели;
- стрельбу по групповым целям, расположенным на значительном удалении (800 - 1000 м) друг от друга, проводить на одних и тех же установках, рассчитанных относительно центра группировки;
- стрельбу на дальностях до 10 - 12 км проводить при отсутствии метеобаллистической подготовки;
- обеспечить поражение первым выстрелом не только неподвижных, но и движущихся целей.

Время выполнения боевых задач при применении управляемых артиллерийских снарядов составляет 2-3 мин, при этом каждое из стреляющих орудий после производства 2-3 выстрелов за время не более 30 с покидает ОП, **что практически исключает потери от ответного огня противника и существенно меняет тактику применения артиллерии.**

Артподготовка, являющаяся одним из основных видов огня штатной артиллерии, требующая высокой концентрации артиллерийских орудий, многотонного расходования боеприпасов и существенного (15-20 мин) времени ведения стрельбы, заменяется 2 - 3-минутным огнем батареи или дивизиона, в течение которых уничтожаются цели противника, обладающие наибольшим боевым потенциалом.

3. Боевое применение комплексов ВТО артиллерии

Комплекс "Краснополь" неоднократно применялся в боевых конфликтах регионального характера. Ввиду особого характера таких боевых действий ВТБ использовались прежде всего для поражения объектов бронетанковой техники и разрушения инженерных (прежде всего фортификационных) сооружений.

Боевые операции, как правило, велись с противником, обладающим отлично подготовленными укрепрайонами, создававшимися для позиционной обороны.

Они представляли собой систему отдельных огневых точек, оборудованных в подвальных помещениях домов в населенных пунктах или в расщелинах скальных пород в горах. Сообщение между огневыми точками осуществлялось посредством глубоких траншей и подземных ходов. Обычные средства поражения не всегда были достаточно эффективными при стрельбе по таким объектам.

Артиллерия в ходе одной из таких операций с применением 152-мм управляемых снарядов "Краснополь" успешно выполнила боевые задачи по поражению огневых точек, живой силы и техники противника, разрушению оборонительных сооружений в населенных пунктах. На решение одной огневой задачи было израсходовано в среднем 1 - 2 управляемых снаряда.

Вместе с тем была выявлена необходимость соответствующей степени подготовки огневых подразделений к применению ВТБ в боевой обстановке. Так, при проведении первых боевых операций артиллеристы, как правило, имели недостаточные навыки в применении ВТБ. В результате организованного обучения навыкам и приемам боевого применения управляемых снарядов "Краснополь" и принятия мер организационного характера эти недостатки были устранены.

Как показал опыт боевого применения высокоточного комплекса "Краснополь" в целом ряде стран, трудно недооценить роль и место данного комплекса в ходе ведения боевых действий вооруженными силами стран Африканского и Азиатского континентов против незаконных вооруженных формирований, действующих на территории этих стран. Армии всех стран сумели успешно освоить не только техническую сторону вопроса, связанного с боевым применением комплекса, но и наиболее рациональные способы боевого применения комплекса. Так, в ходе боевых действий имели место случаи применения вместо батареи одного-двух орудий, используемых для поражения наиболее важных объектов противника. Дальность подсвета цели, например при стрельбе по танкам, составляла около 7 км, дальность стрельбы - 18-19 км. При этом обеспечивалось поражение целей при расходах снарядов 1-2 на каждую цель.

Помимо поражения целей, следует учесть, что стрельба УАС «Краснополь» оказывала сильное психологическое воздействие на противника, поскольку ему было совершенно непонятно, кто и откуда стреляет.

Заслуживает внимания и опыт применения комплекса "Краснополь" в высокогорных условиях. В России и в ряде других стран комплекс обычно применялся на высотах не более 2000 - 3000 м. Некоторые заказчики потребовали обеспечения использования комплекса на высотах до 4000 - 5000 м над уровнем моря. Это обстоятельство вынудило Россию (ГУП «КБП», г. Тула) для обеспечения нормальной работы снаряда «Краснополь» в условиях высокогорья разработать и реализовать мероприятия, которые не повлияли бы на работу снаряда в равнинных условиях, но для высокогорья обеспечили бы такую же точность, как и на равнине [26].

4. Распространение комплексов ВТО на артиллерию калибра 120 и 122 мм

Перспективность управляемых снарядов с лазерным полуактивным самонаведением и их высокие боевые возможности поставили задачу создания таких снарядов для артсистем полкового и батальонного звена калибром 120 и 122 мм.

Указанная задача потребовала разработки новых малогабаритных элементов бортовой системы управления снаряда: гирокоординатора, автопилотного блока, головки самонаведения и была успешно решена в ГУП «КБП» созданием управляемых снарядов: «Китолов-2» для орудий калибра 120 мм и «Китолов-2М» для орудий калибра 122 мм, а, также управляемой мины "Грань" для гладкоствольных и нарезных минометов калибра 120 мм. Следует отметить, что аналогов перечисленных управляемых боеприпасов ни в России, ни за рубежом нет [11, 14, 27].

Применение управляемого артиллерийского вооружения для минометов калибра 120 мм имеет особое значение при ведении боевых действий в труднодоступной (сильнопересеченной, гористой) местности, где использование артиллерии калибра 120 мм и, в особенности, 152 мм ограничено и не всегда эффективно.

Из-за большого рассеивания штатных (неуправляемых) боеприпасов и, прежде всего, мин выполнение боевых задач минометными подразделениями, вследствие их низкой эффективности, требует доставки к месту ведения огня большого количества таких боеприпасов. Поэтому применение управляемого минометного вооружения с расходом мин в десятки раз меньшим, чем при применении неуправляемых мин является кардинальным направлением повышения эффективности минометов калибра 120 мм, в особенности при ведении боевых действий мобильными группами в составе взводов и рот, а также при удалении от пунктов боепитания.

Все вышеизложенное позволяет утверждать, что внедрение и дальнейшее совершенствование управляемых артиллерийских снарядов - насущная потребность артиллерии XXI века.

5. Управляемое оружие бронетанковой техники - основа ее огневой мощи

Современные условия ведения боевых действий характеризуются скоротечностью, высокой маневренностью подразделений, их огневой и тактической самостоятельностью. По мере развития боевых действий, противоборствующие стороны несут потери в силах и средствах, нарушается система управления подразделениями. При этом успеха в бою достигает сторона, имеющая оружие, которое позволяет применять его автономно. Одним из средств, обеспечивающих высокую эффективность как наступательных, так и оборонительных операций, были и остаются комплексы управляемого вооружения объектов бронетанковой техники [11, 29]. Сюда, в первую очередь, следует отнести систему ствольных ПТУР с лазерной лучевой системой управления для танков с пушками калибра 100, 105, 115 и 125 мм, не имеющую аналогов за рубежом [14, 25]. Ее особенностями являются сохранение всех артиллерийских качеств танка, возможность довооружения при малых затратах, высокая помехозащищенность. При этом были решены проблемы с высокими ствольными перегрузками и адаптацией управляемого вооружения с минимальной доработкой бронеобъектов. Это, по праву, считается эпохой в развитии танков, поскольку они приобрели способность поражать цели первым выстрелом на всех дальностях.

Управляемым вооружением разработки ГУП «КБП» оснащены все современные отечественные танки, и в этом плане управляемый снаряд стал универсальным средством, которое с успехом может поражать не только танки и боевые машины, но и малоразмерные цели и вертолеты.

1. СОВРЕМЕННАЯ АРТИЛЛЕРИЯ. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Современная ствольная артиллерия, обладая высокой огневой мощностью, скорострельностью, маневренностью и способностью решать широкий круг огневых задач, сохраняет ведущее место в системе вооружения армий передовых в военном отношении стран [4].

Артиллерия широко применяется при решении различных боевых задач. К числу основных из них можно отнести:

- уничтожение, средств нападения противника, его высокоточного оружия, разрушение пречных оборонительных сооружений;
- уничтожение и подавление живой силы и огневых средств противника в наступлении и обороне;
- поддержка и сопровождение наступающих мотострелковых и танковых подразделений;
- борьба с артиллерией и бронетанковой техникой противника и т.д.

Видами артиллерийского вооружения являются: артиллерийские орудия, минометы, реактивные системы залпового огня.

1.1. Классификация артиллерийских орудий наземной артиллерии

Артиллерийские орудия наземной артиллерии классифицируются по следующим основным признакам:

- калибру;
- способу передвижения;
- типу орудия;
- организационному и целевому назначению.

В зависимости от калибра различают орудия малого катра (20-75 мм), среднего (76-155 мм) и большого (155-203 мм) калибра.

По способу передвижения артиллерия подразделяется на стационарную (казематную), выючную, буксируемую и самоходную.

Стационарная артиллерия применяется на береговых укреплениях и наземных долговременных укреплениях (в основном на границе).

Выючная артиллерия, перевозимая в разобранном виде на лошадях, наиболее распространена при ведении боевых действий в горных условиях.

Буксируемые орудия перевозятся колесными или гусеничными тягачами. Некоторые буксируемые орудия могут иметь возможность самостоятельного передвижения, т.е. быть самодвижущимися. Самодвижущиеся орудия имеют на лафете двигатель, который обеспечивает самостоятельное передвижение орудия на короткие расстояния.

Наиболее распространенными в настоящее время являются самоходные орудия, размещаемые вместе с боекомплектом на колесной или гусеничной базе.

Артиллерийское орудие совместно с боеприпасами и другим вспомогательным оборудованием образует первичный огневой артиллерийский комплекс (АК).

Первичный АК есть совокупность артиллерийского орудия (пусковой установки реактивной системы) с приданными боеприпасами, приборами для обеспечения стрельбы и средствами транспортирования (базой). Это понятие удобно использовать при рассмотрении и изучении конкретного артиллерийского вооружения, при

уточнении требований к составным частям комплекса, включаемым в техническое задание (ТЗ) на его разработку.

Первичные артиллерийские комплексы различных типов входят в состав АК более высокого уровня, или АК в широком смысле. АК высокого уровня есть совокупность образцов артиллерийского вооружения (АВ) и военной техники (ВТ). В состав АВ могут входить артиллерийские орудия, пусковые установки реактивных систем и боеприпасы к ним. В качестве образцов ВТ могут рассматриваться средства разведки целей, средства управления и обеспечения стрельбы, транспортные и другие средства. Таким образом, он представляет собой сложный современный комплекс вооружения. В такой трактовке понятие АК удобно использовать при анализе и синтезе артиллерийского вооружения в целом, при сравнительной оценке различных комплексов и выработке исходной системы тактико-технических требований (ТТТ), включаемых в тактико-техническое задание (ТТЗ) на разработку конкретного комплекса высокого уровня и входящих в его состав первичных АК.

АК любого уровня являются сложными техническими системами.

Артиллерийские системы делятся на пушки, гаубицы, минометы, безоткатные орудия, относящиеся к ствольной артиллерии или системам активного метания и реактивную артиллерию.

Пушки - это орудия, сообщаящие снаряду большую начальную скорость (свыше 700 м/с). Снаряды комплектуются метательными (боевыми) зарядами переменной массы с ограниченным числом вариантов. Траектория снаряда пушек настильная. В зависимости от конструктивного выполнения канала ствола они могут быть нарезными или гладкоствольными.

Гаубицы - это орудия, сообщаящие снаряду относительно небольшую начальную скорость (250-700 м/с) и имеющие большое количество вариантов боевых зарядов; стволу их можно придавать значительный угол возвышения, до 60°. Траектория снаряда-навесная.

Существуют также орудия промежуточного типа: пушки-гаубицы и гаубицы-пушки. Название орудия зависит от того, какие свойства у него преобладают.

Минометы - это орудия, ствол которых в боевом положении опирается на плиту, установленную на грунте, и может иметь угол возвышения 45° и более. Стрельба из миномета производится, как правило, оперенными снарядами-минами.

Безоткатные орудия - это орудия, стволы которых в казенной части имеют сопла для выхода газов в сторону, противоположную движению снаряда. При этом сила отдачи уравнивается реактивной силой газов, выбрасываемых из сопла, и ствол орудия остается неподвижным.

По организационному признаку артиллерия Российской Армии подразделяется на войсковую и Резерва Главного командования (РГК).

В свою очередь, войсковая артиллерия делится на батальонную и полковую, а также дивизионную, корпусную и армейскую. Эта артиллерия организационно входит в состав общевойсковых объединений, соединений, частей и подразделений и постоянно с ними взаимодействует.

Артиллерия РГК представляет собой самостоятельные артиллерийские части. Она выполняет боевые задачи в соответствии с решением Главного командования.

В зависимости от боевого назначения артиллерийских систем ствольная и реактивная артиллерия подразделяются на наземную, зенитную, авиационную и морскую.

Наземная артиллерия, в свою очередь, подразделяется на общевойсковую, горную, казематную, танковую и противотанковую. Первые, три типа предназначены для выполнения общевойсковых задач, танковая и противотанковая - для борьбы с объектами бронетанковой техники и, в первую очередь, с танками и противотанковыми средствами противника.

Зенитная артиллерия предназначена для борьбы с авиацией противника. Это могут быть как крупнокалиберные, так и малокалиберные орудия.

Авиационная артиллерия базируется на самолетах и вертолетах и предназначена для борьбы с воздушными и наземными целями противника. В основном, это малокалиберные автоматические пушки и пулеметы, а также специальные реактивные снаряды.

Морская артиллерия предназначена для борьбы с надводными и наземными целями, имея на своем вооружении как малокалиберные, так и крупнокалиберные ствольные и реактивные системы различной скорострельности

1.2. Тактико-технические требования к артиллерийским системам

Каждая артиллерийская система должна обладать определенными свойствами, характеризующими ее боевую эффективность. Перечень этих свойств составляет так называемые тактико-технические требования (ТТТ), предъявляемые к этой системе. Все требования можно разделить на боевые, служебные и производственно-технические.

1.2.1. Основные боевые требования

Могущество действия снаряда по цели оценивается эффективностью его поражающего действия. Для поражения разнообразных целей применяются снаряды различных типов, поэтому для оценки эффективности их действия используют различные количественные характеристики. Так, эффективность действия фугасного снаряда оценивается объемом воронки, величиной избыточного давления во фронте ударной волны и импульсом продуктов детонации ВВ, эффективность осколочного - приведенной площадью поражения, бронебойного - толщиной пробиваемой брони и заброневым действием.

В каждом конкретном случае для поражения заданных целей на поле боя необходимое могущество снаряда может быть обеспечено соответствующим выбором его типа, калибра и величиной начальной скорости. Для расширения боевых возможностей артиллерийских систем каждый тип орудия для поражения целей, отличающихся как по прочности, так и по степени важности, имеет различные типы снарядов [12, 14].

Дальнобойность — способность орудия стрелять на возможно большие расстояния. Ее мерой служит наибольшая горизонтальная дальность стрельбы ($D_{\max}$) из данного типа орудия. Дальнобойность обеспечивает маневр траекториями без смены огневых позиций, поражение противника на больших расстояниях при расположении орудий вне досягаемости огня артиллерии противника. Требование дальнобойности конкретизируется для каждого вида артиллерии в зависимости от решаемых задач.

Дальность стрельбы зависит от начальной (дульной) скорости снаряда, его

конструктивных особенностей и угла возвышения ствола артиллерийской установки при выстреле. Если бы воздух не оказывал сопротивления движущимся в нем телам, то дальность полета снаряда, выпущенного с начальной скоростью V_0 под углом к горизонту θ_0 , можно было бы определить по известной из механики формуле:

$$X = \frac{V_0^2 \sin 2\theta_0}{g} \quad (1.1)$$

где θ_0 - угол бросания (угол между горизонтом и направлением скорости снаряда в точке вылета); g — ускорение свободного падения.

Изменяя угол бросания θ_0 , можно менять дальность полета. Максимальная дальность в безвоздушном пространстве достигается при угле бросания $\theta_0 = 45^\circ$, называемом углом максимальной дальности. При этом угле $X_{\max} = V_0^2 / g$ или приближенно $X_{\max} \approx 0,1V_0^2$.

В действительности же на снаряд действует сила сопротивления воздуха, величина которой зависит от ряда причин. Прежде всего, она зависит от того, насколько форма снаряда является обтекаемой, т. е. от его аэродинамического сопротивления.

Примерный вид траекторий снаряда в безвоздушном пространстве и в атмосфере показан на рис. 1.1. Угол максимальной дальности $\theta_{\max}$ при стрельбе в атмосфере несколько отличается от 45° , но близок к нему.

Если стрельба ведется на дальности меньше максимальной, заданная дальность может быть получена при стрельбе как под углом $\theta_0 < \theta_{\max}$ так и под углом $\theta_0 > \theta_{\max}$. В первом случае траектория получается настильной (настильная стрельба), во втором - навесной (навесная или мортирная стрельба).

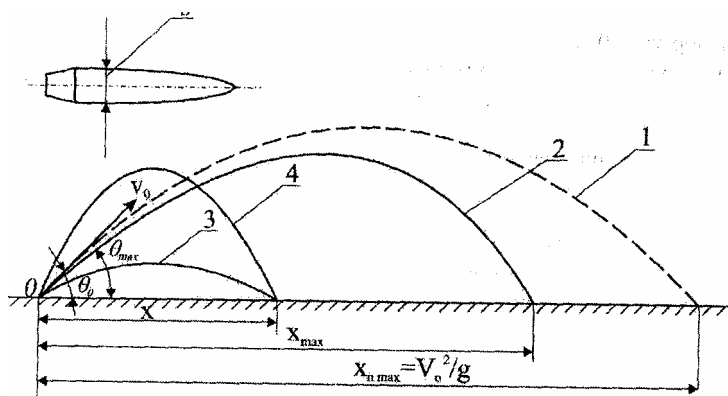


Рис. 1.1. Траектории артиллерийского снаряда:

- 1 - в пустоте при $\theta_0 = 45^\circ$; 2 - в атмосфере при $\theta_0 = \theta_{\max}$;
3 - настильная ($\theta_0 < \theta_{\max}$); 4 - навесная ($\theta_0 > \theta_{\max}$)

С ростом скорости полета сила сопротивления воздуха резко увеличивается. Например, если 76,2-мм снаряд движется со скоростью 250 м/с, то сила сопротивления воздуха составляет около 20 Н, а при скорости полета 700 м/с возрастает до 400Н, т. е. увеличивается в 20 раз.

При больших скоростях сила сопротивления воздуха во много раз больше силы тяжести движущегося тела. Так, при скорости 700 м/с для 76,2-мм дальнобойной гранаты сила сопротивления превосходит ее силу тяжести более чем в 8 раз, а для 7,62-мм пули - в 42 раза.

Как это сказывается на дальности полета? Для 76-мм снаряда максимальная дальность стрельбы в воздухе оказывается в 3,6 раза меньше, чем в безвоздушном пространстве, а для 7,62-мм пули - меньше в 8 раз.

Большое влияние на дальность оказывает так называемая поперечная нагрузка - отношение массы снаряда к максимальной площади его поперечного сечения (площади миделя). Чем она больше, тем меньше отношение силы сопротивления воздуха к массе тела, тем меньше отрицательное ускорение, тем больше дальность полета.

Если рассматривать снаряды одинаковой формы, но разного калибра, то их массы с ростом калибра будут увеличиваться пропорционально кубу калибра, т. е. в такой степени, в которой возрастает их объем. Поперечное же сечение снаряда возрастает пропорционально квадрату калибра, следовательно, поперечная нагрузка должна увеличиваться пропорционально калибру. Снаряд большего калибра при одинаковой начальной скорости будет в меньшей степени испытывать тормозящее действие сопротивления воздуха, и дальность полета его будет возрастать, что видно из вышеприведенного сравнения относительной потери дальности для снаряда и пули.

Выбор угла θ_0 определяется характером цели. При стрельбе по открытой цели, например по танкам, применяется настильная стрельба, по целям, расположенным на обратных скатах местности, в траншеях и укрытиях - навесная стрельба.

Орудие, предназначенное для настильной стрельбы, называется пушкой, а для навесной - гаубицей. Орудие с очень большой крутизной траектории носит название мортиры.

Наибольшая эффективность стрельбы (неуправляемыми снарядами) по подвижным целям (танки, бронетранспортеры) достигается в том случае, когда высота траектории снаряда над землей находится в пределах высоты цели. Максимальную дальность, при которой высота траектории не превышает высоту цели, называют дальностью прямого выстрела. Приблизительно ее можно определить по формуле

$$X_{\text{пр}} = V_0 \sqrt{\frac{8h}{g}}, \quad (1.2)$$

где h — высота цели, м.

При высоте цели 2...3 м получаем $X_{\text{пр}} = (1,25...1,55)V_0$. Таким образом, дальность прямого выстрела для заданного типа цели определяется начальной скоростью снаряда.

Точность стрельбы характеризуется кучностью и меткостью. **Кучность стрельбы** - свойство орудия группировать точки падения снарядов на определенной площади возможно ближе друг к другу. Она характеризуется отношением вероятного отклонения по дальности и по направлению (B_d , B_0) к дальности стрельбы X . Чем меньше это отклонение, тем лучше кучность. Для современных орудий

$$\frac{B_d}{X} = \frac{1}{200} \div \frac{1}{500}; \quad \frac{B_0}{X} = \frac{1}{300} \div \frac{1}{2000}.$$

Кучность стрельбы зависит от состояния конкретной артиллерийской системы, от величины возможных отклонений конструктивных параметров ее составляющих (ствола, прицельных устройств, весовых и баллистических характеристик снаряда).

Меткость стрельбы характеризуется отклонением центра группирования то-

чек падения от желаемой точки (точки прицеливания). Она зависит от качества прицельных приспособлений и ошибок подготовки исходных данных для стрельбы.

Огневая производительность оценивается двумя характеристиками скорострельностью и режимом огня.

Скорострельность подразделяется на техническую и практическую.

Техническая скорострельность характеризуется наибольшим количеством выстрелов, которые можно произвести в единицу времени без изменения наводки. Практическая скорострельность предусматривает учет времени на операции, связанные с изменением первоначальных установок стрельбы и поправками наводки. Скорострельность зависит от схемного и конструктивного решения артиллерийских систем, от натренированности расчета. Основным путем повышения скорострельности - автоматизация процессов, связанная с выполнением артиллерийскими системами соответствующих задач.

Режим огня - максимально допустимое количество выстрелов из орудия за определенное время непрерывного ведения огня без ущерба для самого орудия, точности и безопасности. Он зависит от теплового режима ствольно-затворной группы орудия и противооткатных устройств, а также от физических возможностей расчета.

Маневренность — способность артиллерийских систем к транспортированию, смене огневых позиций, перемещению на поле боя, переносу огня. В соответствии с этим различают оперативную и тактическую маневренности (подвижность), а также огневую.

Оперативная маневренность характеризует возможность системы к перемещению на большие расстояния самостоятельно или же другими видами транспорта (железнодорожным, водным, воздушным).

Тактическая маневренность характеризуется средней скоростью передвижения артиллерийской системы по различным дорогам и по бездорожью, временем ее перевода из походного положения в боевое и обратно. В данном случае важным является приспособленность артиллерийских систем к перемещению с теми же скоростями, что и войска, с которыми им приходится взаимодействовать.

Наиболее полным показателем тактической маневренности является коэффициент активного использования артиллерии. Он представляет отношение времени выполнения боевых задач, конкретной системой, находящейся на боевой позиции, к общему времени одного цикла перемещения на новую огневую позицию в ходе боевых действий. Исходя из требований к темпу наступления войск и к скоростям перемещения артиллерии, значение этого коэффициента должно быть не менее 0,7.

Огневая маневренность (гибкость огня) характеризует способность артиллерийских систем вести огонь в различных направлениях, на разные дальности, быстро переносить огонь с одной цели на другую без смены огневых позиций. Она зависит от углов горизонтального и вертикального наведения орудия, от дальности стрельбы и количества боевых зарядов в выстрелах.

Живучесть - свойство артиллерийских систем сохранять свои боевые качества возможно более продолжительное время при всех условиях эксплуатации в мирное и военное время, а также противостоять воздействию поражающих факторов. Живучесть системы определяется количеством выстрелов, которое может быть произведено до выхода ее из строя. Высокая живучесть артиллерийских систем обеспечивается:

- прочностью всех механизмов и устройств систем, их отдельных деталей во

время стрельбы и на походе;

- неуязвимостью в бою, их защищенностью;
- приспособленностью материальной части к боевой обстановке при передвижении, расположении и действии на огневой позиции (удобство и быстрота маневра, скрытность перемещения и размещения, способность к быстрому восстановлению, замене и т.д.).

1.2.2. Служебные требования

Безотказность действия механизмов в любых условиях эксплуатации, что достигается тщательной конструкторской отработкой систем и строгим контролем за качеством их изготовления.

Безопасность эксплуатации обеспечивается высокой прочностью наиболее ответственных деталей и надежностью основных механизмов, наличием предохранительных устройств, приспособлений и ограждений.

Эргономичность артиллерийских систем характеризует комфортность взаимодействия человека с образцами вооружения. Требования эргономичности включают такие вопросы, как:

- простота и удобство эксплуатации, что позволяет быстро обучать номера расчетов, обеспечить их взаимозаменяемость, повысить эффективность выполнения боевых задач;
- наименьший состав расчетов при обслуживании техники, вследствие применения механизмов и устройств, приведение в действие которых не требует много усилий, удобство расположения приборов наблюдения и управления, комфортность работы экипажа (расчета).

Устойчивость артиллерийских систем при стрельбе обеспечивается наличием противооткатных устройств, качеством подготовки орудия к стрельбе и правильностью его крепления на огневой позиции. Если орудие устойчиво и неподвижно при стрельбе, то не сбивается наводка после выстрела, увеличиваются скорострельность и кучность, улучшаются условия для работы с орудием.

1.2.3. Производственно-экономические требования

К этим требованиям относятся:

- простота конструкции и технологии, позволяющая быстро освоить массовое (крупносерийное) производство и эксплуатацию;
- унификация и стандартизация деталей и узлов, обеспечивающая простоту ремонта, сборки и разборки;
- сокращение числа типов и калибров систем;
- внедрение прогрессивной технологии;
- применение недефицитных отечественных материалов. Важная роль в уменьшении расходов на содержание артиллерийских систем принадлежит личному составу, его обученности и соблюдению правил эксплуатации.

1.3. Физические основы выстрела

Выстрел из орудия - сложный термодинамический и газодинамический процесс очень быстрого, почти мгновенного, превращения химической энергии пороха сначала в тепловую, а затем в кинетическую энергию пороховых газов, приводящих

в движение снаряд, ствол и лафет. Этот процесс очень высокой напряженности: длительность выстрела - всего 0,001...0,06 с; наибольшее давление газов достигает 200 - 400 МПа; температура газов 2500 - 3500 К в момент их образования и 1500 - 2000 К к моменту вылета снаряда; максимальная скорость снаряда при вылете из канала ствола 700-1200 м/с, а наибольшее его ускорение составляет 15000 - 20000g. При выстреле энергия, содержащаяся в пороховом заряде, производит работу по разгону снаряда, развивая колоссальную мощность. Например, мощность, развиваемая при выстреле из отечественной 122-мм гаубицы обр. 1938 г., составляет 130000кВт, т. е. равна удвоенной мощности средней ГЭС. Мощность выстрела из тяжелых орудий достигает миллионов киловатт.

Ствол орудия представляет собой трубу, закрытую с одной стороны неподвижным затвором, с другой - подвижным снарядом (рис. 1.2).

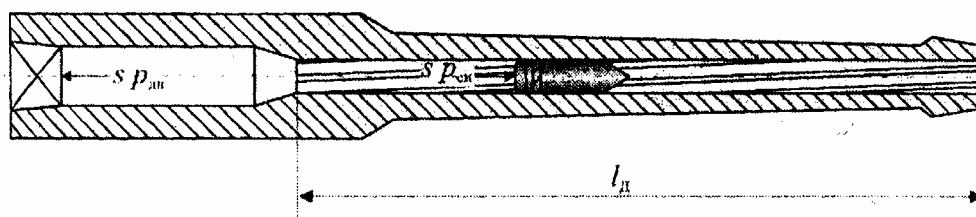


Рис. 1.2. Схема ствола обычного артиллерийского орудия

Рассмотрим, что происходит в канале ствола орудия при выстреле. Под действием воспламенительного устройства загорается пороховой заряд. Вначале, пока снаряд не сдвинется с места, горение пороха происходит в постоянном объеме. В орудии с нарезным стволом момент страгивания снаряда наступает тогда, когда сила давления газов становится достаточной, чтобы ведущий поясок снаряда, изготовленный из мягкого материала, врезался в нарезы. Ускорение w , которое приобретает снаряд под действием сил давления на его дно, равно

$$w = \frac{p}{m} S,$$

где p - давление газов на дно снаряда;

S - площадь мишеля снаряда, равная поперечному сечению канала ствола;

m - масса снаряда.

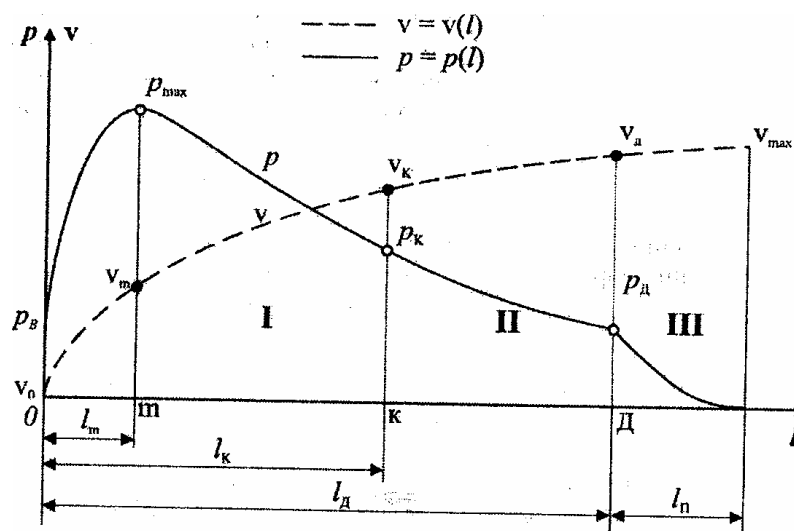


Рис. 1.3. Кривые давления газов и скорости снаряда в функции пути снаряда

В канале ствола давление p пороховых газов и скорость снаряда V изменяются в функции пути снаряда l и времени t по вполне определенным законам, которые можно выразить функциями $p=p(l)$, $V=V(l)$, и $p=p(t)$, $V=V(t)$. Характер этих «кривых давления и скоростей» для обычных стволов, «классической схемы» приведен на рис. 1.3 и 1.4.

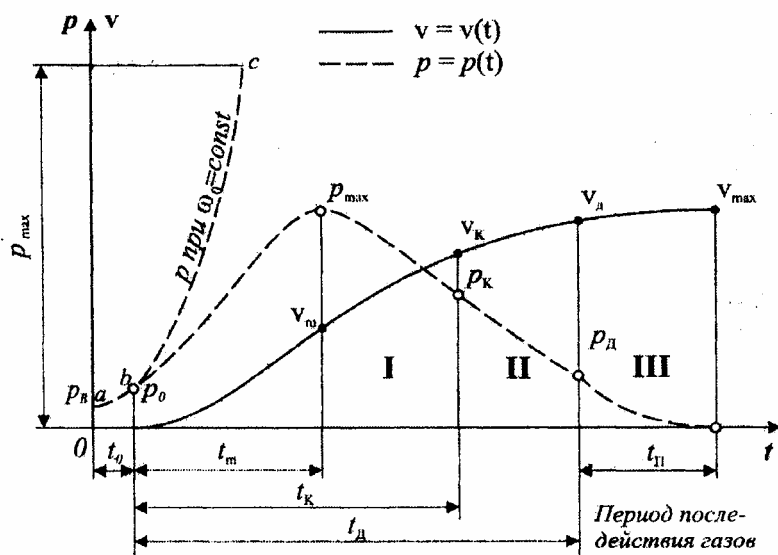


Рис. 1.4. Кривые давления газов и скорости снаряда в функции времени, и индексы соответствуют различным моментам движения снаряда:

0 - началу движения снаряда; m - моменту максимума давления; k - концу горения пороха; d - моменту прохождения дна снаряда через дульный срез; n - моменту врезания.

Процесс выстрела можно условно разбить на три этапа: I - период горения пороха метательного заряда; II - период расширения пороховых газов в канале ствола без дополнительного их прихода; III - период последствия пороховых газов после вылета снаряда из ствола.

В начальный период, пока скорость снаряда еще невелика, объем заснарядного пространства меняется мало, и непрерывный приток газов вследствие горения пороха приводит к росту давления в стволе. При возрастании скорости снаряда быстро увеличивается и объем заснарядного пространства. Поэтому, несмотря на продолжающееся горение пороха и приток новых газов, давление начинает падать. После окончания горения приток новых газов прекращается, но поскольку образовавшиеся газы обладают еще значительным запасом энергии, то, продолжая расширяться, они совершают работу, увеличивая скорость снаряда до V_d .

После вылета снаряда из орудия газы, вытекающие с большой скоростью вслед за снарядом, продолжают на некотором расстоянии от дульного среза l_n оказывать давление на дно снаряда и сообщать ему ускорение. Поэтому снаряд получает наибольшую скорость V_{max} не в момент прохождения дульного среза, а на расстоянии l_n от него, после чего под действием силы сопротивления воздуха скорость снаряда начинает убывать.

Как видно из графика (1.3), максимальное давление p_{max} достигается в начале канала ствола. Исходя из этой величины, орудийный ствол и рассчитывают на проч-

ность. Поскольку по направлению к дульному срезу давление падает, стенки ствола в этом направлении можно делать тоньше.

Рассмотрим, от чего зависит дульная (начальная) скорость V_0 снаряда при выстреле из орудия. Кинетическая энергия снаряда при вылете равна работе сил давления за время движения снаряда по каналу ствола. Если рассматривать короткий отрезок пути снаряда (рис. 1.5), то работа, выполненная на нем силами давления, составит $p\Delta l \cdot S$.

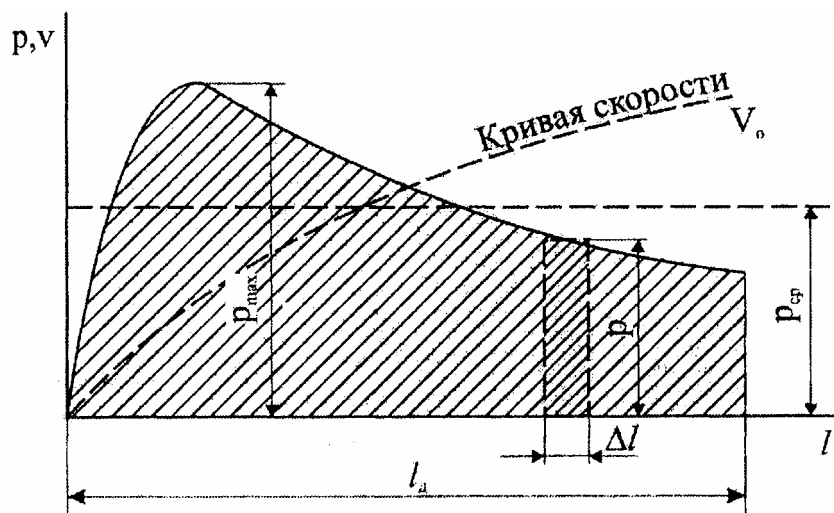


Рис. 1.5. К объяснению работы сил давления газа при движении снаряда по каналу ствола

Произведение $p\Delta l$ представляет собой площадь прямоугольника, обозначенного на графике густой штриховкой. Полную работу сил давления на пути движения снаряда, равном длине ствола l_d , можно определить как сумму площадей таких прямоугольников, умноженных на площадь поперечного сечения снаряда, и переходя к бесконечно малым величинам, получим:

$$A = S \int_0^{l_d} p dl. \quad (1.3)$$

В уравнении (1.3) p - нелинейная функция, для определения которой необходимо решить задачу внутренней баллистики, что выходит за содержание данного пособия. Для упрощения задачи введем понятие среднего давления $p_{ср}$, тогда площадь, ограниченную кривой изменения давления в стволе, можно заменить равным по площади прямоугольником высотой $p_{ср}$,

$$p_{ср} l_d = \int_0^{l_d} p dl. \quad (1.4)$$

Тогда, используя закон сохранения энергии, можно написать равенство

$$S p_{ср} l_d = \frac{m V_0^2}{2}, \quad (1.5)$$

откуда начальная (дульная) скорость снаряда определяется как

$$V_0 = \sqrt{\frac{2 S l_d p_{ср}}{m}}. \quad (1.6)$$

Согласно этой формуле начальная скорость снаряда возрастает с увеличением длины ствола и среднего давления и уменьшается с увеличением поперечной на-

грузки m/S .

Идеальным случаем было бы сохранение давления при выстреле постоянным, равным p_{cp} . Но в действительности оно переменное, причем максимум давления всегда наблюдается на начальном участке кривой $p(l)$. Если обозначить $p_m = k_p p_{cp}$, где $k_p > 1$, то формула (1.6) примет вид

$$V_0 = \sqrt{\frac{2Sl_p p_m}{m \cdot k_p}}. \quad (1.7)$$

Чем выше коэффициент k_p , тем выше при этом же среднем давлении, определяющем скорость снаряда, давление, на которое нужно рассчитывать ствол, тем больше подвижность орудия.

Рассмотрим зависимость начальной (дульной) скорости снаряда от энергетических характеристик пороха и массы заряда. Для этого, с учетом первого закона термодинамики для «идеального выстрела», можно записать:

$$\omega \frac{k}{k-1} R T_0 = \frac{m V_0^2}{2}, \quad (1.8)$$

где ω и $R T_0$ — соответственно масса и сила пороха;

k - показатель адиабаты;

m - масса снаряда.

При реальном выстреле лишь часть энергии пороха сообщается снаряду, а другая ее часть расходуется на преодоление сил трения, препятствия расширению газа, на работу тормоза отката и аккумулятирование энергии накатником, нагрев ствола и уносится вместе с нагретыми пороховыми газами. Учитывая указанные энергетические потери через коэффициент полезного действия η , уравнение (1.8) можно записать для реальных условий в виде

$$\eta \omega \frac{k}{k-1} R T_0 = \frac{m V_0^2}{2}. \quad (1.9)$$

Из формулы (1.9) видно, что начальная (дульная) скорость зависит от энергетической характеристики пороха $R T_0$, от отношения $\frac{\omega}{m}$ и от коэффициента полезного действия η .

Практикой установлено, что для обычных артиллерийских орудий значение η колеблется в пределах 0,25...0,35. Это равноценно КПД двигателя внутреннего сгорания. Большая доля энергии порохового заряда остается неиспользованной, поскольку к моменту вылета снаряда газы обладают высоким давлением и способны выполнить еще значительную работу. Однако использование этой энергии требует значительного удлинения ствола, что связано с утяжелением артиллерийской системы.

Исторический анализ процесса развития артиллерийского вооружения показывает, что увеличение начальной скорости снарядов достигалось как за счет повышения энергетической характеристики пороха $R T_0$, давления в стволе p_m , снижения коэффициента k_p , так и за счет увеличения длины ствола l_d .

Рассмотренная нами схема выстрела из ствола орудия, представленная на рис. 1.2, называется активной и характеризуется тем, что в момент выстрела сила давления $S_{p_{дн}}$ действует на затвор и соотщает стволу и соединенным с ним частям лафета движение в обратную сторону – происходит откат ствола.

Описанный процесс выстрела имеет место в пушках разной мощности, гаубицах и в стрелковом оружии. В пушках и гаубицах применяются специальные приспособления, тормозящие откат ствола и возвращение его в начальное положение (накат ствола).

Наряду с активной схемой метания применяются орудия другой схемы, в которой откат ствола полностью устраняется силой реакции пороховых газов, вытекающих через сопло в сторону, противоположную движению снаряда. Это так называемые безоткатные орудия (рис. 1.6). В таком орудии меньшая часть пороховых газов создает давление $p_{сн}$ и сообщает снаряду к моменту вылета из канала ствола дульную скорость V_d ; большая часть газов вытекает со значительной скоростью через расширяющую часть сопла с наименьшим сечением F_{min} и выходным сечением F_a , создавая силу реакции, направленную по движению снаряда. Применяя расширяющееся сопло специальной формы, можно силой реакции газов полностью уравновесить силу отдачи ствола и заменить тяжелый лафет обычного орудия легким станком.



Рис. 1.6. Схема ствола безоткатного орудия

Особенность орудия такой схемы заключается в том, что при одинаковых калибре d , весе q и скорости снаряда V_d масса заряда пороха должна быть в 2,5 - 3,0 раза больше заряда активного метания обычного ствольного орудия; при мерно во столько же раз увеличивается и объем каморы. Кроме того, чтобы пороховой заряд такого орудия горел нормально в условиях истечения значительной части образующихся газов через сопло, необходимо увеличивать поверхность его горения, а для этого необходимо брать порох значительно более тонкий, чем для орудий обычной схемы. Таким образом, безоткатность ствола при выстреле достигается использованием реактивного принципа при значительном увеличении массы заряда.

1.4. Пороха — история развития артиллерии

История артиллерии начинается с появления черного пороха, и на протяжении многих веков связана с ним, единственным в те времена видом метательного и взрывчатого вещества [4].

Черный порох представляет собой тщательно измельченную смесь калийной селитры KNO_3 (75%), серы (10 %) и древесного угля (15 %). Более или менее близкий состав имели все применявшиеся ранее пороха.

Что происходит при сгорании черного пороха? Нагреваясь, селитра разлагается с выделением кислорода, за счет которого происходит сгорание угля серы с выделением тепла и образованием газов. Сера, кроме того, выполняет роль связующей пасты для угля и селитры. Продукты сгорания черного пороха содержат до 50...65 % твердых веществ, что приводит к образованию густого дыма. Поэтому черный порох называют также дымным.

Мощный подъем промышленности во второй половине XIX в. создал предпосылки для технического переворота в области артиллерии.

С середины XIX века начался переход к нарезным орудиям, но сама идея нарезного ствола не была новой. В военно-историческом музее артиллерии, инженерных войск и войск связи в Санкт-Петербурге хранится медная пищаль с 10 винтовыми нарезами изготовления 1615 г. Однако только промышленный подъем второй половины XIX века сделал возможным массовое производство нарезных орудий. Начиная с этого времени основным материалом для орудийных стволов становится сталь.

Поперечная нагрузка продолговатого снаряда оказалась в несколько раз выше, чем у ядра. За счет этого и более обтекаемой формы возросла дальность. Полет снаряда, выстреливаемого из нарезного орудия, получался более правильным, а вследствие этого увеличилась дальность полета, а кучность боя новых орудий превзошла кучность гладкоствольных при стрельбе на 1 км в пять раз. В это же время вводятся клиновые и поршневые затворы. Орудия стали заряжаться с казны. Тем самым был сделан важный шаг к повышению скорострельности.

Однако подлинный переворот в области артиллерии был обусловлен появлением бездымных порохов с более высокими, чем у черного пороха, энергетическими характеристиками.

В России опыты по изготовлению бездымных порохов начались в 1887 г. на Охтинском пороховом заводе под руководством профессора Н. П. Федорова. В 1890 г. там были построены пороховые мастерские, а в 1891 г. выпущена первая партия бездымного пороха. Важную роль в развитии отечественного производства порохов сыграл гениальный русский химик Д. И. Менделеев, создавший особый вид пороха - пироколлодийный.

Что же собой представляет бездымный порох? Основной его компонент - пироксилин или нитроклетчатка, получаемая при обработке клетчатки (хлопка, древесины) азотной кислотой. Образующееся вещество содержит в каждой молекуле атомы горючих элементов - углерода и водорода и атомы окислителя - кислорода, разделенные барьером - атомами азота. При возбуждении молекул этот барьер устраняется; и атомы горючего, взаимодействуя с атомами кислорода, образуют продукты сгорания CO_2 , CO , H_2O . В процессе реакции выделяется значительное количество тепла и образуется большое количество газов, объем которых (охлажденных до комнатной температуры) составляет 800...900 л на 1 кг пороха. Характеристика RT_0 для бездымного пороха в три раза выше, чем для дымного. При смешивании нитроклетчатки со смесью этилового спирта и эфира образуется пластическое вещество, которое можно продавливать через матрицу, придавая ему желаемую форму (трубка, прут, лента). Затем во время сушки спиртоэфирный растворитель из пороха удаляется. Так получают пороха на летучем растворителе. Позднее появились нитроглицериновые пороха, содержащие наряду с нитроклетчаткой и нитроглицерин.

Бездымный порох внешне похож на целлулоид. Применяют его в виде зерен или пучков трубок и лент. Так как элементы заряда из бездымного пороха очень прочны и эластичны, то при горении они не распадаются, как это было у зерен черного пороха, а сгорают концентричными (параллельными) слоями (Рис.1.7).

Скорость горения бездымных порохов ниже, чем черного пороха, что позволяет растянуть процесс сгорания заряда во времени и избежать излишне большого прихода пороховых газов в начале движения снаряда и, следовательно, избавиться от острого пика на кривой давления.

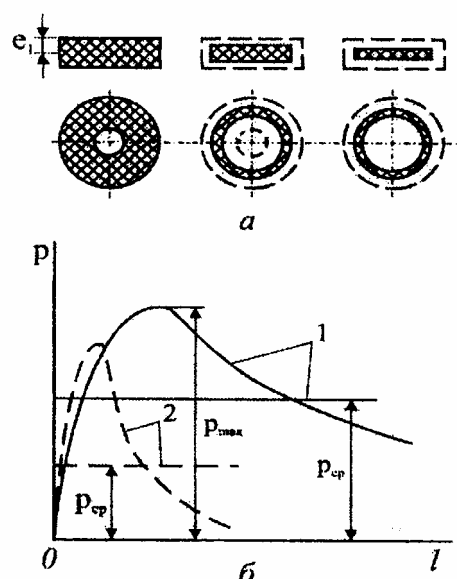


Рис. 1.7. Процесс выстрела
 а - сгорание пороховых зерен; б - кривые давления;
 1 - для заряда на бездымном порохе;
 2 - для заряда на черном порохе.

На рис. 1.7 для сравнения приведены характерные кривые давления Выстрелов для зарядов на дымном и бездымном порохах. Последняя кривая получается более плавной, т. е. значительно снижается коэффициент k_p . Для более полного использования энергии пороховых газов, образующихся при относительно медленном сгорании бездымного пороха, стволы стали делать более длинными. Повышение RT_0 , уменьшение k_p , увеличение длины ствола l_d , наконец, повышение p_{max} за счет применения более прочного материала ствола, должны были привести к увеличению начальной скорости V_d , а следовательно, и дальности стрельбы. Было покончено с клубами густого дыма, окутывавшего орудие после каждого выстрела. Тем самым возникли предпосылки для повышения скорострельности.

2. КОМПЛЕКСЫ УПРАВЛЯЕМОГО АРТИЛЛЕРИЙСКОГО ОРУЖИЯ – НОВЫЙ КЛАСС ВЫСОКОТОЧНОГО ВООРУЖЕНИЯ

2.1. Логика возникновения и история создания УАС

Чтобы понять логику возникновения управляемых артиллерийских снарядов (УАС), следует обратиться к истории развития ствольной артиллерии и ракетных систем. Исторический анализ показывает, что, параллельно развиваясь и совершенствуясь, эти виды оружия всегда конкурировали, причем с переменным успехом, чем обоюдно стимулировали развитие друг друга [1, 4, 5, 9].

К началу 70-х годов XX столетия для разработчиков перспективных видов вооружения ближней тактической зоны становится ясным, что для нового качественного скачка в развитии этих систем необходимо объединить преимущества ствольной артиллерии (высокая стартовая энергетика и относительно небольшое рассеивание) с преимуществами управляемых ракет (высокая точность наведения на цель и дополнительные энергетические возможности за счет ракетного двигателя).

Появление управляемых ракет с системами теленаведения по лазерному лучу создало предпосылки к разработке управляемых артиллерийских снарядов для бронетанковой техники. Однако реализация этой идеи большинству разработчиков представлялась чрезмерно сложной и даже невыполнимой.

Конструкторское бюро приборостроения (КБП) г. Тулы - единственная проектная организация, которая, начав такие работы в 70-е годы, к настоящему времени создала полную гамму комплексов управляемого вооружения для всех типов отечественных танков и БМП, а также противотанковых орудий полевой артиллерии [II]. Только в 90-х годах появились сообщения о том, что в ряде зарубежных стран ведутся аналогичные разработки.

Вооружение современных танков -управляемыми ракетами позволило им успешно поражать себе подобные танки, оснащенные штатными неуправляемыми снарядами, до их вхождения в зону эффективного противодействия. При этом резко возросла вероятность поражения танков противника одним выстрелом и составила $P = 0.9$, т.е. десятью управляемыми снарядами в среднем поражается 9 танков [14, 29].

Создание управляемых ракет с системами теленаведения по лазерному лучу дало стимул для разработки дальнобойных управляемых снарядов с системами полуактивного самонаведения по отраженному от цели лучу лазера, выстреливаемых по навесным траекториям из ствола гаубицы или дланомета. Процесс функционирования дальнобойных управляемых артиллерийских снарядов состоит в том, что артиллерийская система выводит снаряд в район расположения цели с точностью, достаточной для захвата ее полуактивной головкой самонаведения (ГСН), после чего на конечном участке траектории осуществляется наведение снаряда на цель [б].

Задача создания управляемых артиллерийских боеприпасов в начале 70-х годов прошлого столетия была поставлена в США, ряде стран Западной Европы и России. Однако все страны, кроме США и России, были вынуждены прекратить работы по их созданию в связи со сложностью поставленной технической задачи. В США в 1981 г. был принят на вооружение 155-мм управляемый снаряд «Copperhead» (фирма «Martin-Marietta»), а в России в 1985г. - 152-мм управляемый снаряд «Краснополь» (ГУП «КБП», г. Тула).

По своим тактико-техническим характеристикам (дальности, поражающему

действию, массе и др.) и эксплуатационным свойствам «Copperhead» значительно уступает снаряду «Краснополь», в связи с чем в начале 80-х годов американский снаряд был снят с производства [5].

В первой половине 80-х годов в России (НТК «Амстех», г. Москва) были разработаны управляемые боеприпасы с рулевым приводом в виде блока импульсных двигателей и с «флюгерной» головкой самонаведения, которые получили наименование «корректируемых боеприпасов». К таким боеприпасам относится 240-мм мина «Смельчак» (1981 г.) и 152-мм снаряд «Сантиметр» (1984 г.). Схемно-конструкторские решения корректируемых боеприпасов определяют меньшую по сравнению с управляемыми снарядами «Copperhead» и «Краснополь» точность и не обеспечивают поражение наземных целей при наличии ветра. Поэтому корректируемые боеприпасы не получили широкого распространения, и в начале 90-х годов серийное производство боеприпасов «Смельчак» и «Сантиметр» было прекращено.

Используя богатый опыт разработки и эксплуатации управляемых снарядов «Краснополь» калибров 152 и 155 мм, в России (ГУП «КБП», г. Тула) разработаны и сданы на вооружение управляемые снаряды 122-мм калибра «Кито-лов-2М» (2001 г.) и 120-мм калибра «Китолов-2» (2002 г.), не имеющие мировых аналогов [14].

К числу разработок по управляемым минам следует отнести и мину Strix (Швеция) с пассивным самонаведением в ИК-диапазоне, и мину «Грань» (Россия, ГУП «КБП», г. Тула) с лазерным полуактивным самонаведением [27].

2.2. Направления совершенствования и развития УАС

Накопленный опыт эксплуатации принятых на вооружение УАС позволил осмыслить пути развития и дальнейшего совершенствования этого нового класса комплексов вооружения.

Созданная к настоящему времени номенклатура УАС, направления новых разработок и обозримые перспективы их развития позволяют сформулировать основные требования, предъявляемые к УАС.

2.2.1. Требования, предъявляемые к современным и перспективным УАС

С учетом современных условий боевого применения УАС должны [2,10 25]:

- обладать высокой эффективностью поражения целей, как стационарных, так и движущихся, включая бронированные с динамической и активной защитой;
- должны иметь многоцелевое назначение (обеспечивать поражение инженерных сооружений, объектов БТТ, мостов и пр.);
- устойчиво работать в условиях естественных и организованных помех, обеспечивать эффективное поражение целей в затрудненных метеоусловиях и в любое время суток.

Для обеспечения этих требований, по мнению зарубежных специалистов, основными направлениями развития УАС до 2015 года будут [3, 13, 16, 19]:

- совершенствование принятых на вооружение управляемых артиллерийских снарядов и мин;
- создание новых боеприпасов с использованием пассивного самонаведения, а также коррекции траектории по сигналам NAVSTAR;
- разработка элементной базы для УАС (в основном для систем наведения) на основе использования новейших технологий.

2.2.2. Типы УАС и их основные характеристики

Среди существующих и разрабатываемых управляемых артиллерийских снарядов можно условно выделить три вида боеприпасов.

К первому виду относятся управляемые артиллерийские боеприпасы, оснащенные полуактивными лазерными системами самонаведения и позволяющие поражать наблюдаемые с командно-наблюдательных пунктов (КНП) цели при их подсветке лазерным лучом с помощью лазерных целеуказателей-дальномеров (ЛЦД) [8, 24].

Ко второму виду относятся управляемые артиллерийские боеприпасы, оснащенные пассивными, активными или комбинированными системами самонаведения и позволяющие поражать, как правило, наблюдаемые объекты БТТ, что одновременно позволяет и проконтролировать конечный результат стрельбы [3,27].

К третьему виду относятся управляемые артиллерийские боеприпасы, системы управления которых используют элементы искусственного интеллекта, позволяющие идентифицировать цель по некоторым признакам ее функционирования, специфике геометрического и энергетического образов.

Отличительной особенностью УАС первого вида является наличие у них полуактивной лазерной системы самонаведения, состоящей из двух самостоятельных элементов: средства подсвета цели лазерным лучом и системы наведения боеприпаса, главным элементом которой является полуактивная лазерная головка самонаведения. К достоинствам этих управляемых боеприпасов относятся: высокая вероятность попадания с первого выстрела в наблюдаемую цель любого типа, в том числе малоразмерную, стационарную и подвижную, возможность выборочного поражения конкретных наблюдаемых целей, значительные возможности системы управления по компенсации возможных ошибок определения установок орудия и технического рассеивания снарядов.

В то же время эти УАС не лишены и отдельных недостатков, к которым следует отнести:

- необходимость прямой видимости между ЛЦД и целью в течение всего времени выполнения боевой задачи;
- зависимость от пылевых и дымовых помех, дождя, снега и тумана, существенно ограничивающих или исключающих возможность выполнения огневых задач управляемыми боеприпасами этого вида;
- зависимость от высоты нижней границы облачности в районе цели и длины участка самонаведения, снижающих возможность применения боеприпасов данного вида;

В настоящее время за рубежом продолжают работы, направленные на создание УАС второго вида, оснащенных автономными головками самонаведения, в частности управляемых мин.

В соответствии с первоначальными требованиями боеприпасы этого вида должны обладать:

- высокой эффективностью поражения неподвижных и движущихся как наблюдаемых, так и ненаблюдаемых бронированных целей;
- возможностью стрельбы из существующих и перспективных артсистем;
- способностью ГСН выделять цели на фоне местности при наличии организованных помех в сложных метеорологических условиях и в любое время суток.

Боеприпасы второго вида оснащаются автономными ГСН различных типов: пассивными инфракрасными ГСН, активными радиолокационными, а также комбинированными ГСН.

Опыт разработки боеприпасов второго вида показал, что удовлетворить всей совокупности поставленных требований - задача, практически не реализуемая на современном этапе. Действительно, инфракрасные ГСН чувствительны к сложным метеорологическим условиям, радиолокационные обладают низкой помехозащищенностью, комбинированные ГСН характеризуются высокой сложностью и стоимостью и не обеспечивают выполнение управляемому боеприпасу требуемого могущества в габаритах штатного.

Возникающие на данном этапе затруднения зарубежные разработчики разрешили в основном применением схемы стрельбы, используемой для боеприпасов первого вида, т. е. при расчете установок орудия и циклограммы, функционирования боеприпаса на траектории данные по метеоусловиям, координатам и ракурсу цели выдаются передовым наблюдателем [30].

За рубежом для повышения эффективности поражения легкобронированной техники ведутся работы по созданию кассетных артиллерийских боеприпасов, оснащенных боевыми элементами двух типов [3,19]:

- самоприцеливающимися боевыми элементами (СПБЭ), поражающими с определенной дистанции цели, попавшие в поле зрения неконтактного датчика, "ударным ядром", образующимся при подрыве кумулятивного заряда;

- самонаводящимися боевыми элементами (СНБЭ), способными совершать маневр и поражать цели при непосредственном попадании в них.

Кассетные артиллерийские боеприпасы принято относить ко второму виду боеприпасов. Недостатки, присущие боеприпасам второго вида, по мнению зарубежных специалистов, должны быть устранены при создании боеприпасов третьего вида, которые должны обладать не только совершенной ГСН, но обеспечивать приход боеприпаса в район «захвата» цели с малым рассеиванием. Последнее обеспечивается, как правило, коррекцией траектории с помощью системы NAVSTAR.

Анализ зарубежных программ разработки и создания управляемых артиллерийских боеприпасов второго и третьего видов показывает, что их разработка требует громадных финансовых затрат и большого научно-технического задела, которыми могут обладать только крупные научно-производственные фирмы высокоразвитых государств, а возможно потребуются объединение нескольких государств. При этом завершение сроков основных работ по созданию перспективных боеприпасов второго и третьего видов планируется на начало XXI века.

2.3. Принципы классификации УАС

Анализ известных конструкций УАС, принятых на вооружение в разных странах, и путей их совершенствования позволяет выдвинуть некоторые классификационные признаки управляемых артиллерийских боеприпасов. Несомненно, что по мере развития этого класса вооружения будут расширяться и его классификационные признаки, хотя на настоящем этапе развития комплексов управляемого артиллерийского вооружения в качестве основных можно выделить следующие признаки классификации:

- назначение в соответствии с тактикой применения и типом целей;

- тип системы управления боеприпаса.

Указанные признаки не случайны, они дают ответы на следующие основные вопросы проектирования:

- для чего нужен такой снаряд и как он будет применяться?
- как добиться максимальной вероятности поражения цели (или точности подлета к ней) с учетом всевозможных реальных эксплуатационных факторов?

Известные к настоящему времени УАС можно условно разделить по своему назначению на два подкласса.

Первый подкласс - танковые УАС, предназначенные для вооружения танков, боевых машин пехоты (БМП), противотанковых пушек полевой артиллерии, которые атакуют бронетанковую технику противника в зоне прямой видимости на поле боя. Современные противотанковые УАС оснащены кумулятивной боевой частью тандемного типа (лидер и основная БЧ). Их конструктивные различия обусловлены особенностями артиллерийских систем, для которых они предназначены (калибр и тип ствола, условия заряжания).

Второй подкласс - УАС, предназначенные для поражения разнообразных приоритетных целей, находящихся вне зоны прямой видимости с ОП, либо из-за большой дальности, либо из-за сложного рельефа местности, либо из соображений скрытности, а часто из-за того и другого вместе. Эти УАС предназначены для стрельбы из гаубиц либо минометов. С учетом большого разнообразия поражаемых целей они могут оснащаться разными типами боевых частей (фугасными, осколочно-фугасными, кумулятивными, кумулятивно-осколочными). При этом данный подкласс УАС может снаряжаться либо унитарной БЧ для поражения одиночной приоритетной цели, либо кассетной БЧ с несколькими поражающими элементами типа "ударное ядро" или элементами традиционного кумулятивного типа. Последний тип БЧ обычно предназначается для поражения групповых бронированных целей (танки или пусковые установки ракет на марше, в районе сосредоточения или на стартовой позиции).

Схема классификации УАС по их назначению представлена на рис. 2.1.

Классификационный признак - тип системы управления неразрывно связан с назначением комплекса управляемого артиллерийского вооружения (КУ-АВ) и уровнем развития оптико-электронных и радиолокационных систем управления огнем.

Не случайно, что в УАС, предназначенных для поражения цели в зоне прямой видимости (реализация принципа "вижу - стреляю"), используются лазерные лучевые системы наведения. Данные системы наведения с тактической точки зрения вполне современны, так как стрелок-оператор, фиксирующий лазерный луч на цели (танке противника), связан этим процессом в течение всего лишь 10 - 17 с полета УАС к цели. За это время другие аналогичные цели могут переместиться примерно на 150 - 200 метров, т.е. существенного изменения оперативной обстановки не произойдет. Кроме того, танк противника, вооруженный только штатными (неуправляемыми) боеприпасами, не успевает за это время войти в зону эффективного ответного огня. Так как системы теленаведения в луче лазера существенно дешевле систем самонаведения, то вполне очевидно, что они длительное время будут востребованы для УАС данного типа.

Перспективы развития лучевых лазерных систем теленаведения связаны с по-

вышением их помехозащищенности, особенно при наличии пылевого и газового следа, генерируемого работающим РДТТ при полете снаряда на небольшой высоте с работающим РДТТ. Частично эта проблема разрешена использованием некоторых тактических особенностей пуска УАС. Долгосрочная перспектива развития танковых УАС, несомненно, связана с внедрением высоко-интеллектуальных систем самонаведения. Однако не следует забывать, что выбор приоритетной системы управления всегда будет осуществляться по критерию "эффективность - стоимость". Право на существование будет иметь та система, которая позволит достичь достаточного уровня эффективности функционирования при минимальной стоимости.

Для УАС, выстреливаемых по навесным траекториям в направлении невидимых с точки стрельбы целей, изначально как в России, так и за рубежом были приняты системы управления с самонаведением на конечном участке траектории. В УАС первого вида, стоящих на вооружении передовых в военном отношении стран, используются полуактивные системы самонаведения, работающие по отраженному от цели лазерному лучу. В этом случае принцип "выстрелил - забыл" в полной мере реализуется лишь для артиллерийского орудия, производившего выстрел УАС, а оператор прибора-целеуказателя (подсветчика цели) должен наблюдать ее до момента поражения. Этот фактор становится недостатком в условиях полномасштабных боевых действий, когда противник имеет возможность противодействовать работе оператора лазерного целеуказателя. При использовании такого типа УАС в контртеррористических операциях этот недостаток практически полностью исключается из-за ограниченных возможностей противодействия работе оператора-подсветчика со стороны террористических формирований.

Перспективы развития УАС, предназначенных для борьбы с приоритетными целями, находящимися за пределами прямой видимости, специалисты связывают с внедрением пассивных ГСН. В ряде случаев возможно использование комбинированных систем наведения, когда до включения системы самонаведения УАС будет управляться автономной гироскопической, либо инерциальной системой наведения. Такая необходимость может возникнуть при стремлении увеличить дальность полета за счет введения участка планирования на нисходящей ветви траектории, либо повысить точность подлета к зоне начала самонаведения.

Очевидно, что комбинированные системы управления будут иметь право на внедрение лишь в тех случаях, если они позволят расширить функциональные возможности УАС, например, ощутимо увеличить их максимальную дальность, либо дадут возможность снизить требования к характеристикам ГСН и как следствие, уменьшить их стоимость. Классификация УАС по типу систем управления представлена на рис. 2.2.

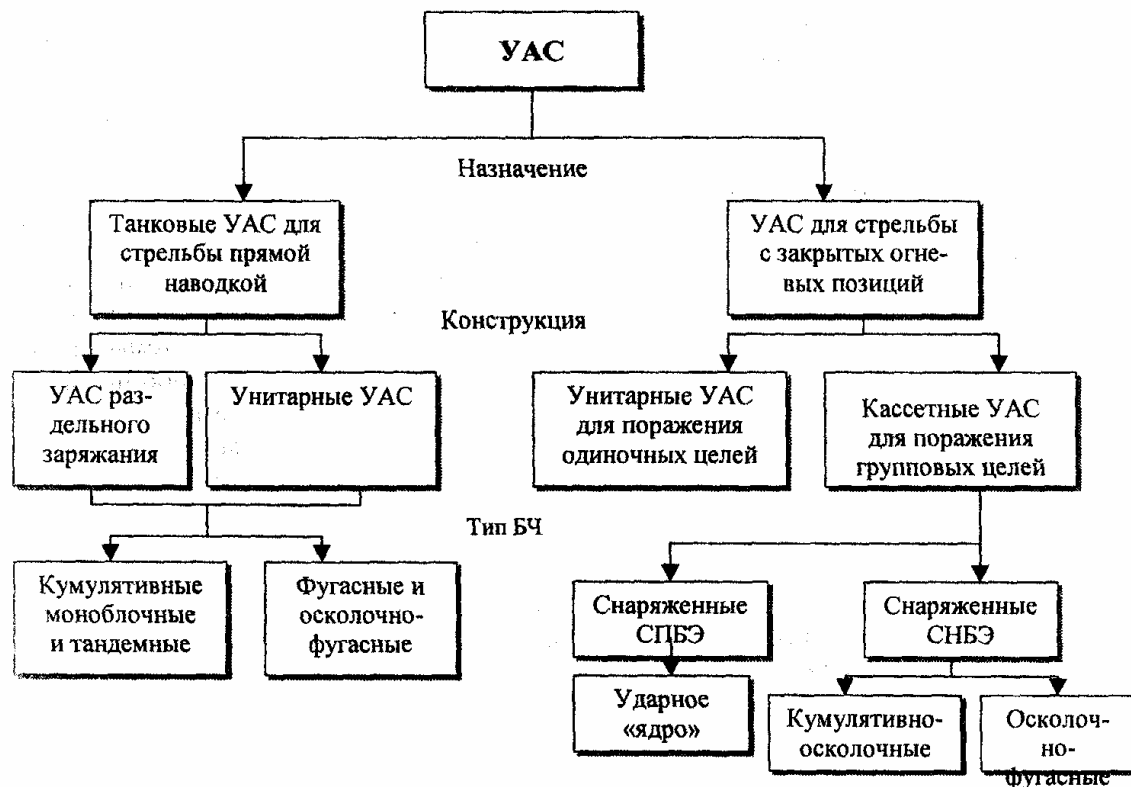


Рис. 2.1. Классификация УАС по боевому назначению

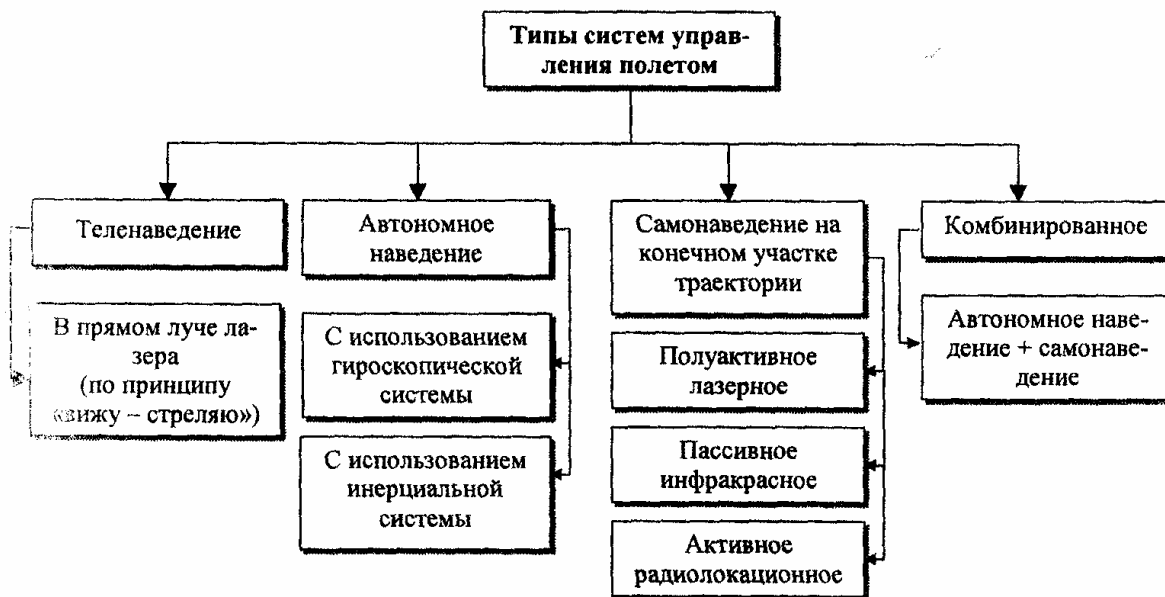


Рис. 2.2. Классификация УАС по системам управления полетом

2.4. Методы и системы наведения УАС

2.4.1. Методы наведения

Форма траектории классического артиллерийского снаряда определяется начальными условиями стрельбы и его баллистическими характеристиками. И те, и другие обладают неизбежным разбросом, что приводит к рассеиванию точек падения снарядов.

Задача повышения эффективности стрельбы по неподвижным целям обычно сводится к уменьшению рассеивания, вызванного погрешностями подготовки исходных данных стрельбы и техническим рассеиванием снарядов. В этом случае можно ввести в рассмотрение некую идеальную баллистическую траекторию, проходящую через дульный срез орудия и центр цели и свести задачу наведения снаряда на цель к выявлению вида этой идеальной траектории и удержанию на ней снаряда.

При стрельбе по подвижным целям и целям с неточно указанными координатами необходимо изменять форму траектории так, чтобы она прошла через центр цели. Новая форма траектории не может быть произвольной. Технически реализуема только такая форма траектории, которая удовлетворяет некоторым идеальным связям, наложенным на характер движения снаряда. Эти идеальные связи составляют сущность метода наведения. Методы наведения определяют теоретическую траекторию управляемого снаряда и делятся на две основные группы:

- методы наведения в системе координат, связанной с командным пунктом;
- методы наведения в системе координат, связанной со снарядом. Рассмотрим методы наведения снаряда на цель с неподвижного командного пункта, которым соответствует общая схема, представленная на рис. 2.3.

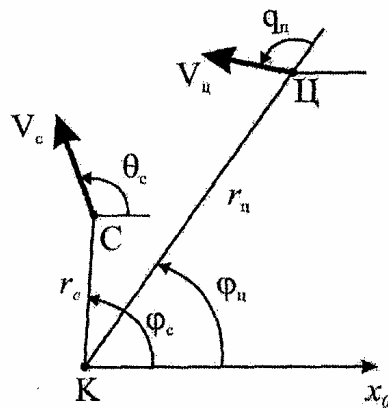


Рис. 2.3. Схема наведения снаряда на цель в системе координат, связанной с командным пунктом

На рис. 2.3. точки C , Γ и K обозначают положение снаряда, цели и командного пункта соответственно.

Самым простым методом наведения является метод совмещения, или метод «трех точек». При методе совмещения ось луча направляется на цель. Выражение идеальной связи при этом методе имеет вид:

$$\varphi_c = \varphi_u. \quad (2.1)$$

При реализации данного метода снаряд должен постоянно находиться на линии визирования цели, другими словами, командный пункт K , снаряд C и цель Π должны лежать на одной прямой.

Более сложными являются методы полного или частичного спрямления траектории. Идеальные связи этих методов определяются выражением

$$\varphi_c = \varphi_u - \frac{\kappa - 1}{\kappa} \cdot \frac{\dot{\varphi}_u}{\Delta \dot{r}} \cdot \Delta r, \quad (2.2)$$

где $\Delta r = r_u - r_c$, $\Delta \dot{r}$ - скорость изменения Δr , $\dot{\varphi}_u$ - скорость поворота линии визирования цели.

Коэффициент κ определяет вид метода спрямления:

$\kappa = 2$ - метод половинного спрямления,

$\kappa = \infty$ - метод полного спрямления,

$\kappa = 1$ - метод совмещения.

Метод совмещения имеет наиболее простое приборное оснащение. Для его реализации необходимы устройства, определяющие только угловые координаты цели и ракеты, поэтому приборная ошибка наведения оказывается низкой, а помехозащищенность - высокой. При наличии помех этот метод наиболее эффективен.

Недостатком метода совмещения является большое значение нормального ускорения или его отношения к ускорению свободного падения, называемого кинематической перегрузкой:

$$n_{кин} = \frac{V_c \Theta_c}{g}. \quad (2.3)$$

Кинематическую перегрузку при методе совмещения можно найти по следующей приближенной зависимости:

$$n_{кин} \approx \frac{2V_c V_u}{r_u g} \sin q_u. \quad (2.4)$$

Большая кинематическая перегрузка приводит к увеличению динамической ошибки наведения.

При использовании методов спрямления траектории ось луча наводится в упрежденную точку, поэтому требуются меньшие перегрузки, но происходит увеличение приборной ошибки наведения.

Данные методы наведения используются в лучевых системах теленаведения.

Рассмотрим методы наведения снаряда в связанной с ним системе координат (рис. 2.4). Эти методы обычно реализуются системами самонаведения.

Среди них выделяют следующие методы наведения:

- прямое преследование,
- погоня,
- с постоянным углом упреждения,
- метод параллельного сближения,
- метод пропорционального наведения.

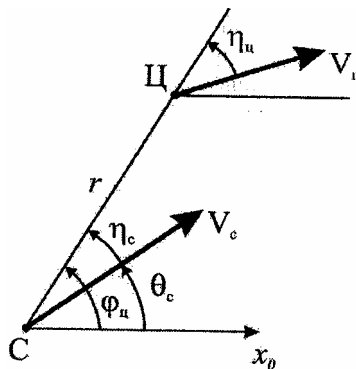


Рис. 2.4. Схема наведения снаряда в связанной с ним системе координат

Для самонаводящихся ракет наиболее простым является **метод прямого наведения (преследования)**. Сущность его состоит в том, что в процессе наведения продольная ось снаряда постоянно должна быть направлена на цель. Угловое отклонение продольной оси снаряда от линии визирования снаряд-цель является в данном случае сигналом управления. Для реализации такого метода наведения координатор цели (измеритель координат цели относительно снаряда) устанавливается на снаряде неподвижно, а оси координатора и снаряда совпадают. Такой координатор имеет, например, управляемая мина «Strix». Данному методу свойственна методическая ошибка наведения, т.к. вектор скорости снаряда в этом случае всегда будет отставать от линии визирования цели, и, следовательно, движение самого снаряда всегда будет направлено в некоторую точку позади цели. Метод прямого наведения может успешно применяться только для наведения на неподвижную цель. При этом необходимо, чтобы вектор скорости снаряда имел минимальное отклонение от его продольной оси.

Метод наведения по кривой погони также является простейшим методом наведения, хотя и улучшает точностные характеристики предыдущего метода.

При методе погони вектор скорости снаряда постоянно направлен на цель, идеальная связь между кинематическими параметрами снаряда и цели при этом определяется выражением:

$$\Theta_c = \varphi_{ц} . \quad (2.5)$$

Для того чтобы самонаводящийся снаряд все время летел в направлении цели, нужно, чтобы ось координатора была совмещена с вектором скорости. Этого можно достичь, если координатор во время полета разворачивать по воздушному потоку, т.е. совмещать линию визирования цели с направлением скорости движения снаряда. В этом случае используются так называемые **флюгерные головки самонаведения**, установленные, например, в УАС «Смельчак» и «Сантиметр». Метод погони имеет простую приборную реализацию, но также требует максимальной кинематической перегрузки. Сравнительные кинематические траектории для рассмотренных методов наведения представлены на рис. 2.5.

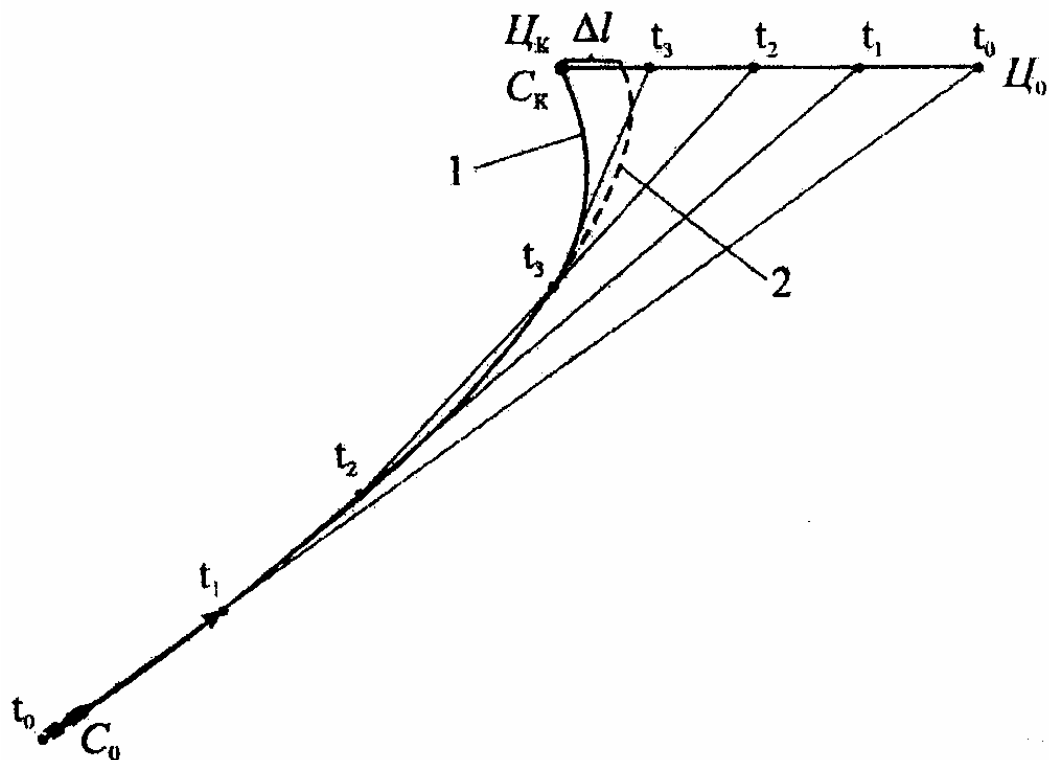


Рис.2.5 Траектории наиболее простых методов самонаведения:

1 - траектория наведения по кривой погони; 2 - траектория метода прямого наведения; C_0 и $Ц_0$ - начальные, а $C_к$ и $Ц_к$ - конечные положения снаряда и цели; Δl - методическая ошибка наведения

Метод наведения с постоянным углом упреждения характеризуется идеальной связью

$$\Theta_c = \varphi_{ц} - c, \quad (2.6)$$

где c — постоянный угол упреждения.

Этот метод мало отличается от метода погони, но при некоторых сочетаниях кинематических параметров снаряда и цели может обеспечить снижение кинематической перегрузки. В этом случае используют аппаратуру метода погони, но перед пуском ракеты ось координатора разворачивают на заранее рассчитанный угол упреждения в сторону, противоположную движению ракеты.

Минимальную кинематическую перегрузку обеспечивает **метод параллельного сближения**. При его реализации линия визирования цели (линия $СЦ$) должна перемещаться параллельно самой себе, т.е. должно выполняться условие $\varphi_{ц} = 0$, которое может быть представлено и в другой форме:

$$V_c \sin \eta_c = V_{ц} \sin \eta_{ц}. \quad (2.7)$$

Если траектория цели прямолинейна, а скорости цели и снаряда не меняются во времени, то траектория снаряда будет также прямолинейна, то есть кинематическая перегрузка будет равна нулю.

Основным недостатком метода параллельного сближения является приборная сложность его осуществления. Для его реализации необходимо измерять в полете соотношение скоростей $V_c / V_{ц}$, что возможно, например, при использовании гиросtabilизированной, активной радиолокационной головки са-

монаведения — весьма дорогостоящего устройства.

Приближенной реализацией метода параллельного сближения является **метод пропорционального наведения**, при котором скорость вращения вектора скорости летательного аппарата V_c пропорциональна угловой скорости линии визирования цели. Характеризующая этот метод идеальная связь имеет вид:

$$\dot{\Theta}_c = a \dot{\Phi}_n, \quad (2.8)$$

где $\dot{\Theta}_c$ - скорость поворота вектора скорости снаряда; $\dot{\Phi}_n$ - скорость поворота линии визирования цели; a — коэффициент пропорциональности.

Определение $\dot{\Theta}_c$ также вызывает определенные трудности, поэтому вместо уравнения метода наведения (2.8) обычно используют закон управления:

$$n_c = k \dot{\Phi}_n, \quad (2.9)$$

где n_c - нормальная перегрузка, создаваемая снарядом, k — коэффициент пропорциональности, характеризующий интенсивность реакции системы управления на поворот линии визирования, вызванный, например, маневром цели.

Реальная система наведения определяет направление на цель с некоторой погрешностью $\Delta\varphi$, поэтому выражение (2.9) следует записать в форме:

$$n = k(\varphi + \Delta\varphi). \quad (2.10)$$

Большое значение коэффициента k приводит к повышенной реакции системы наведения на свои собственные погрешности ($\Delta\varphi = 0,004...0,005$ с⁻¹). Поэтому обычно $k \cong 0,5/r$, где r - скорость сближения снаряда с целью.

При пропорциональном наведении потребные перегрузки снаряда обычно не превосходят перегрузок цели. Данный метод может быть реализован снарядами с головками самонаведения, имеющими в своем составе гироскоординатор, т.е. датчик цели должен быть установлен на оси ротора трехстепенного гироскопа.

2.4.2. Системы наведения

Движение снаряда по траектории заданной формы, или по траектории, предписанной выбранным методом наведения, осуществляется путем выполнения команд системы наведения. Система наведения - это совокупность приборов и устройств, вырабатывающих команды на управление полетом центра масс снаряда. На некоторых снарядах устанавливается система угловой стабилизации его корпуса в пространстве. Система наведения и система стабилизации образуют систему управления.

Аппаратура системы управления должна решать следующие задачи:

- 1) измерять отклонения фактического движения центра масс снаряда от требуемого закона на всей траектории или на ее части;
- 2) вырабатывать управляющие сигналы в соответствии с величиной и направлением этого отклонения и подавать их на органы управления;
- 3) поддерживать требуемое угловое положение корпуса снаряда, то есть обеспечивать его угловую стабилизацию.

В зависимости от места и способа формирования сигналов наведения, системы управления делятся на четыре основные класса:

- автономные;
- самонаведения;
- телеуправления;
- комбинированные.

2.4.3. Автономные системы

В автономных системах управления все устройства, формирующие основной управляющий сигнал, находятся на борту снаряда. В процессе полета они не получают никакой информации ни от цели, ни от командного пункта, ни от каких-либо объектов искусственного происхождения. Наведение на цель производится по заданной перед пуском программе.

Представителями автономных систем являются *гироскопические* и *инерциальные* системы наведения.

Чувствительными элементами гироскопических систем являются позиционные гироскопы с тремя степенями свободы, каждый из которых позволяет определять углы наклона оси снаряда в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Гироскопические системы используются, когда задана программа изменения угла наклона оси снаряда к опорной плоскости, например, плоскости горизонта.

Чувствительными элементами инерциальной системы наведения являются акселерометры - датчики ускорений $\mathbf{V}$, а точнее - псевдоускорений $\dot{\mathbf{V}}_{\text{н}} = \dot{\mathbf{V}} - \mathbf{g} \cos \Theta$, где Θ - угол наклона оси акселерометра к плоскости горизонта. Бортовые микропроцессоры осуществляют вычисление ускорений и их двойное интегрирование, в результате чего бортовая система наведения получает информацию о параметрах движения снаряда вдоль трех осей и, сравнивая их с заданными значениями, вырабатывает команду управления полетом. Инерциальные системы получили широкое распространение на баллистических ракетах, где акселерометры устанавливаются на достаточно сложных и громоздких гиростабилизированных платформах. Сейчас созданы бесплатформенные инерциальные системы, которые могут быть размещены на малогабаритных ракетах и управляемых артиллерийских снарядах.

2.4.4. Системы самонаведения

Бортовая аппаратура системы самонаведения содержит головку самонаведения (ГСН). Она состоит из координатора цели и блока электронной аппаратуры. Координатор обычно состоит из приемника конкретного вида излучения, фокусирующего устройства (объектив для оптического диапазона и антенна для радиоизлучения), устройств выделения сигнала ошибки и его усиления. Координатор цели устанавливается в носовой части снаряда и может или жестко закрепляться в его корпусе по продольной оси, или устанавливаться на кардановом подвесе с возможностью отклоняться от оси снаряда, либо размещаться на оси ротора трехстепенного гироскопа. В последнем случае он называется гирокоординатором. Головка самонаведения реализует методы наведения в системе координат, связанной со снарядом, причем сам метод наведения, как уже отмечалось, обусловлен типом координатора цели. В зависимости от места расположения источника энергии (излучения), обеспечивающего контрастность цели, ГСН делятся на следующие типы:

- активные, когда источник излучения находится на борту снаряда;
- полуактивные, когда подсвечивающий цель источник излучения находится вне снаряда;
- пассивные (или автономные), когда используется энергия, излучаемая самой целью.

В зависимости от вида используемой энергии ГСН делятся на:

- радиолокационные (РГСН);
- лазерные (ЛГСН);
- тепловые (ТГСН), или инфракрасные (ИК-ГСН);
- акустические (АГСН);
- комбинированные (комплексированные).

Наибольшее применение на УАС нашли (рис. 2.6), ЛПГС - лазерные полуактивные головки самонаведения. На некоторых управляемых минах (Merlin, Великобритания) внедрены активные РГСН миллиметрового диапазона. В настоящее время ведутся разработки комбинированных ГСН (РГС + ТГС). Головки самонаведения в зависимости от вида имеют разные конструктивные показатели и возможности. В качестве примера на рисунке 2.6 приведена схема пассивной ТГСН. Проведем сравнение ГСН по некоторым признакам.

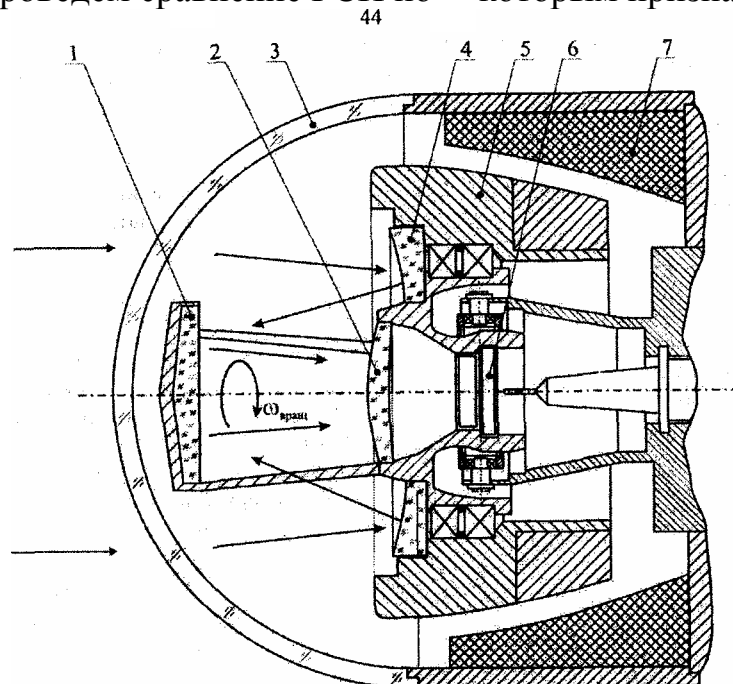


Рис. 2.6. Конструктивная схема пассивной ТГСН:

1,4- вторичное и первичное зеркала; 2 - линза объектива; 3 - обтекатель; 5 - гироскоп; 6 - охлаждаемый фотоприемник; 7 - устройство коррекции

Сравнение ГСН по разрешающей способности

Под разрешающей способностью понимают способность различать две близко расположенные цели как отдельные. Разрешающая способность определяется отношением диаметра приемного устройства (антенны РГСН, зеркал или объектива ТГСН) к длине волны излучения. По этому показателю ЛГСН и ТГСН превосходят РГСН, так как длины волн лазерного и теплового излучения измеряются микронами, а длины радиоволн - миллиметрами.

ЛГСН и ТГСН позволяют различать отдельные фрагменты цели и даже получать ее изображение, если в фокальной плоскости расположить матрицу и фотоэлементов. Сравнивая полученное изображение с имеющимся в памяти, головки могут идентифицировать цель, что существенно повышает их помехозащищенность.

Возможности селекции целей по дальности

Если ГСН может определять дальность до цели, то это позволяет ей настраиваться на цель, расположенную на определенной дальности и не реагировать на другие цели, оказавшиеся в поле ее зрения. Такой способностью обладают активные радиолокационные и лазерные ГСН.

Чувствительность ГСН к погодным условиям

Наименее чувствительными к состоянию атмосферы являются РГСН, наиболее чувствительными - ТГСН. Как известно, существуют диапазоны частот, в которых поглощение энергии атмосферой проявляется наиболее слабо. Для ТГСН это 3...5 и 8...12 мкм.

Сравнение ГСН по стоимости

При одинаковой дальности захвата цели минимальной стоимостью обладают ЛПГСН, затем ТГСН, наиболее дорогие РГСН. Стоимость последних, как правило, значительно превышает стоимость ТГСН или ЛПГСН.

2.4.5. Системы теленаведения

Системы теленаведения обеспечивают управление полетом снаряда на расстоянии путем подачи на его борт команд, навигационных или опорных импульсов.

Системы теленаведения, применяемые на УАС делятся на:

- командные;
- лучевые.

Командные системы наведения

Необходимость увеличения дальности стрельбы заставляет разработчиков отказываться от классической баллистической траектории и применять на конечном участке эффект планирования путем использования аэродинамического качества снаряда. Такая траектория может быть реализована с использованием автономной системы наведения типа гироскопической или командной системы наведения.

Перед выстрелом в бортовую аппаратуру снаряда вводится полетное задание, в котором указываются координаты его центра масс в каждый момент времени полета. В процессе полета истинные координаты снаряда определяются с помощью спутниковой или радионавигационной системы и передаются на борт снаряда, где и вырабатываются команды наведения.

Бортовая аппаратура снаряда может быть существенно упрощена, если установить на нем только приемник команд и радиолокационный ответчик, а хранение полетного задания, прием информации о текущих координатах снаряда и цели и выработку команд наведения возложить на наземные блоки многоуровневого использования.

Система теленаведения может работать на всей траектории или ее части. В последнем случае говорят о коррекции траектории.

Различают системы коррекции, работающие по принципу парирования возмущений и по принципу компенсации отклонений параметров движения, вызванных этими возмущениями. Если первые работают непрерывно, то вторые суммируют накапливающиеся отклонения и формируют корректирующий импульс, задача которого заключается в сведении суммарного отклонения к нулю.

Лучевые системы наведения

Они нашли применение на УАС, используемых при стрельбе прямой наводкой и наводимых на цель по методу совмещения.

Источником луча может быть радиолокатор или лазер. Радиолокационный луч, распространяясь вдоль земной поверхности, отражается от нее и создает сложную интерференционную картину, поэтому при наведении на наземные цели радиолуч обычно не применяется. Основная ставка делается на использование лазерного луча.

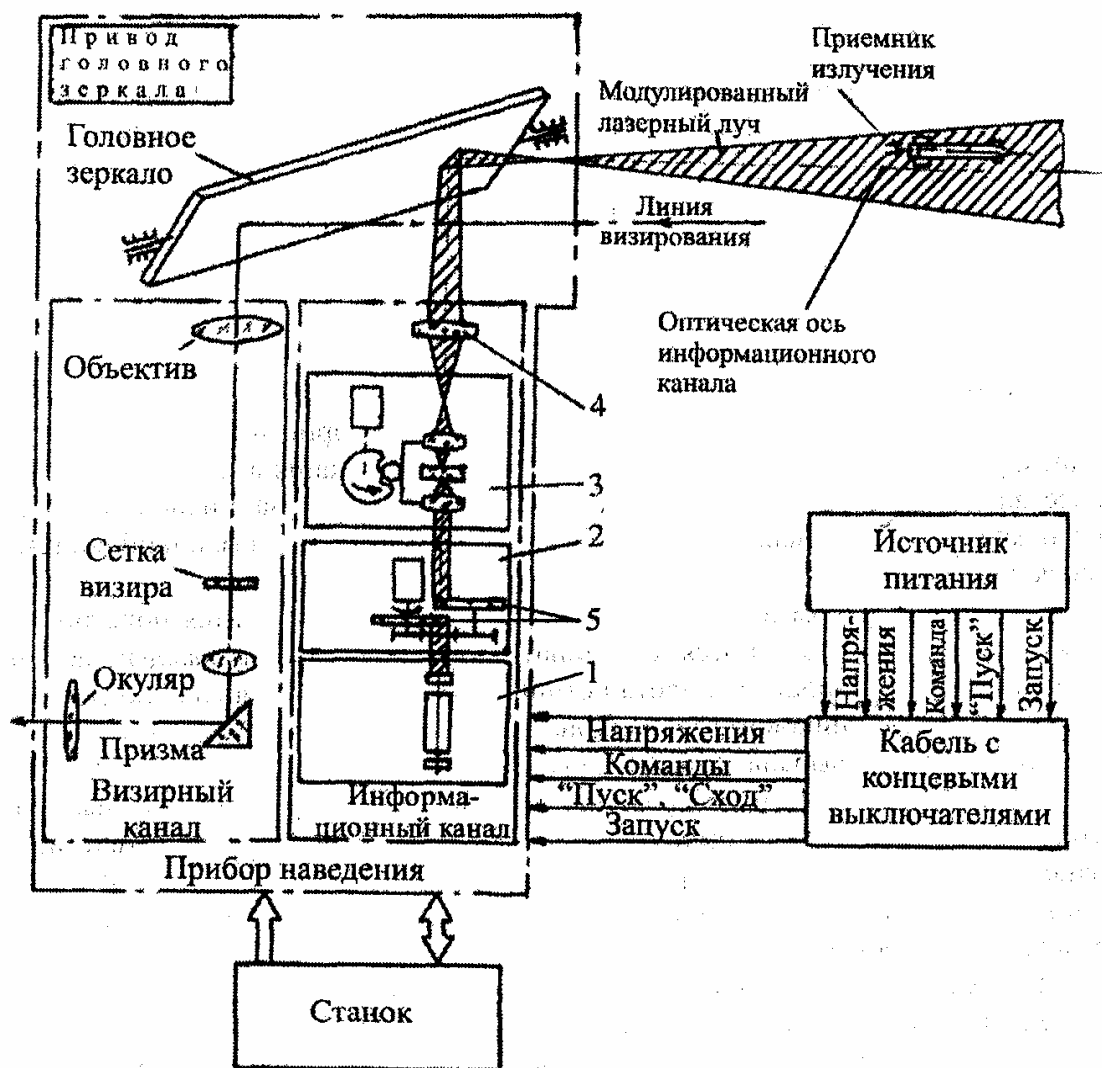


Рис. 2.7 Схема лазерного излучателя с устройством модуляции лазерного луча:

1- источник лазерного излучения; 2- модулирующее устройство с дисками 5; 3 - программное устройство изменения угла раствора лазерного луча; 4 - объектив

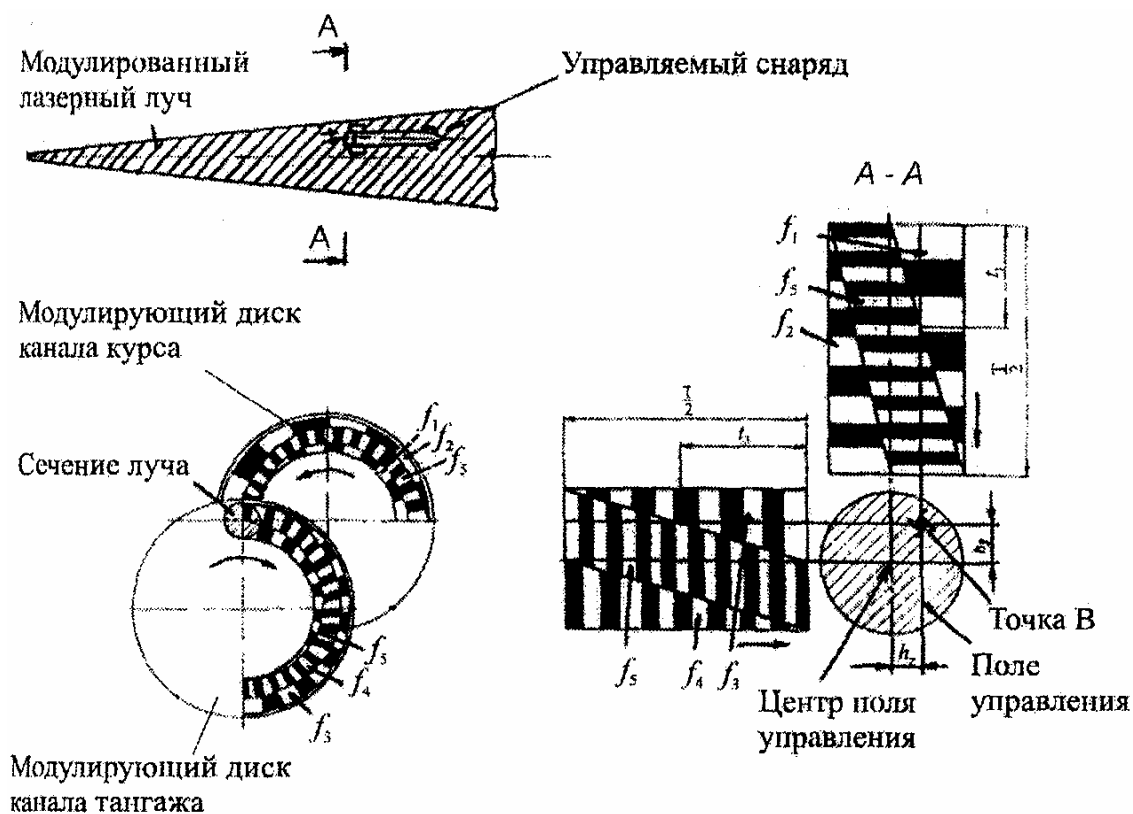


Рис. 2.8 Логика формирования управляющего сигнала в зависимости от отклонения снаряда от оси луча

При пуске снаряд встреливается в луч, наведенный на цель. Фотоприемник, установленный в донной части снаряда, и бортовая аппаратура позволяют определить положение снаряда в поперечном сечении луча и выработать команду, выполняющую которую снаряд автоматически выходит на ось луча. Для осуществления телеориентирования снаряда в поперечном сечении луча лазерное излучение модулируется специальными дисками с нанесенными на них непрозрачными растрами (метками).

На рис. 2.7 представлена схема лазерного излучателя с устройством модуляции лазерного луча, а на рис. 2.8 проиллюстрирована логика формирования управляющего сигнала в зависимости от направления и величины смещения снаряда от оси луча.

Растры нанесены на половинах модулирующих дисков. Эти диски синхронно вращаются. Ось лазерного луча (рис. 2.8) проходит через точку пересечения; вертикальной оси диска канала тангажа и горизонтальной оси диска канала курса. В течение первой половины периода вращения луч лазера "перекрывается" растрами диска канала курса, в течение второго полупериода - растрами диска канала тангажа.

На рис. 2.8 модулирующие диски представлены в положении, когда тангажный диск закончил свою работу, а диск канала курса только начинает модуляцию луча. Развертка модулирующей дорожки канала курса показана над сечением луча. Если снаряд движется в вертикальной плоскости, проходящей через ось луча, т.е. не имеет отклонений по курсу, то фотоприемник в течение первого полупериода будет принимать только опорную частоту f_5 , и команда

по каналу курса вырабатываться не будет. Если снаряд сместился вправо на величину h_z , то фотоприемник в течение промежутка времени $0,5T - t_1$ будет принимать опорную частоту f_5 , а за время t_1 - частоту f_1 . Факт приема частоты f_1 указывает на то, что снаряд отклонился вправо, а величина этого отклонения может характеризоваться величиной

$$K_{\kappa}^{\text{np}} = \frac{t_1}{0,5T}, \quad (2.11)$$

которая по своей сути является коэффициентом команды по каналу курса. Появление на фотоприемнике сигнала с частотой f_2 будет характеризовать смещение снаряда по курсу влево на относительную величину

$$K_{\kappa}^{\text{л}} = \frac{t_2}{0,5T}. \quad (2.12)$$

Через полпериода ($0,5T$) модуляция луча лазера будет осуществляться диском канала тангажа. При нулевом смещении снаряда ($h_y=0$) фотоприемник будет воспринимать только опорную частоту f_5 , если же снаряд ушел вверх ($h_y>0$), то фотоприемник после регистрации в течение времени $0,5T - t_3$, частоты f_5 , в течение времени t_3 будет воспринимать частоту f_3 . Частота f_3 указывает на направление смещения, а амплитуда смещения будет характеризоваться величиной

$$K_{\kappa}^{\text{в}} = \frac{t_3}{0,5T}. \quad (2.13)$$

Появление на фотоприемнике сигнала с частотой f_4 будет характеризовать отклонение снаряда по тангажу вниз на относительную величину

$$K_{\kappa}^{\text{н}} = \frac{t_4}{0,5T}. \quad (2.14)$$

Таким образом, используя систему модуляции поперечного сечения луча лазера, бортовая аппаратура снаряда в состоянии выработать команды, выполняющие которые, снаряд будет отслеживать движение оси луча, т.е. перемещение движущейся цели. Для обеспечения соизмеримости диаметра луча и размера цели угол раствора луча автоматически уменьшается по мере удаления снаряда от точки пуска. Рассмотренная система теленаведения снаряда в лазерном луче используется во всех отечественных комплексах управляемого вооружения (КУВ) для объектов бронетанковой техники.

2.4.6. Комбинированные системы наведения

Головка самонаведения имеет сравнительно малые размеры и при больших дальностях не может обеспечить уверенный прием отраженных от цели и излучаемых ею сигналов, поэтому при стрельбе на большие дальности самонаведение используется только на конечном участке траектории. В ряде случаев точность стрельбы артиллерийских снарядов позволяет им подлететь по неуправляемой траектории к возможной зоне самонаведения с необходимой для этого точностью. В этом случае головка самонаведения может захватить цель и точно навести на нее снаряд.

Если же по какой-либо причине (например, слишком большая дальность полета) не гарантируется подлет снаряда к цели по неуправляемой траектории с

достаточной для самонаведения точностью, то необходимо использовать комбинированную систему наведения, то есть до начала работы системы самонаведения управлять полетом снаряда с помощью автономной, либо командной системы наведения.

Командные методы-управления обычно комбинируются с самонаведением при стрельбе по подвижным целям либо для случаев, предусматривающих возможность перенацеливания снаряда во время его полета.

При стрельбе по неподвижным удаленным точечным целям возможно комбинировать с конечным самонаведением автономные системы наведения.

3. АРТИЛЛЕРИЙСКИЕ ВЫСТРЕЛЫ С УПРАВЛЯЕМЫМИ БОЕПРИПАСАМИ ОБЪЕКТОВ БРОНЕТАНКОВОЙ И ПРОТИВОТАНКОВОЙ ТЕХНИКИ

Значительное повышение боевой эффективности бронетанковой техники достигнуто за счет включений в состав вооружения унифицированных управляемых снарядов ствольного запуска с полуавтоматической лазерно-лучевой системой управления. Оснащение объектов бронетанковой техники (БТТ) управляемым вооружением позволяет выигрывать бой до входа в зону действия ответного артиллерийского огня противника.

Управляемые снаряды для разных объектов БТТ имеют габариты штатных артиллерийских выстрелов и не отличаются по способам заряжания и запуска. Размещаются они в штатных боеукладках. Основные характеристики отечественных управляемых выстрелов БТТ представлены в табл. 3.1.

Применение полуавтоматической лазерно-лучевой системы управления обеспечивает высокую помехозащищенность канала управления, простоту работы наводчиков. Унифицированные блоки аппаратуры управления вписываются в свободные объемы и не меняют внешнего вида танков.

3.1. Выстрелы на базе унифицированной управляемой ракеты 9М117М

На вооружении российской бронетанковой техники и противотанковых пушек стоят артиллерийские выстрелы ЗУБК10М,-1,-2,-3 с унифицированной, калибром 100 мм, управляемой ракетой 9М117М (рис.3.1). Унифицированная ракета полностью идентична как для выстрелов из гладкоствольных пушек МТ-12 калибром 100 мм и У5ТС калибром 115 мм, так и для нарезных пушек Д10-Т2С и 2А70 калибром 100 мм.

Типовой артиллерийский выстрел на примере ЗУБК 10М-1 представлен на рис 3.2. Он состоит из управляемой ракеты 9М117М-1 с абтюринующим пояском, гальзы 2 с вышибным секционным картузным зарядом 3 трубчатого пироксилинового пороха и дополнительным зарядом с электровоспламенителем, а также и втулкой, предназначенной для передачи энергии от ударника пушки к индуктору снаряда при выстреле (на рис. 3 2 не показаны).

Действие выстрела ЗУБК 10 М-1

После нажатия на рукоятку спускового механизма пушки срабатывает ее ударный механизм. При этом ударник под действием пружины через поршень втулки расположенной в дне гильзы, перемещает толкатель индуктора снаряда. В обмотках индуктора последовательно генерируются два электрических импульса. От одного из них срабатывает электровоспламенитель замедленного типа воспламенителя вышибного заряда, а от другого – электровоспламенитель бортового источника питания.

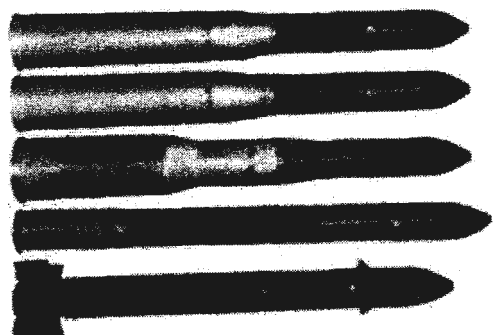
После выхода на режим бортового источника питания срабатывает электровоспламенитель порохового заряда ротора гирокоординатора, а также подается напряжение на приемник излучения, электронную аппаратуру и блок рулевого привода.

Таблица 3.1

Управляемые выстрелы бронетанковой техники с полуавтоматическим наведением по лучу лазера

Тип артиллерийской системы	Артиллерийский выстрел, комплекс	Управляемая ракета	Дальность стрельбы, м	Калибр орудия, мм	Масса <u>снаряд</u> выстрел, кг	Длина <u>снаряд</u> выстрел, мм	Бронепробитие, мм	Полетное время (max), с
Противотанковая пушка МТ-12 (Т-12)	ЗУБК10М, «Кастет»	Ракета 9М117М	100-5000	100	$\frac{17,6}{27,5}$	$\frac{1084}{1140}$	600 с преодолением динамической защиты	16,8
Танк Т-55, пушка Д10-Т2С	ЗУБК10М-1, «Бастин»		100-4000	100	$\frac{17,6}{27,5}$	$\frac{1084}{1138}$		13,5
Танк Т-65, пушка У5ТС	ЗУБК10М-2, «Шексна»		100-4000	115	$\frac{17,6}{30,5}$	$\frac{1084}{1138}$		13,5
БМП-3, пушка 2А70	ЗУБК10М-3, «БМП-3»		100-4000	100	$\frac{17,6}{33,4}$	$\frac{1084}{1240}$		-
Танк Т-72, пушка Д-81	ЗУБК20, «Свирь»	Ракета 9М119М	100-4000	125	24,3*	695+385	700 с преодолением ДЗ	12,0
Танк Т-80, пушка Д-81	ЗУБК20, «Рефлекс»		10-5000	125	24,3*	695+385		17,6

* - масса ракеты.



ЗУБК10М
ЗУБК10М-1
ЗУБК10М-2
ЗУБК10М-3
9М117М

Рис. 3.1. Артиллерийские управляемые выстрелы бронетанковой техники

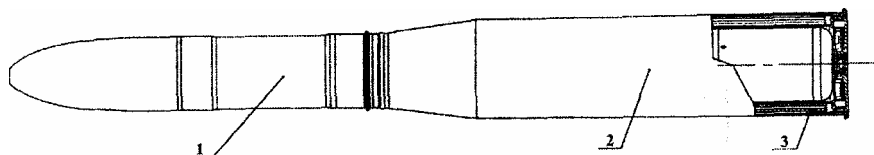


Рис. 3.2. Выстрел ЗУБКЮМ-1 с управляемой ракетой 9М117М:
1 - управляемая ракета 9М117М; 2 - гильза; 3 - вышибной заряд

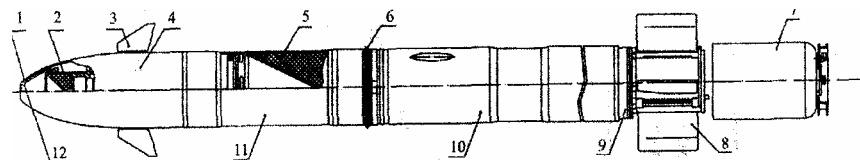


Рис. 3.3. Управляемая ракета 9М117М в полете:
1 - обтекатель; 2 - лидирующий заряд; 3 - рули; 4 - отсек управления;
5 - основной заряд; 6 - пояс; 7 - поддон; 8 - крыло; 9 - отсек аппаратур-
ный; 10 - маршевый двигатель; 11 - боевая часть; 12 - головной контакт

Время горения электровоспламенителя вышибного заряда обеспечивает задержку срабатывания вышибного заряда, необходимую для выхода на режим бортовой и наземной аппаратуры управления.

Унифицированная управляемая ракета 9М117М выполнена по аэродинамической схеме "Утка" со складывающимся в калибр снаряда оперением (рис.3.3). В ее состав последовательно входят:

- отсек управления 4 с блоком воздушно-динамического рулевого привода и механизмом раскрытия рулей 3, который срабатывает после выхода снаряда из канала ствола;
- тандемная кумулятивная боевая часть (поз.2,5,11) способная преодолеть динамическую защиту;
- маршевый двигатель 10, предназначенный для обеспечения заданной скорости полета, представляет собой однокамерный ракетный твердотопливный двигатель с боковыми наклонными соплами переднего расположения;
- аппаратный отсек 9, состоящий из блока питания, блока связи, ги-рокоординатора, электронной аппаратуры и блока крыльев, консоли которых установлены под углом к продольной оси снаряда для обеспечения его вращения на траектории;
- поддон 7, предназначенный для удержания консолей крыльев в сложен-ном положении и защиты хвостовой части снаряда от воздействия газов вы-шибного заряда.

Функционирование управляемой ракеты 9М117М

При движении ракеты по каналу ствола срабатывают газовые замыкате-ли, замыкая цепь подачи напряжения на предохранительно-исполнительный механизм (ПИМ). После вылета ракеты из ствола сбрасывается поддон, рас-крываются крылья, срабатывает замыкатель в блоке связи и замыкает электри-ческие цепи подачи напряжения на электровоспламенители маршевого двига-теля (МД), механизма раскрытия рулей блока рулевого привода (БРП) и на ин-дикаторную лампу. При стрельбе ночью напряжение на лампу не подается.

Срабатывание электровоспламенителей приводит к раскрытию рулей и воспламенению топливного заряда МД.

После входа снаряда в поле управления приемник излучения принимает и преобразует модулированный оптический сигнал лазерного луча в электрический. Электронная аппаратура выделяет координаты снаряда относительно оси луча в вертикальной и горизонтальной плоскостях. С помощью гироскоординатора она формирует сигналы управления по каналам БРП. Рули, отклоняясь от своего среднего положения, создают управляющий момент. Под действием момента ракета приобретает угол атаки. Возникающая при этом сила позволяет удерживать его около центра поля управления на протяжении всего полета до цели.

При встрече снаряда с целью сминается обтекатель 1 и замыкается электрическая цепь подачи напряжения на электродетонатор ПИМа, который, срабатывая, инициирует взрывчатое вещество лидирующего заряда 2, а затем основного заряда 5 боевой части (БЧ).

3.2. Управляемые выстрелы БТТ на базе ракеты 9М119М

Принципиально новыми возможностями обладают танки Т-72, Т-80 и Т-90С, оснащенные комплексами управляемого вооружения "Свирь" и "Рефлекс", в состав которых входит выстрел ЗУБК20 с управляемой ракетой 9М119М. Оснащение танков управляемым вооружением не требует доработки орудия и боеукладки, не изменяет его внешнего вида и дает значительные преимущества по дальности и точности стрельбы.

Выстрел ЗУБК20 с управляемой ракетой 9М119М раздельного заряжания предназначен для поражения подвижных и неподвижных бронированных и других малоразмерных целей, в том числе целей типа "зависший вертолет". Он состоит (рис. 3.4) из управляемой ракеты и метательного устройства, которое предназначено для удержания ракеты в канале ствола и придания ей начальной (дульной) скорости. Стрельба выстрелом ЗУБК20 производится из гладкоствольной пушки типа Д-81. Управление полетом ракеты (наведение на цель) осуществляется с помощью поля управления, формируемого в луче лазера.

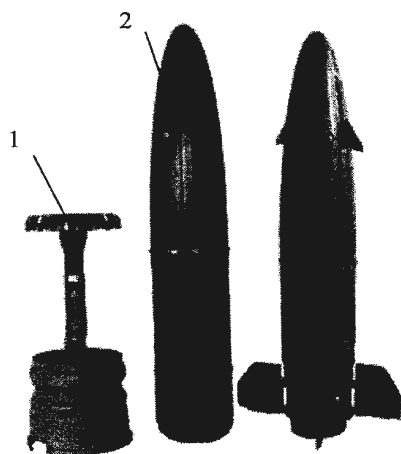


Рис. 3.4. Выстрел ЗУБК20:

а - комплект выстрела; б - УАС в полетном состоянии; 1 - метательное устройство с досылателем; 2 - УАС 9М119 в исходном состоянии

3.2.1. Метательное устройство

Метательное устройство (рис. 3.5) состоит из поддона и досышателя.

Поддон предназначен для размещения метательного заряда 13 и состоит из гильзы 19, втулки 25 с индукторной втулкой 24, баллона 26 и трубки 14. Гильза 19 представляет собой пустотелый цилиндр с днищем. В полости *В*, образуемой гильзой 19 и трубкой 14, размещен метательный заряд, представляющий собой навеску пироксилинового пороха. Для исключения высыпания пороха полость *В* закрыта со стороны дульца гильзы чашкой 12, поджатой крышкой 11. Втулка 25 ориентируется в днище гильзы 19 грибком 21 и соединяет поддон с досышателем. Между втулкой 25 и трубкой 14 в полости 3 находится часть метательного заряда, воспламеняющаяся от электровоспламенителя 32. К днищу гильзы 19 трубкой 14 поджат баллон 26, который представляет собой замкнутую кольцевую камеру, которая через винт 17 заправлена двуокисью углерода. Двуокись углерода предназначена для вытеснения пороховых газов из канала ствола пушки после выстрела до момента экстракции поддона, с целью обеспечения безопасности экипажа танка. Для вскрытия баллона служит поршень 27, который зафиксирован срезным винтом 29 в корпусе 30. Герметичность поддона обеспечивается уплотнительными кольцами 10, 23, 33, 36 и постановкой на герметик чашки 12, крышки 11, втулки 25 и проверяется через отверстие, закрытое винтом 9.

Досылатель состоит из телескопически соединенных между собой, корпуса 4 и штока 6. На штоке 6 установлена пружина 7, удерживаемая стопорным кольцом 39, которая служит для перемещения корпуса 4 с упором 2 относительно штока 6. Телескопическое соединение корпуса и штока обеспечивает постоянный контакт пусковых цепей ракеты и метательного устройства при различных категориях износа ствола пушки. Досылатель закреплен во втулке 25 замком, состоящим из гайки 37, шайб 8 и 38. Упор 2 имеет отверстия Б, через которые происходит перетекание пороховых газов от сгорания метательного заряда в заснарядное пространство при движении ракеты и досышателя по каналу ствола пушки.

Индукторная втулка (рис. 3.6) предназначена для воспламенения электровоспламенителя метательного устройства, подачи электрического импульса на электровоспламенитель бортовой батареи Т-493 и подачи сигнала с танковой аппаратуры управления на ракету для переключения лампы в режим «Ночь». В корпусе 10 размещены основание 12 с индуктором 9 и изолятор 8. Индуктор представляет собой магнитоэлектрический генератор, предназначенный для генерации электрических импульсов. Индуктор состоит из двухполюсного постоянного магнита 3 кольцеобразной формы, ярма 4 и якоря 1, жестко связанного с толкателем 7, расположенным в отверстии ярма, а также двух обмоток катушки 2, от которых напряжение подается на электровоспламенитель 13, установленный в основании 12. На якорь установлен пружинный упор 11. Толкатель зафиксирован во втулке 5 чекой 6. До пуска ракеты якорь притянут к ярму и магниту, следовательно, магнитная цепь индуктора замкнута. Индуктор имеет электрическую связь с ракетой через электроразъемы в досылателе и на ракете.

При выстреле ударник спускового механизма пушки воздействует на

толкатель, который срезает чеку. Якорь отрывается от ярма и магнита. При этом магнитная цепь размыкается, а в обмотках катушки 2 индуцируются импульсы электрического тока. При этом концы пружинного упора западают в зазор между магнитом и якорем, препятствуя обратному ходу якоря. С одной обмотки катушки импульс тока поступает на электровоспламенитель батареи Т-493, а с Другой - на электровоспламенитель 13, в корпусе которого размещены зажигательный, воспламеняющийся от мостика накаливания, замедлительный и пиротехнический составы. Пламя от электровоспламенителя через отверстие *Д* (рис. 3.5) прожигает пленку 15 и воспламеняет порошок, расположенный в полости 3. Пламя через отверстие *Г* трубки 14 поджигает основной метательный заряд 9Х848, расположенный в полости *В*. При сгорании метательного заряда происходит нарастание давления в камере. Часть газа перетекает через отверстие досыщателя в заснарядное пространство, где повышается давление, под действием которого начинается движение ракеты по каналу ствола. Возникший перепад давления газа на досыщателе вызывает его расстыковку с метательным устройством и приводит в движение досылатель вслед за ракетой по каналу ствола. Под действием давления пороховых газов поршень 27 перемещается, срезает винт 29, своей острой кромкой продавливая корпус 30 и сжимает пружину 28. При выходе ракеты за дульный срез ствола давление пороховых газов падает. За счет разности давлений в полости *Ж* и в гильзе, а также усилия поджатой пружины 28 поршень 27 перемещается в корпусе 30 в обратном направлении до упора в запорное кольцо 31, при этом открывается отверстие *И*, через которое двуокись углерода вытекает из баллона в гильзу. В процессе теплообмена между газожидкой смесью и разогретыми стенками гильзы температура двуокиси углерода повышается. Это приводит к увеличению объема двуокиси углерода и вытеснению токсичных продуктов сгорания из поддона и канала ствола с заполнением их безвредной двуокисью углерода.

3.2.2 Устройство и функционирование ракеты 9М119М

Ракета (рис. 3.8) состоит из отсека управления 1, маршевого двигателя 3, боевой части 4, крыльев 24, блока приемника 8 и поддона 19, взаимные крепления которых представлены на схемах *А*, *Н*, 3, *Р*.

Отсек управления расположен в носовой части ракеты и предназначен для преобразования электрических сигналов, поступающих с приемника из измерительной системы координат, связанной с танком, в исполнительную, связанную с вращающейся ракетой, и преобразования этих сигналов в механические перемещения рулей. В отсеке управления (рис.3.9) размещены: рулевой привод с механизмом раскрытия рулей и воздухозаборников, лидирующий заряд 3 боевой части и головной контакт 2 цепи электродетонатора предохранительно-исполнительного механизма, батарея Т-493 16, блок усилителя 14. Коммутируются указанные блоки платой 12 с колодкой для электрической стыковки отсека с блоком приемника и маршевым двигателем. Отсек управления закрыт обтекателем 1, который имеет пазы для выхода рулей 6 и воздухозаборников 17, закрытые до вылета из ствола щитками 7.

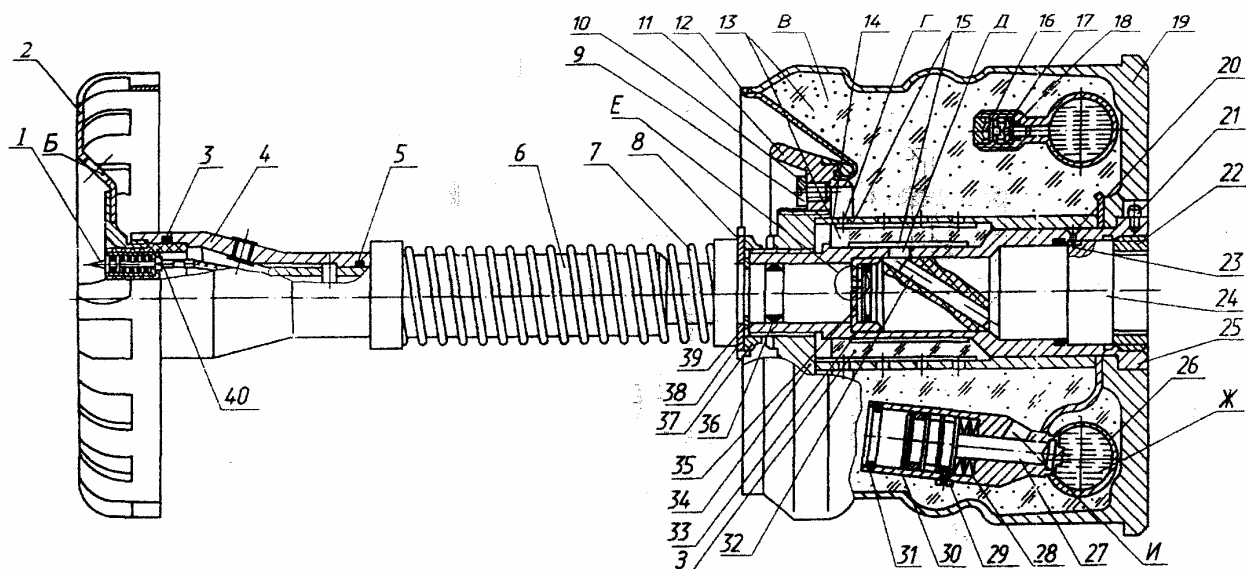


Рис. 3.5. Метательное устройство:

1- контакт; 2- упор; 3,5-уплотнительное кольцо; 4- корпус; 6- шток; 7, 28- пружина; 8, 38 – шайба; 9, 17, 29- винт; 10, 23, 33, 36- кольцо; 11- крышка; 12- чашка; 13- метательный заряд 9Х948; 14- трубка; 15- пленка; 16-заглушка; 18- прокладка; 19-гильза; 20- штифт; 22, 34, 37- гайка; 21- грибок; 24-индуктивная втулка; 25-втулка; 26-баллон; 27-поршень; 30-корпус; 31-запорное кольцо; 32-электровоспламенитель; 9Х436; 35- втулка; 39-стопорное коьцо; 40-колодка; 41-розетка; 42-контакт; Б, Г, Д, И-отверстие; В,Ж,З-полость.

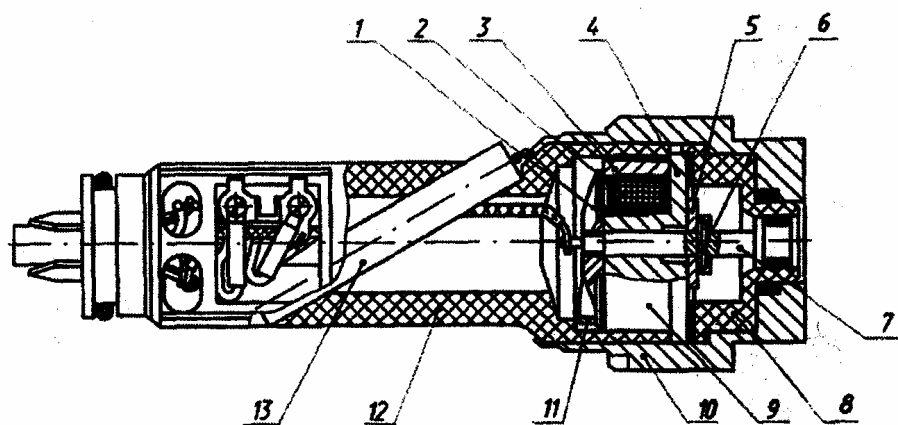


Рис. 3.6. Индукторная втулка:

1- якорь; 2- катушка; 3-магнит; 4-ядро; 5-втулка; 6-чека;
7-толкатель; 8-изолятор; 9-индуктор; 10-корпус; 11- упор;
12- основание; 13- электровоспламенитель 9Х436.

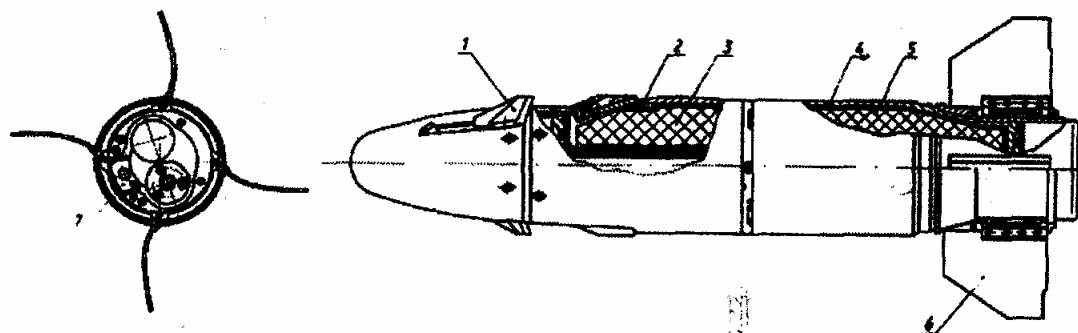


Рис.3.7. Управляемая ракета в полете:
1-руль; 2-корпус; 3-маршевый заряд 9Х947; 4-корпус;
5-основной заряд боевой части; 6-крыло; 7-лампа.

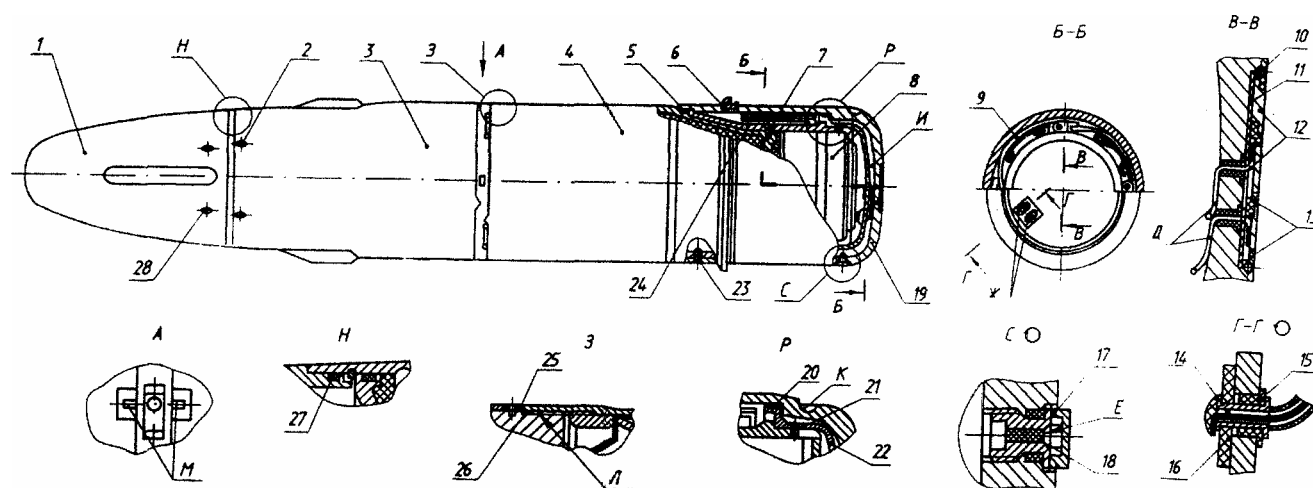


Рис. 3.8. Управляемая ракета 9М119М:

1 - отсек управления; 2, 28-винт; 3 - маршевый двигатель; 4-боевая часть;
5, 20, 26, 27 - уплотнительные кольца б - обтюрирующий пояс; 7, 23 - виат; 8
- блок приемника; 9 - пружина; 10 - кольцо стопорное; 11-прокладка; 12-
контакты; 13, 15 - изоляторы; 14-заклепка, 16-плата; 17-дроссель; 18-заглушка-
19 - поддон; 21 - штифт; 22 - поршень; 24 - крыло; 25 - направляющий пояс; Д - провод Ж -контактная поверхность, И - полость. К - выборка, Л - резьба; М -
риски; Е - дроссельное отверстие

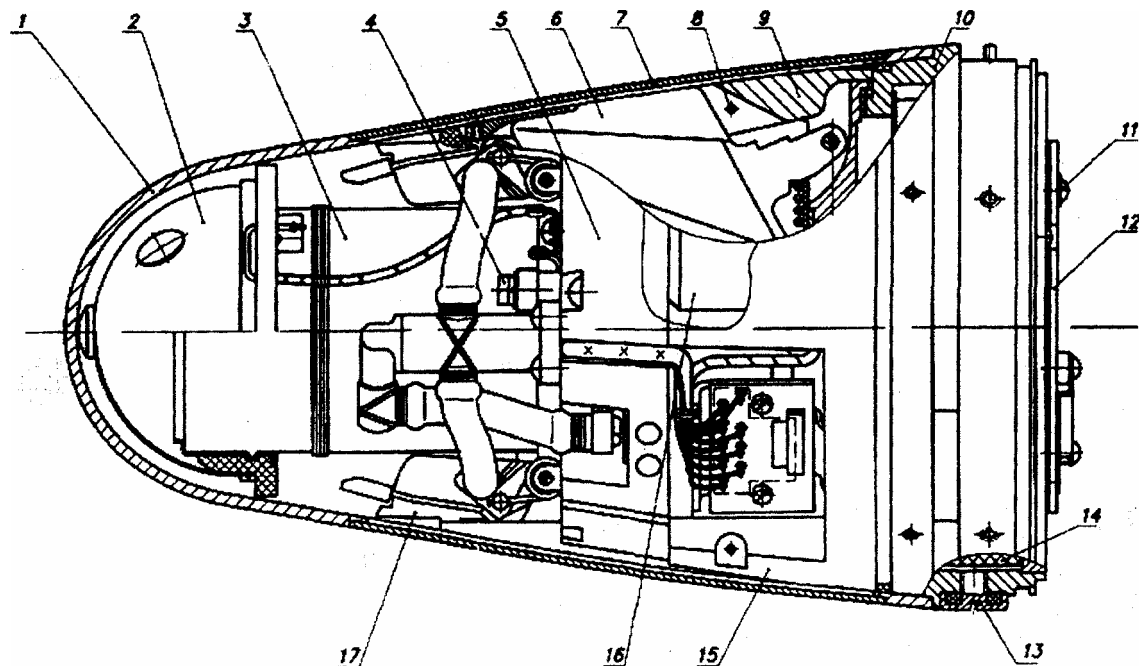


Рис. 3.9. Отсек управления:

1 - обтекатель; 2 - контакт; 3 - лидирующий заряд; 4 - винт; 5 - основание; 6 - руль; 7 - щиток; 8 - штифт; 9 - ломик; 10 - шпангоут; 11 - винт; 12 - плата; 13 - винт; 14 - усилитель; 15 - рулевой привод; 16 - батарея Т-493; 17 - воздухозаборник

Базовым блоком отсека управления является рулевой привод, который предназначен для преобразования электрических сигналов управления в соответствующие угловые отклонения рулей. Он представляет собой автоколебательный воздушно-динамический привод полуоткрытого типа со струйным распределительным устройством и управляющим электромагнитом поворотного типа.

Подготовка привода к работе происходит согласно схеме, представленной на рис. 3.10. При срабатывании электровоспламенителя 9 образующийся в канале *Б* газ поступает в рабочие полости *А* и перемещает поршни 2, которые давят на ломики 13. Ломики срезают штифты 14 и срывают щитки 15, которые вместе с ломиками выбрасываются наружу. Для ограничения движения поршней служат упоры 1. При отрыве щитков освобождаются рули 7, и пружины 11 перемещают втулки 8 вдоль оси 12. Втулка 8 давит на руль, поворачивая его вокруг полуоси 10 до упора. При этом втулка надвигается на скошенную часть хвостовика руля, фиксируя его в рабочем положении. Одновременно с рулями при отрыве щитков освобождаются воздухозаборники 4. Под действием пружин 6 воздухозаборники разворачиваются вокруг осей 5 до упора в обтекатель 3 и удерживаются в рабочем положении.

Работу рулевого привода в полете иллюстрирует схема, представленная на рис. 3.11. Встречный поток воздуха через отверстия в воздухозаборниках 1 по эластичным трубкам 2 через фильтр 3 и струйник 5 проходит в рабочие полости силовых цилиндров 6. С усилителя 9 рулевого привода подается поочередно напряжение на обмотки управляющего электромагнита 4. При поступлении сигнала на одну из обмоток якорь 10 притягивается к ней и устанавливает

струйник 5 напротив соответствующего окна приемника, воздух поступает в рабочую полость соответствующего силового цилиндра, например *A*, и в ней устанавливается максимальное давление. В это время из другой рабочей полости *B* воздух вытесняется через открытое отверстие приемника. Под действием разности давлений на поршни силовых цилиндров происходит поворот рулей 7. Ось рулей соединена с потенциометром обратной связи 8, который служит для определения положения рулей 7. Рулевой привод работает в автоколебательном режиме, при котором рули совершают колебания около заданного угла поворота, пропорционального входному сигналу с усилителя.

Усилитель (см. рис. 3.9) предназначен для коррекции контура убавления совместно с датчиком гирокоординатора, суммирования входного сигнала с сигналом обратной связи рулевого привода, преобразования этого сигнала, усиления сигнала по мощности. Несущей конструкцией усилителя является основание, к которому через дистанционные втулки шпильками крепятся пять печатных плат с расположенными на них электро- и радиоэлементами, залитыми пенопластом. Для электрического соединения усилителя с составными частями ракеты служат выводы, расположенные со стороны основания.

Батарея 4-493 представляет собой герметичный металлический цилиндр с размещенными внутри него электрохимическими элементами, пиронагревателями и электровоспламенителем. При подаче импульса с индукторной втулки на электровоспламенитель батареи происходит активация пиронагревателей.

Твердые соли электролита расплавляются, батарея приводится в рабочее состояние, обеспечивая на своих выводах, расположенных на крышке, рабочее напряжение.

Маршевый двигатель - ракетный двигатель твердого топлива (РДТТ) предназначен для обеспечения заданного времени полета ракеты до цели. Конструктивной особенностью данного двигателя (рис. 3.12) является переднее расположение в его корпусе двух наклонных сопел, не выходящих за калибр ракеты. Маршевый двигатель состоит из корпуса 3, крышки с термоизоляцией 19, крышки 17 с опорой 12, маршевого заряда 9Х947, состоящего из основного заряда 10 и таблеток 16. Корпус представляет собой тонкостенную обечайку, к которой приварены две сопловые бобышки, 8, в отверстия которых установлены вкладыши 5. Сопловая заглушка 6 с уплотнительным кольцом 7 и винтом 4 обеспечивает герметичность корпуса при эксплуатации выстрела. Крышка с термоизоляцией 19 удерживается в корпусе фиксатором 1. Трубка крышки 19 предназначена для прохождения кумулятивной струи боевой части и размещения гибкого ленточного кабеля. Внутри корпуса размещен основной заряд 10, представляющий собой одноканальную шашку, бронированную по наружной цилиндрической поверхности и опорному торцу. Основной заряд удерживается от осевых перемещений в корпусе опорой 12 с помощью прокладок 9 и 13. Опора 12 ввинчена в крышку 17 и закреплена стопорным кольцом 14. Внутри крышки расположены таблетки 16 и воспламенитель маршевого заряда 15, который представляет собой навеску пороха, помещенную в герметичный корпус из полиэтилентерефталатной пленки. С помощью резьбового колпачка 21 в крышке, закреплен электровоспламенитель замедленного действия 22, который предназначен для поджига воспламенителя маршевого заряда 9Х320. На корпус электровоспламенителя 22 выведены два провода, обеспечивающие элек-

трическую связь с кабелем ракеты.

Подача электрического напряжения на контакты электровоспламенителя вызывает его срабатывание. Форс пламени прожигает корпус воспламенителя маршевого заряда и воспламеняет его. Под действием пороховых газов воспламенителя маршевого заряда воспламеняются таблетки 16. Из полости крышки 17 пороховой газ через отверстия Δ выходит и воспламеняет основной заряд 10. Продукты сгорания основного заряда продавливают винты 4 с заглушками 6 и, истекая через сопловые отверстия вкладышей 5, создают реактивную силу тяги.

Боевая часть тандемного типа кумулятивного действия, предназначена для поражения бронированных целей, в том числе оснащенных динамической защитой, состоит из основного кумулятивного узла и лидирующего, размещенного в отсеке управления.

Лидирующий кумулятивный узел (рис. 3.13, а) предназначен для инициирования динамической защиты танка и состоит из корпуса 1, шашки взрывчатого вещества 2, воронки 3, основания 5, ПИМа 7 и детонатора 8.

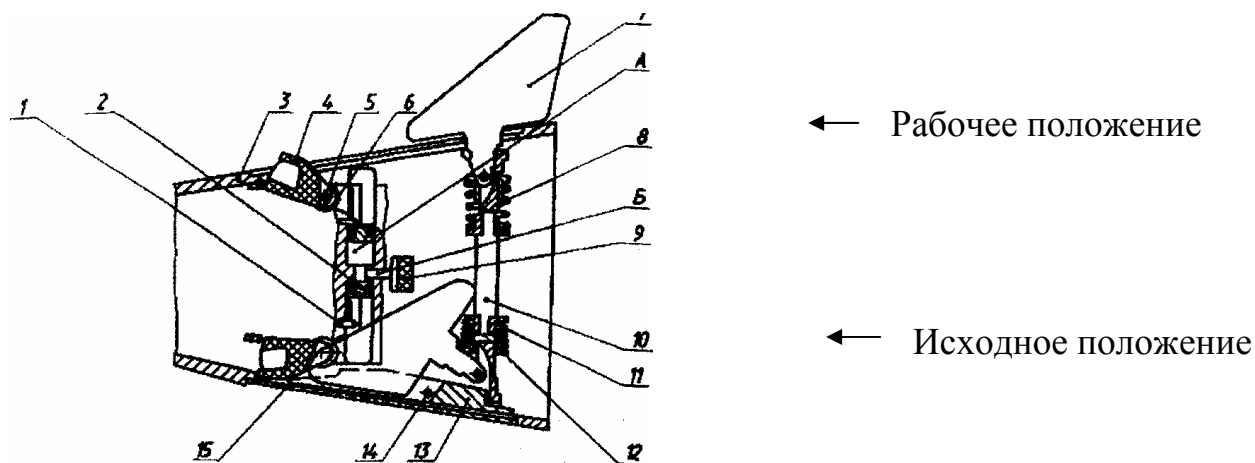


Рис. 3.10. Схема механизма раскрытия рулей и воздухозаборников:

1 - упор; 2 - поршень; 3 - обтекатель; 4 - воздухозаборник; 5 - ось; 6 - пружина; 7-руль; 8 - втулка; 9 - электровоспламенитель; 10 - полуось- 11 - пружина; 12 -ось; 13 - ломик; 14 - штифт; 15 - щиток; А - полость; Б - канал

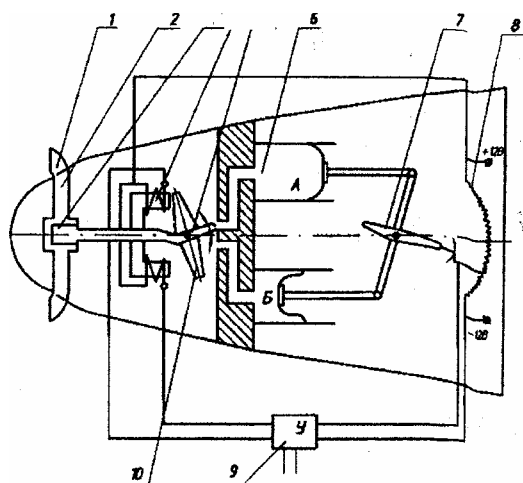


Рис. 3.11 Схема рулевого привода:

1-воздухозаборник; 2 - трубка; 3 - фильтр; 4 - электромагнит- 5 – струйник; 6 - силовой цилиндр; 7 - руль; 8 - потенциометр обратной связи; 9 - усилитель; 10 – якорь.

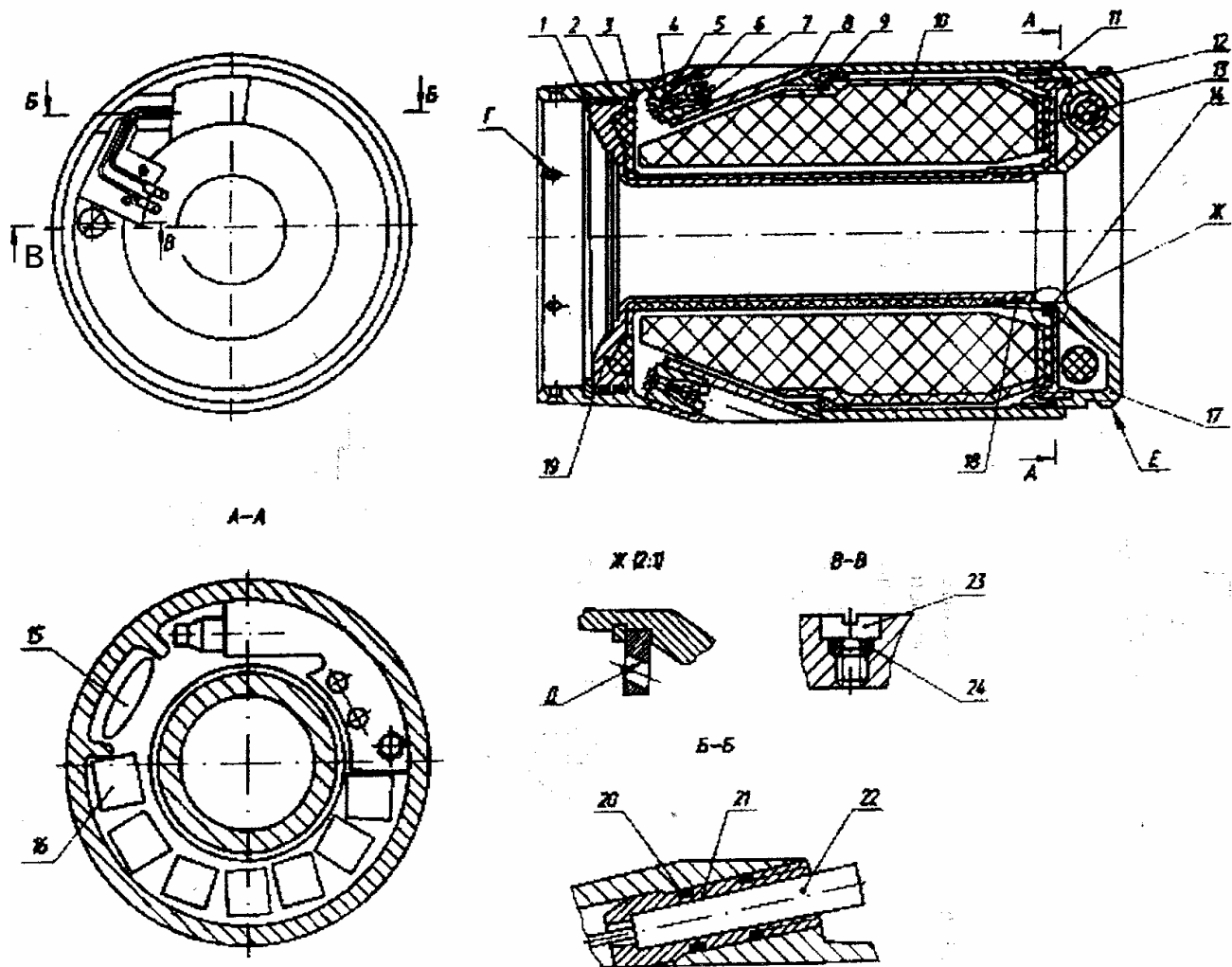


Рис. 3.12 Маршевый двигатель:

1- фиксатор; 2, 7, 11, 18, 20, 24-кольца уплотнительные; 3-корпус; 4, 23-винты; 5-вкладыш; 6-заглушка; 8-бобышка; 9-прокладка; 10-основной заряд; 12-опора; 13-прокладка; 14-стопорное кольцо; 15-воспламенитель заряда 9Х320; 16-таблетка; 17-крышка; 19- крышка с термоизоляцией; 21-колпачок; 22-электровоспламенитель; Г, Д-отверстия; Е-резьба.

ПИМ 9Э94 (рис. 3.14) донный, электромеханический, предохранительно-го типа и мгновенного действия, предназначен для выдачи детонационного импульса, подрывающего лидирующий заряд, и состоит из инерционного замыкателя 5, электровоспламенителя 3, пиротехнического предохранителя и механизма дальнего взведения.

Инерционный замыкатель служит для обеспечения безопасности ПИМа в служебном обращении, включения электровоспламенителя в цепи питания ПИМа при выстреле и размыкания её после окончания действия перегрузок.

Электровоспламенитель служит для воспламенения пиротехнических составов механизма дальнего взведения и механизма пиротехнического предохранителя.

Пиротехнический предохранитель обеспечивает шунтирование электро-детонатора в служебном обращении и состоит из контактов 6, заслонки 2 и

стопора предохранителя 4. Механизм дальнего взведения служит для обеспечения взведения ПИМа на заданном расстоянии от танка и состоит из заслонки 2 стопора предохранителя 4.

Основной кумулятивный узел (рис.3.13, б) предназначен для создания кумулятивной струи и состоит из корпуса 3, заряда взрывчатого вещества 6, воронки 5, линзы 7, изоляционной прокладки 8, дна 9, кабеля 1 с колодками 2 и печатной платой 11, предохранительно-исполнительного механизма 12 и поджимной гайки 4. Воронка имеет форму конуса, изготовлена, из меди. Линза предназначена для формирования фронта детонационной волны с целью усиления кумулятивного эффекта и изготовлена из фенопласта. ПИМ 9Э92 предназначен для подрыва основного заряда, его устройство аналогично устройств ПИМа 9Э94, за исключением того, что он имеет дополнительно механизм самоликвидации.

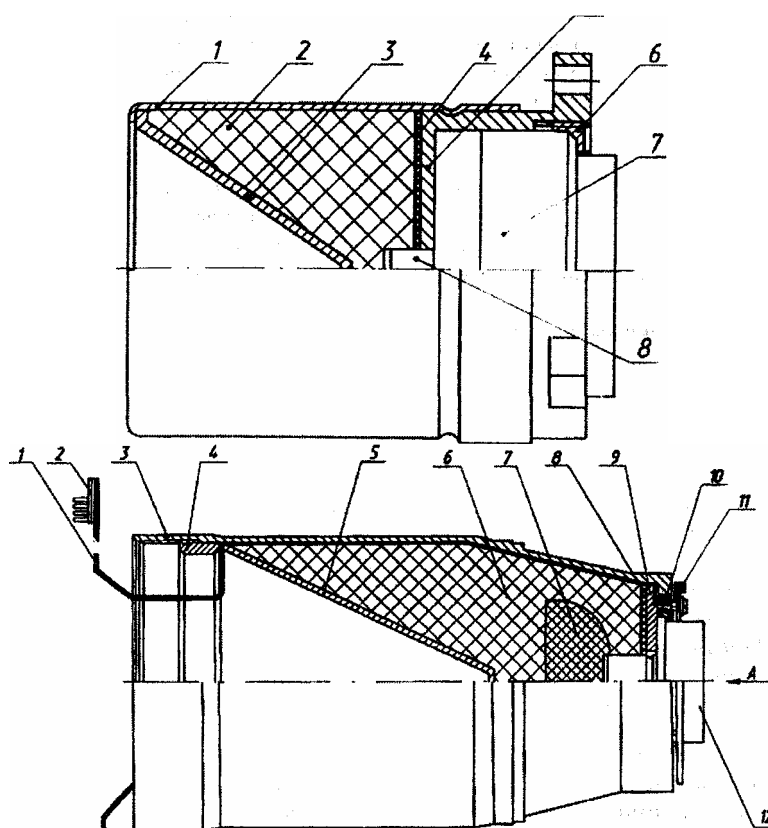


Рис. 3.13. Боевая часть:

а - лидирующий кумулятивный узел: 1 - корпус; 2 - шашка взрывчатого вещества; 3 - воронка; 4 - прокладка; 5 - основание; 6 - гайка; 7 - ПИМ 9Э94; 8- детонатор;

б - основной кумулятивный узел: 1 - кабель; 2 - колодка; 3- корпус; 4 – гайка; 5- воронка; 6 - заряд взрывчатого вещества; 7 - линза; 8- изолятор; 9-дно; 10 - гайка; 11 - плата; 12 - ПИМ 9Э92.

Функционирование ПИМов и БЧ

В служебном обращении безопасность ПИМов обеспечивается тем, что их инерционные замыкатели разомкнуты, а заслонки исключают передачу детонационных импульсов от электродетонаторов. Конденсаторы, предназначен-

ные для накопления энергии, необходимой для срабатывания электродетонаторов, не включены в цепи заряда от бортового источника питания, а сами электродетонаторы зашунтированы. Пружина механизма самоликвидации в ПИМе основного заряда БЧ удерживается стопором.

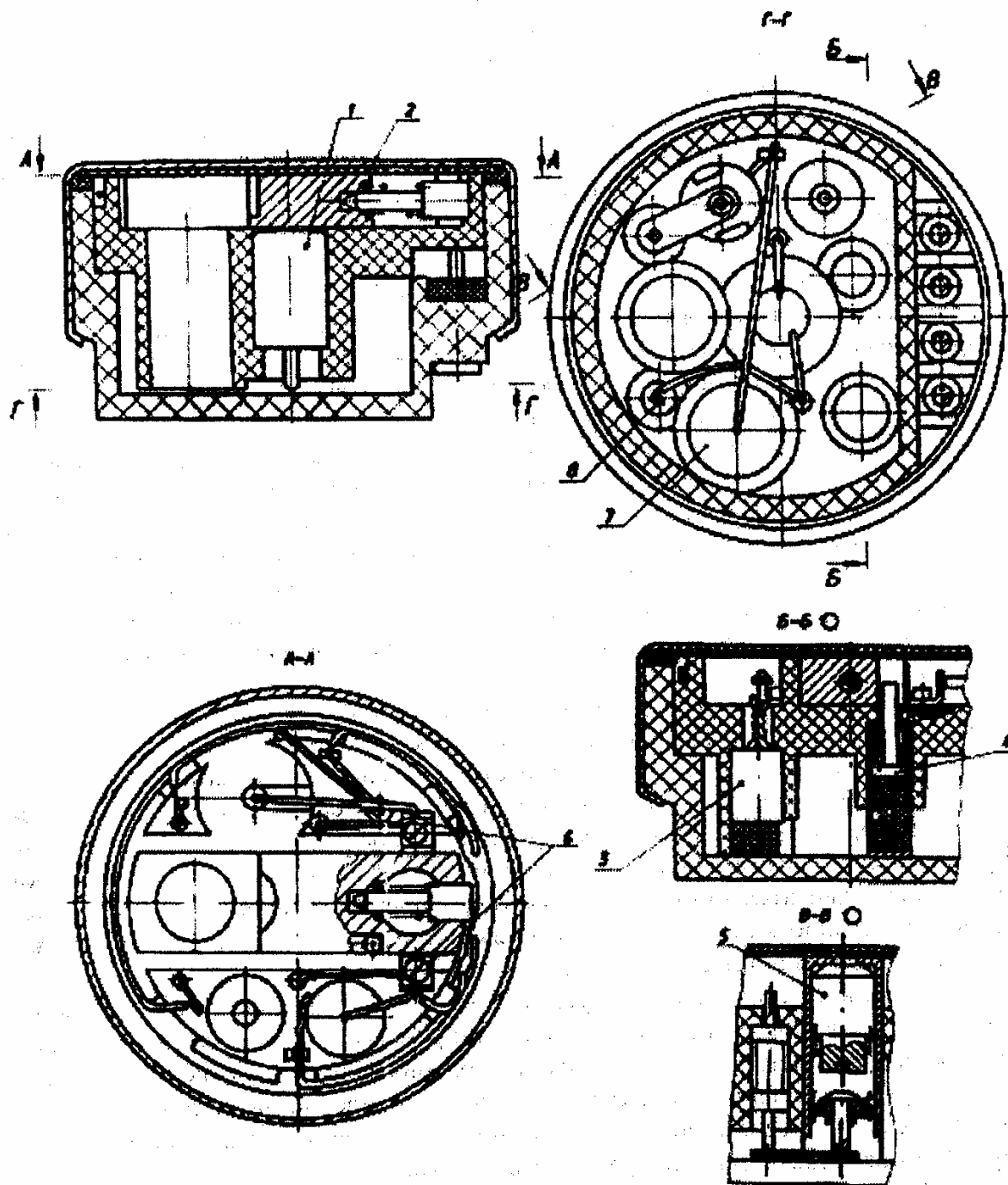


Рис.3.14. ПИМ 9Э94:

1- электродетонатор; 2-заслонка; 3-электровоспламенитель; 4-стопор предохранителя; 5-инерционный замыкатель; 6-контакт; 7-конденсатор; 8-резистор.

При выстреле под действием сил инерции замыкаются инерционные замыкатели ПИМов, от энергии батареи Т-493 срабатывают электровоспламенители и зажигаются пиротехнические составы в предохранителях.

После вылета ракеты из канала ствола пушки и отделения поддона от ра

кеты с батареи Т-493 подается напряжение на конденсаторы, которые заряжаются. После выгорания пиротехнических составов под стопорами предохранителей заслонки перемещаются в боевое положение, при этом снимаются шуты с электродетонаторов. Механизмы взведения ПИМов срабатывают.

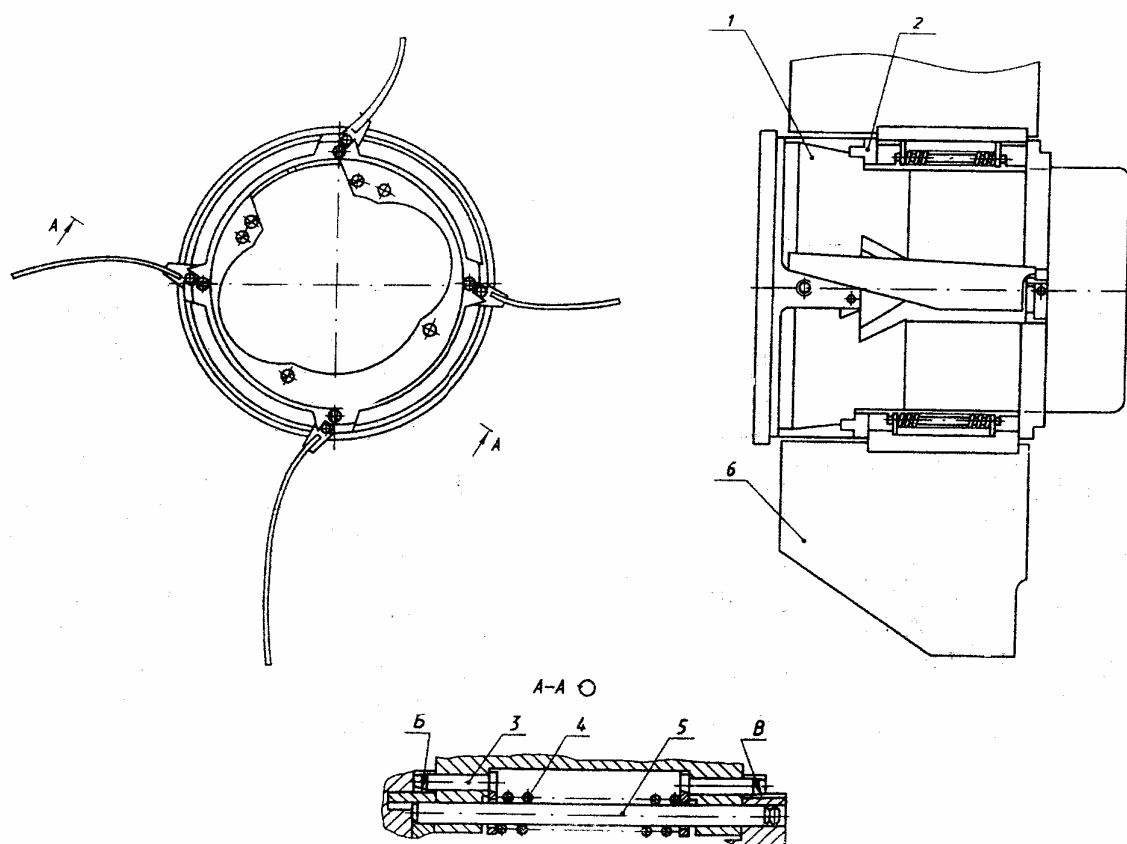


Рис. 3.15. Блок крыльев:

1-корпус; 2-вкладыш; 3-защелка; 4-пружина; 5-ось; 6-консоль крыла;
Б,Б'-пазы.

При встрече ракеты с преградой или при ударе о грунт сминается обтекатель аппаратурного отсека. При этом замыкаются контакты цепи разрядки конденсатора в ПИМе 9Э94 и конденсатор разряжается на электродетонатор, вызывая его срабатывание. От электродетонатора срабатывает детонатор, который инициирует взрывчатое вещество лидирующего заряда. Образовавшаяся кумулятивная струя инициирует элементы динамической защиты танка, вызывая их срабатывание. При сминании обтекателя одновременно замыкается цепь запуска электронной задержки, которая по истечении времени 300 мкс (время полного срабатывания блоков динамической защиты танка) выдает сигнал на подрыв ПИМа 9Э92. После его срабатывания кумулятивная струя основного заряда боевой части пробивает незащищенную броню танка.

При промахе по цели после истечения времени самоликвидации (28 с) в ПИМе 9Э92 после выгорания пиротехнического состава срабатывает пирозамыкатель и конденсатор подключается к электродетонатору, срабатывание которого вызывает детонацию передаточного заряда, что в свою очередь приводит к срабатыванию детонатора огневой цепи ПИМа. Происходит самоликвидация основного заряда боевой части.

Блок крыльев (рис. 3.15) предназначен для создания подъемной силы ракеты на траектории, придания ей необходимой скорости вращения и состоит из корпуса 1 и консолей 6. Раскрытие консолей осуществляется за счет энергии упругой деформации и действия пружин 4. В раскрытом положении консоли фиксируются защелками 3. В момент раскрытия консолей защелки под действием пружин входят в пазы Б на вкладыше 2 и пазы В на корпусе 1 и жестко соединяют консоли с корпусом. В корпусе блока крыльев размещается блок приемника.

Блок приемника (рис. 3.16) включает приемник 2, блок-связи 13, гироскоординатор 11, устройство электронной задержки 1.

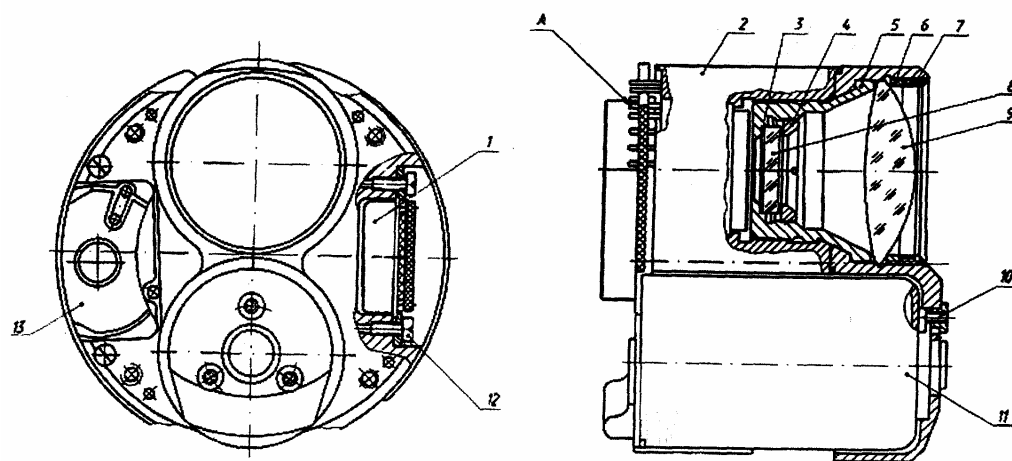


Рис. 3.16. Блок приемника:

1-электронная задержка; 2-приемник; 3-прокладка; 4-резьбовое кольцо; 5- турус; 6-резьбовое кольцо; 7-мембрана; 8-светофильтр; 9-линза; 10-болт; 11-гироскоординатор; 12-винт; 13-блок связи; А-выводы.

Приемник представляет собой шестигранный корпус, в котором расположены фотодиод и объектив, включающий линзу 9 и светофильтр 8. Линза принимает лазерное излучение аппаратуры танка и обеспечивает необходимую направленность этого излучения. Светофильтр ослабляет помехи фона, засветки от солнца и двигателя. Фотодиод служит для преобразования оптического сигнала в электрический. Электрическая связь приемника с составными частями ракеты осуществляется выводами А.

Блок связи состоит из корпуса, в котором размещаются лампа, переключатель ползункового типа, пиротехнический размыкатель и электроплата. Лампа, предназначенная для визуального наблюдения за полетом ракеты, имеет два режима работы: «День» и «Ночь». Переключатель предназначен для включения лампы, электровоспламенителей маршевого двигателя и механизма раскрытия рулей, а также для подачи напряжения на ПИМы лидирующего и основного зарядов БЧ после сброса поддона. Пиротехнический размыкатель служит для включения лампы в режиме «Ночь». Электроплата служит для электрической связи блока приемника с ПИМом основного заряда БЧ и отсеком управления.

Гироскоординатор представляет собой трехступенной свободный гироскоп внешним кардановым подвесом, пиротехническим арретиром и пружинным двигателем раскрутки ротора. Совместно с бортовой аппаратурой управления он предназначен для преобразования команд управления из измеритель-

ной системы координат в исполнительную, связанную с вращающейся ракетой, и для автоматической ориентации опорной системы координат ракеты относительно вертикали в предстартовом положении.

Устройство электронной задержки предназначено для обеспечения срабатывания основного заряда боевой части через 300 ± 30 мкс после срабатывания лидирующего заряда. Данное устройство выполнено по гибридной тонкопленочной технологии на бескорпусных активных элементах, расположенных на ситаловой подложке, что обеспечивает работоспособность в условиях низких температур до минус 50°C и стойкость к заданным факторам ядерного взрыва.

Поддон (см. рис. 3.8) предназначен для защиты элементов ракеты от действия пороховых газов в канале ствола пушки и удержания крыльев в сложенном положении при движении ракеты по каналу ствола. Он представляет собой стальной стакан с запрессованным обтюрирующим пояском 6. На наружной поверхности корпуса поддона имеются выборки K для фиксатора кассеты автомата заряжания танка. В корпус поддона вставлен поршень 22, между поршнем и дном поддона образуется полость $И$, сообщающаяся с заснарядным пространством через дроссельное отверстие E дросселя 17, закрытое заглушкой 18. В дно поддона с помощью стопорного кольца 10 установлены два изолированные контакта 12, электрически связанные с платой 16, которая имеет контактные поверхности $Ж$ для электрической стыковки со штоками блока связи. Для ориентирования поршня относительно штоков блока связи служит штифт 21, который входит в паз на корпусе крыльевого блока. При пуске ракеты через контакты 12 в дне поддона и контактные поверхности $Ж$ на поршне напряжение подается на штоки блока связи. При срабатывании метательного устройства пороховые газы выдавливают резиновую заглушку 18 и, проходя через отверстие E дросселя 17, заполняют полость $И$ (камеру давления). При вылете ракеты из ствола пушки возникает разность давлений в полости $И$ и в заснарядном пространстве. Под действием силы давления газов в полости $И$ поддон смещается назад, срезая винты 23, и сбрасывается вместе с поршнем с ракеты.

Принцип формирования команд управления

Танковая аппаратура управления формирует модулированный частотами f_1, f_2, f_3, f_4 , и f_5 , (см. гл. 2.) луч, поперечное сечение которого представляет собой поле управления ракетой.

В зависимости от положения ракеты в поле управления с выхода фотоприемного устройства формируются видеоимпульсы информационных частот: f_1 - при нахождении ракеты справа от центра поля управления, f_2 - слева, f_3 - сверху, f_4 - внизу.

Кроме того, с выхода фотоприемного устройства постоянно формируются пульсы частотой f_5 , необходимые для нормирования сигнала по мощности.

При удалении ракеты от центра поля управления длительность импульсов информационных частот увеличивается, а частоты f_5 уменьшается. По мере приближения ракеты к центру поля управления длительность импульсов и информационных частот уменьшается, а частоты f_5 увеличивается.

Сигнал с усилителя-ограничителя приемника поступает на вход аппаратуры выделения координат, которая с помощью полосовых фильтров, настро-

енных на частоты f_3 и f_4 , осуществляется выделение последовательности импульсов, длительность которых пропорциональна координате y ракеты относительно центра поля управления, а с помощью полосовых фильтров, настроенных на частоты f_1 и f_2 , осуществляется выделение последовательности импульсов, длительность которых пропорциональна координате z ракеты относительно центра поля управления. Напряжения, соответствующие координатам y и z , прступают на корректирующий фильтр, который совместно с гирокоординатором преобразует сигналы из неподвижной системы координат в подвижную, связанную с ракетой, и суммирует в один сигнал, который поступает на усилитель рулевого привода, где усиливается по мощности и с помощью рулевого привода преобразуется в угловое отклонение рулей. Ракета, отрабатывая углы отклонения рулей, смещается к центру поля управления.

Циклограмма работы выстрела

При нажатии на кнопку стрельбы срабатывает ударник спускового механизма пушки, воздействующий на боек, который ударяет по толкателю индукторной втулки

Кроме того, через ударник и боек спускового механизма пушки осуществляется электрический контакт с индукторной втулкой, через который на ракету с танковой аппаратуры подается напряжение 27 В для переключения лампы в режим «Ночь» (рис. 3.17). При ударе бойка по толкателю индукторной втулки в обмотках L1 и L2 индуктора создаются напряжения, которые поступают на электровоспламенитель бортовой батареи ЭВББ и электровоспламенитель метательного устройства.

При срабатывании ЭВББ поджигаются пиронагреватели батареи. Тепло, выделяемое из пиронагревателей, разогревает электролит электрических элементов (приводит их в действие), и на выводах батареи за время менее 1 с появляются напряжения +12В и -12В, поступающие на гирокоординатор, ПИМ лидирующего заряда БЧ и бортовую аппаратуру управления.

Напряжение -12 В от батареи поступает на пиротехнический толкатель гирокоординатора, который освобождает ротор, после чего пружины за время не превышающее 0,3 с, раскручивают его, и рамки гирокоординатора разарретуются.

Через время t_4 после срабатывания ударника спускового механизма пушки от форса пламени электровоспламенителя замедленного действия метательного устройства срабатывает метательный заряд 9Х948.

При выстреле под действием сил инерции в ПИМе 9Э92 после срабатывания электровоспламенителя взводятся механизм дальнего взведения и механизм самоликвидации. Одновременно снимается шунт и замыкается электрическая цепь заряда конденсатора С на бортовую батарею.

Через время t_7 после выхода ракеты из канала ствола происходит сброс поддона, при этом замыкаются три контактные группы. В результате контрольная точка приемника закорачивается на корпус во избежание наведения шумов на его входе, подается напряжение на лампу, на электровоспламенители маршевого двигателя и механизма раскрытия: рулей и напряжение на заряд конденсаторов ПИМов.

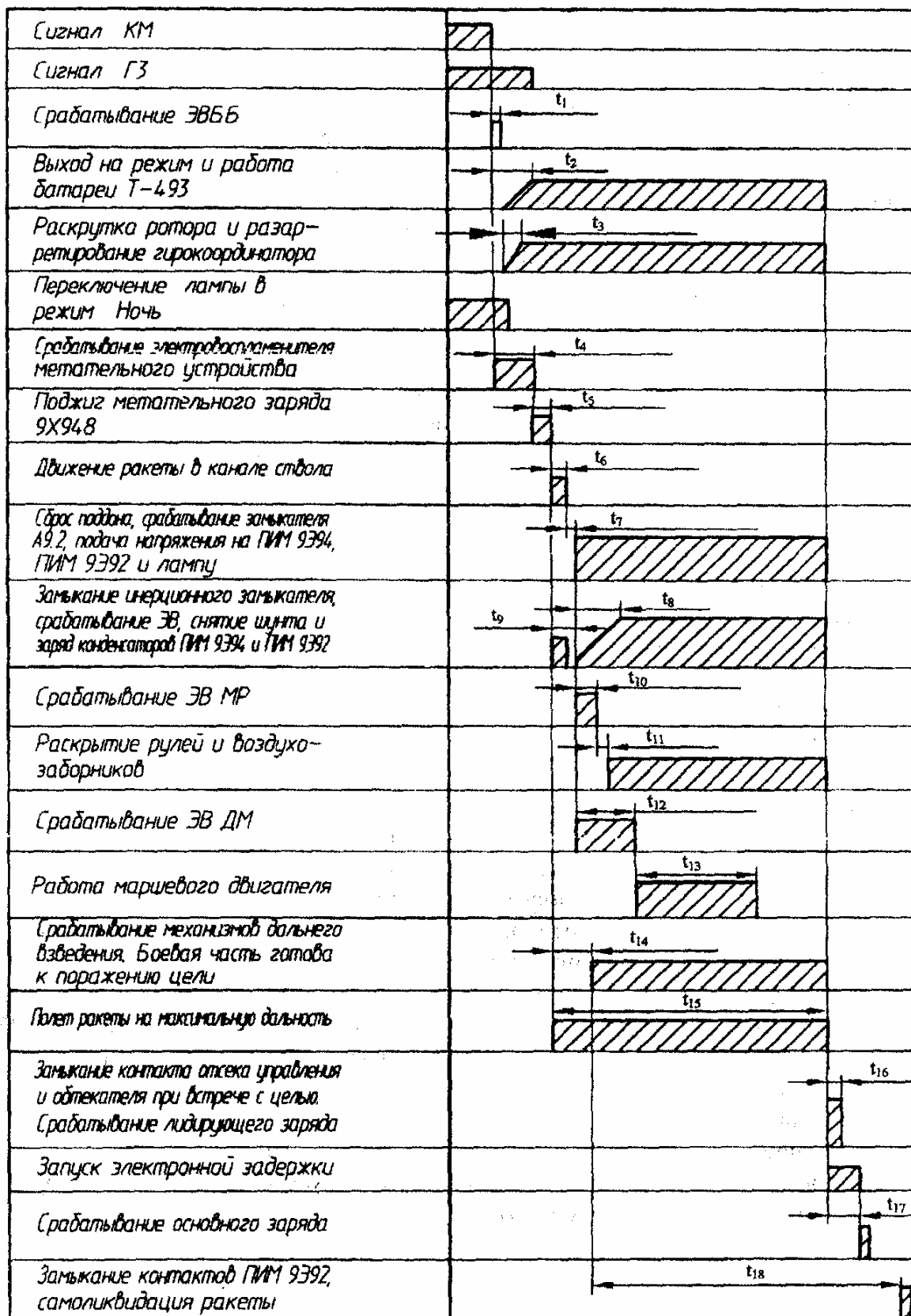


Рис. 3.17. Циклограмма работы выстрела ЗУБК20

При включении тумблера «Н» («Ночь») с танковой аппаратуры подается напряжение 27 В для срабатывания пиротехнического размыкателя блока связи. Пиротехнический размыкатель срабатывает, подключая параллельно соединенные резисторы. При этом ток, идущий через лампу, уменьшается и соответ-

ственно уменьшается яркость лампы.

Через время t_{10} после подачи напряжения на электровоспламенитель механизма раскрытия рулей происходит срабатывание механизма раскрытия, рули и воздухозаборники приходят в рабочее положение.

Через время t_{12} после подачи напряжения на электровоспламенитель замедленного действия маршевого двигателя, он срабатывает и воспламеняет маршевый заряд. Газы, истекая через сопловые отверстия, создают реактивную тягу, движущую ракету.

После выгорания пиротехнического состава механизма дальнего взведения щиток, разделяющий электродетонатор и передаточный заряд, под действием пружины перемещается в боевое положение и открывает доступ для подачи пиротехнического импульса от электродетонатора на основной детонатор ПИМа 9Э92. Боевая часть готова к поражению цели. После выгорания пиротехнического состава под стопором предохранителя заслонка перемещается в боевое положение, снимая шунт с электродетонатора ПИМ 9Э94. Лидирующий заряд БЧ готов к боевому применению.

При встрече ракеты с целью обтекатель, сминаясь, замыкает контакт подключения конденсатора, который разряжается на электродетонатор ПИМ 9Э94. Электродетонатор срабатывает и подрывает лидирующий заряд боевой части. Одновременно подается сигнал на запуск электронной задержки, обеспечивающей срабатывание основного заряда боевой части.

В случае промаха по цели и незамыкания обтекателя на контакт отсека управления основной заряд боевой части через время t_{18} самоликвидируется разрушая ракету на безопасные части.

3.3. Зарубежные аналоги российских комплексов управляемого вооружения танков

Явные преимущества КУВ российской бронетанковой техники побудили зарубежные фирмы приступить к созданию конкурентоспособных аналогов. При этом фирмы, разрабатывающие КУВ с полуавтоматическим наведением по лазерному лучу, пошли практически по пути копирования технических решений, заложенных в управляемых артиллерийских выстрелах типа ЗУБК-10М и ЗУБК20М. Примером этому может служить 105-мм выстрел с управляемой ракетой SPEAR (фирма Diehl). Ряд фирм приступили к разработке КУВ для танков с самонаводящимися ракетами, причем предлагаются различные типы головок самонаведения от лазерных полуактивных до комбинированных трехдиапазонных (полуактивный лазерный + ИК - тепловизионный + миллиметровый радиолокационный).

3.3.1. Управляемая ракета SPEAR

В основе принципа наведения ракеты SPEAR лежит полуавтоматическое наведение по лучу лазера. Сюда входит формирование лазерного окна наведения, содержащего данные об относительном положении цели. Ракета снабжена приемником лазерного сигнала, расположенным в ее хвостовой части, фиксирующим отклонение ракеты от средней линии окна и, следовательно, линии

прицеливания. Приемник автоматически выдает команды корректировки, выводящие ракету на линию прицеливания.

В состав аппаратуры наведения ракеты SPEAR входит прицел наводчика или командира, объединенный с лазерным прибором наведения. Благодаря объективу с переменным фокусным расстоянием размер окна наведения в любой точке траектории полета ракеты остается постоянным (приблизительно 4 м в диаметре), обеспечивая тем самым фактически постоянную точность попадания в цель на всей дальности стрельбы.

Иногда во избежание отражений лазерного луча от земной поверхности и снижения вероятности обнаружения целью облучения лазерным лучом возможен режим полета с превышением над линией прицеливания.

Описание комплекса

Управляемый ракетный комплекс для стрельбы из 105-мм пушки содержит боекомплект 105-мм управляемых ракет SPEAR, аппаратуру наведения и тренажер для обучения наводчика.

В комплект управляемых боеприпасов могут входить кумулятивная противотанковая, осколочно-фугасная и практическая ракеты.

Размещенный на боевой машине тренажер позволяет проводить обучение экипажа без дополнительных затрат.

Лазерный прибор наведения

Лазерный прибор наведения включает следующие основные компоненты и блоки: лазер, модулятор, систему охлаждения, блок электроники, объектив с переменным фокусным расстоянием, источник питания.

Модулированный лазерный луч попадает в прицел через специальную оптическую систему типа полупроницаемого зеркала. Посредством стекловолоконного волновода можно отделить источник лазерного излучения от прицела.

Выстрел SPEAR

Выстрел представляет собой ракету SPEAR, помещенную в гильзу, в которой находится небольшой метательный заряд (рис. 3.18). Он полностью совместим с принятым на вооружение штатным выстрелом, применяемым в 105-мм пушке L7A3. Поскольку ракета SPEAR выстреливается с помощью сравнительно небольшого метательного заряда, удаление продуктов сгорания обеспечивается капсулой с CO_2 , помещенной в гильзу. Масса выстрела составляет 25 кг.

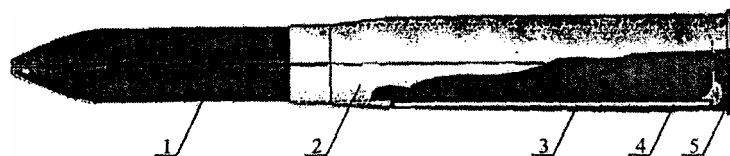


Рис. 3.18.105-мм выстрел SPEAR:

1 - ракета SPEAR; 2 - гильза; 3 - капсула CO_2 для удаления продуктов сгорания; 4 - метательный заряд, 5 — воспламенитель.

Ракета SPEAR

Ракета SPEAR выстреливается из пушки и вращается в полете. Аэродинамическое управление осуществляется за счет одноканального воздушно-динамического рулевого привода, работающего от набегающего потока воздуха. Ракета выполнена по аэродинамической схеме "утка" и может снаряжаться как кумулятивной, так и осколочно-фугасной БЧ.

Ракета SPEAR с кумулятивной БЧ (рис. 3.19) имеет следующие основные узлы:

- блок рулевого привода, размещенный в передней части ракеты;
- БЧ с лидирующим и основным кумулятивными зарядами, контактным взрывателем и предохранительно-исполнительным механизмом;
- маршевый ракетный двигатель с соплами, размещенными на его боковой поверхности, снаряженный двухосновным ракетным топливом с малым дымообразованием;
- блок наведения, размещенный в хвостовой части ракеты, в состав которого входят; оптический приемник, гироскоп, датчик перегрузок, источник питания (термобатарея).

Взведение взрывателя происходит на расстоянии около 50 м после вылета ракеты из ствола пушки, когда раскроются крылья, рули и включится маршевый РДТТ. Данная ракета аналогична российской ракете 9М117М.

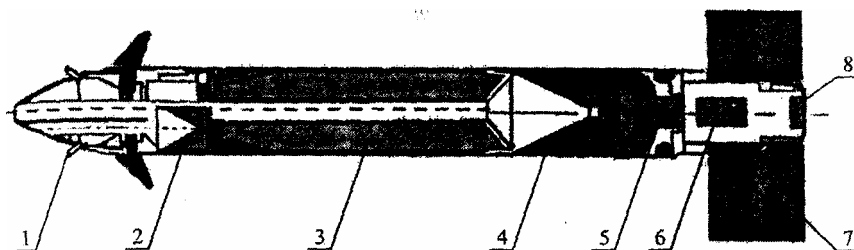


Рис. 3.19. 105-мм ракета SPEAR с кумулятивной БЧ:

1 - блок рулевого привода; 2 - лидирующий заряд; 3 - маршевый двигатель; 4 - основной кумулятивный заряд; 5 - ПИМ; 6 - блок наведения; 7 - складывающиеся крылья; 8 - приемник излучения.

Ракета SPEAR с осколочно-фугасной БЧ предлагается в трех вариантах, которые различаются типом и соответственно назначением БЧ. При этом массогабаритные и баллистические характеристики ракет аналогичны характеристикам ракеты с кумулятивной БЧ. В ракете осколочно-фугасная БЧ установлена за блоком рулевого привода перед маршевым двигателем.

БЧ 1-го типа предназначена для поражения легко бронированных целей и боевых вертолетов. Она содержит готовые тяжелые фрагменты (осколки) сферической формы, выполненные из вольфрама и установленные на передней сферической поверхности заряда ВВ. При инициировании БЧ осколки выбрасываются вперед в конусе с углом 60° . Такая БЧ способна пробить более 20 мм гомогенной брони.

БЧ 2-го типа предназначена в основном для поражения воздушных целей и позиций управляемых ракет. Она обеспечивает значительную площадь

поражения. Пространство между оживальной частью корпуса и зарядом ВВ заполнено большим количеством готовых осколков сферической формы диаметром 2-5 мм, выбрасываемых вперед. Кроме того, по цилиндрической поверхности заряда ВВ установлены готовые вольфрамовые осколки пластинчатой формы. Эта БЧ эффективна также против легких боевых машин с толщиной брони 2-3мм.

БЧ 3-го типа обладает высокой пробивной способностью. Она пробивает кирпичную стену толщиной не менее 0.5 м и полевые фортификационные сооружения (слой почвы не менее 1м). БЧ имеет усиленный стальной корпус, который при инициировании БЧ разрывается на осколки различного размера. Для того чтобы осколочно-фугасная БЧ обеспечила максимальный разрушительный эффект, необходимо произвести подрыв заряда БЧ на оптимальном расстоянии от цели. Для реализации этого используется лазерный дальномер.

Основные характеристики ракеты

Номинальная дальность ракеты SPEAR составляет 4000 м. Маршевый двигатель заканчивает свою работу на этой дальности. Дальнейший режим планирующего полета позволяет увеличить эффективную дальность до 5000 м, при этом незначительно снижается вероятность попадания ракеты в цель.

Минимальная дальность стрельбы -100 м.

Начальная скорость ракеты при вылете из ствола составляет 400 м/с.

Средняя скорость полета- 390 м/с.

Время полета ракеты на дальности 2000 м - 5,1с, 3000 м - 7,7 с, 4000 м - 10,2 с.

Бронепробитие тандемной кумулятивной БЧ ракеты SPEAR достаточно для разрушения реактивной и основной брони танка Т-72М1.

Точность попадания характеризуется радиальным отклонением, равным 0,7 м с вероятностью 0,95 независимо от дальности стрельбы в пределах 4000м.

Ошибки смещения, случающиеся по причине коллимации и погрешностей прицеливания, не превышают 0,2 м на дальности 4000 м для неподвижных целей и 0,9 м на дальности 4000 м для движущихся целей.

3.4. Зарубежные танковые ракеты с системами самонаведения

3.4.1. ПТУР ЛАНАТ

Отделение MBT фирмы Israel Aircraft Industries (IAI) разрабатывает комплекс управляемого вооружения ЛАНАТ (Laser Homing Anti-Tank - противотанковый с лазерным самонаведением) с ПТУР, оснащенной полуактивной лазерной ГСН. Стрельба ПТУР ЛАНАТ может осуществляться как из нарезных, так и из гладкоствольных танковых пушек (рис. 3.20).

Основные тактико-технические характеристики комплекса ЛАНАТ

Максимальная дальность стрельбы, м 6000

Тип системы наведения полуактивное самонаведение по отраженному лазерному лучу

Масса 105-мм выстрела, кг20

Поражаемые цели.....все известные танки
 Вероятность попадания в цель на всех
 дальностях (точность попадания), %..... 98
 Тип пушкинарезная, гладкоствольная
 Стоимость размещения комплекса управляемого
 вооружения ЛАНАТ на танке M1A1 /A2 Abrams
 (оценка), тыс-долл.....100 (в ценах 1998г.)

Предполагаемые носители КУВ ЛАНАТ:

- 105-мм выстрелатанки Leopard 1 (Германия), M60 (США),
 Merkava Mk1 / Mk2 (Израиль);
 - 120-мм выстрела.....танки M1A1/A2 Abrams (США), Chal-
 lenger (Великобритания), Leopard 2 (Германия), Leclerc (Франция), Merkava
 Mk3 (Израиль).

Ракета

Калибр, мм.....	105
Длина, мм	1100
Максимальная дальность стрельбы, м	6000
Начальная скорость, м/с	300
Дальность полета ракеты с работающим двигателем, м.....	4500
Система наведения.....	полуактивная лазерная ГСН
Угол подхода к цели относительно горизонта, град	35-40
ТипБЧ.....	тандемная кумулятивная
Бронепробитие (броня гомогенная) за ДЗ, мм	800
Оценочная стоимость ПТУР, тыс. долл.....	около 20

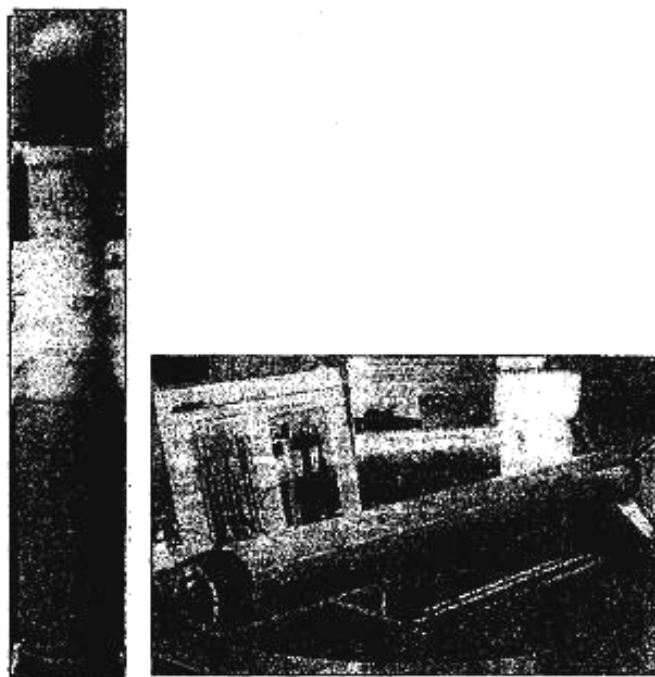


Рис. 3.20 120-мм выстрел (а) с 105-мм управляемой ракетой ЛАНАТ (б)

Лазерный целеуказатель

Дальность целеуказания, м	100000
Расходимость луча, мрад.	.0,15
Частота следования импульсов целеуказания, импульс/с.	20
Длина волны, мкм..	1,06
Время подсветки цели (последние секунды полета ПТУР), с.	8

Прицел

Дальность обнаружения цели, м	10000
Увеличение, кратность	10
Поле зрения, град.	7
Стрельба ночью..	.обеспечивается.
Начало разработки комплекса, год	1992

Основные конструкторские решения, заложенные в комплексе ЛАНАТ

Комплекс ЛАНАТ предназначен для поражения бронетанковой техники, зависших и медленно летящих вертолетов противника и содержит:

- выстрел с управляемой ракетой ЛАНАТ;
- лазерный целеуказатель;
- прицел.

Выстрел (рис. 3.21) включает гильзу 7, в которой размещен метательный заряд 8 и установлена 105-мм ракета ЛАНАТ, которая комплектуется из полуактивной лазерной ГСН 1, электронного блока 3, лидирующего 2 и основного 4 зарядов БЧ, маршевого РДТТ 5 и рулей-стабилизаторов 6.

Тандемная кумулятивная БЧ предназначена для поражения бронетанковой техники, оснащенной реактивной броней. Для обеспечения более высокой эффективности поражения цели ракета имеет угол подхода к поражаемому объекту 30 - 45°.

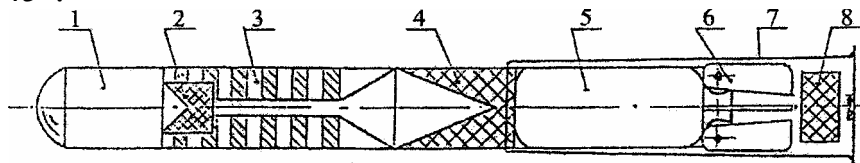


Рис. 3.21. Схема компоновки 105-мм выстрела с управляемой ракетой ЛАНАТ:

1 - полуактивная лазерная ГСН; 2 - лидирующий кумулятивный заряд; 3 - электронный блок; 4 - основной кумулятивный заряд; 5 - маршевый РДТТ; 6 - рули-стабилизаторы; 7- гильза; 8 - метательный заряд.

Фирма IAI характеризует ракету ЛАНАТ как оружие, поражающее цель с одного выстрела. Дальность действия ПТУР ЛАНАТ, по заявлению представителей фирмы IAI, в настоящее время уточняется, однако уже сейчас известно, что максимальная дальность (6000 м) ограничена только дальностью действия

танкового прицела, а не двигателем ракеты. Сообщается, что ракета ЛАНАТ может применяться как в дневное, так и в ночное время суток.

ПТУР ЛАНАТ будет применяться в комплексе с лазерным целеуказателем, установленным на том же носителе (танке). Наряду с этим предусмотрен режим с захватом цели полуактивной лазерной ГСН ракеты после ее запуска, когда целеуказание осуществляется с другого носителя.

ПТУР ЛАНАТ имеет стабилизированную полуактивную лазерную ГСН на кардановом подвесе, с помощью которой она наводится на цель методом пропорционального сближения.

Предполагается для 105-мм и 120-мм выстрелов использовать одинаковые ПТУР калибром 105 мм. Для стрельбы 105-мм ракетой из 120-мм танковой пушки на ракете установлены переходные пластиковые кольца.

Работа системы

Ракета ЛАНАТ заряжается в пушку как обычный артиллерийский боеприпас. Через ударник в ракету вводятся исходные данные, после чего она выстреливается. При выстреле под действием метательного заряда ракета вылетает из ствола пушки со скоростью 300 м/с, при этом демаскирующие факторы (пламя, дым и звук) незначительны. После вылета ПТУР из ствола раскрываются четыре хвостовых стабилизатора - руля управления и включается маршевый двигатель, который разгоняет ракету и работает на первых 4,5 км полета.

Для поражения цели ракетой ЛАНАТ не требуется постоянной подсветки цели. Цель подсвечивается лазером только на конечном участке траектории в последние 8 с полета с частотой 20 Гц и длиной волны 1,06 мкм.

На среднем участке полета ракета летит по навесной траектории. На конечном участке траектории ПТУР ЛАНАТ пикирует на цель под углом 30 - 45°, что позволяет поразить бронированный объект в тонкую верхнюю броню, чего нет у ПТУР, наводимых в луче лазера. Для поражения таких целей, как вертолет, где пикирование на конечном участке траектории неприемлемо, предусмотрены режим полета ракеты по линии визирования и прямая атака цели.

ПТУР ЛАНАТ имеет вероятность попадания в цель на всех дальностях, равную 0,98.

Рынок комплекса ЛАНАТ

По мнению представителей фирмы IAI, запускаемая из ствола пушки ракета ЛАНАТ, является для многих стран оптимальным, удовлетворяющим критерию "эффективность-стоимость", средством для модернизации арсенала их вооружений, особенно со 105-мм танковыми пушками, которые на поле боя быстро подавляются противником.

Официальный представитель фирмы IAI заявил, что в настоящее время существует довольно большой рынок пушек калибра 105 мм и эта ракета может повысить их боевую эффективность до требуемого уровня. В то же время ПТУР ЛАНАТ позволит увеличить также дальность стрельбы и боевую эффективность 120-мм танковых пушек.

Однако управляемые ракеты ЛАНАТ не заменят развернутые в настоящее время в войсках бронебойные снаряды с урановым сердечником, которые в ходе войны в Персидском заливе в 1991г. показали свою высокую эффектив-

ность, за что были названы "серебряными пулями". Ракеты ЛАНАТ также полностью не заменят находящиеся на вооружении бронбойные подкалиберные с отделяющимся поддоном (APFSDS-T) снаряды, стоимость которых примерно на порядок меньше. Так, оценочная стоимость одной ПТУР ЛАНАТ составляет 20000 долл., в то время как стоимость современных 105- и 120-мм бронбойных боеприпасов составляет от 1433 долл. (105-мм боеприпас M900A1, оценочная стоимость) до 3838 долл. (120-мм боеприпас M829, контрактная стоимость). Однако несомненным преимуществом дорогого выстрела ЛАНАТ является возможность поражения цели на больших дальностях. Стоимость установки комплекса ЛАНАТ на танк Abrams еще не определена, но оценивается на уровне 100 тыс.долл.

3.4.2. Танковый управляемый снаряд Excalibur фирмы IMI (Израиль)

Израильская фирма IMI (Israel Military Industries) разрабатывает новый противотанковый снаряд Excalibur ("Эскалибур" - меч короля Артура), выстреливаемый из танковой пушки, по принципу "выстрелил - забыл" и поражающий цель в верхнюю проекцию (рис. 3.22).

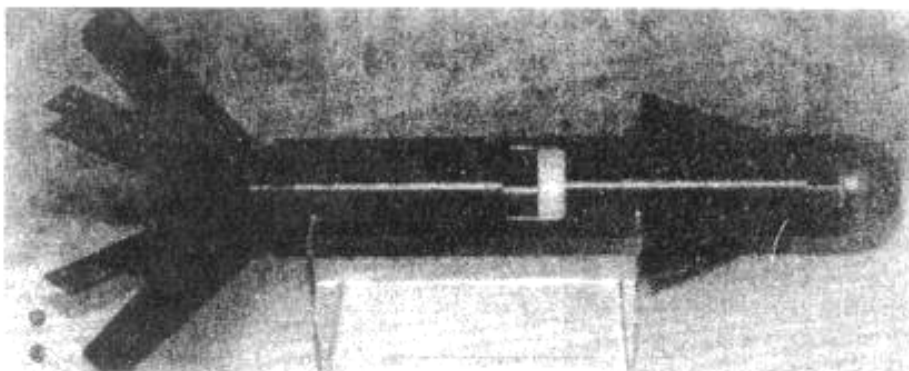


Рис. 3.22. Модель танкового управляемого снаряда Excalibur фирмы IMI

Снаряд Excalibur предназначен для поражения бронетанковой техники на большей дальности по сравнению с дальностью действия обычных штатных танковых снарядов, даже если цель не находится в прямой видимости. Разработка снаряда была начата фирмой IMI на собственные средства в начале 90-х годов. Исследования, проведенные фирмой, показали, что уровень защиты лобовой брони основных боевых танков постоянно повышается и нет гарантии что штатные снаряды кинетического действия, выстреливаемые из пушки танка, смогут пробить броню и уничтожить цель.

В настоящее время фирма IMI разрабатывает два варианта снаряда Excalibur: калибра 105 и 120 мм. При этом основное внимание сосредоточено на разработке 105-мм снаряда, так как основу израильского танкового парка составляют танки, оснащенные 105-мм пушками.

Описание снаряда

Танковый управляемый снаряд Excalibur содержит следующие основные компоненты:

- тепловую ГСН израильской разработки, расположенную в головной части снаряда, которая захватывает цель и осуществляет самонаведение

снаряда;

- бортовой компьютер, обеспечивающий работу всех систем снаряда;
- термобатарею;
- четыре аэродинамических руля управления, установленные в передней части корпуса снаряда, связанные с рулевым приводом;
- тандемную кумулятивную БЧ, способную поражать танки, оснащенные динамической защитой;
- маршевый РДТТ;
- шесть аэродинамических складных консолей крыльев, расположенных в хвостовой части снаряда.

После выхода из ствола танковой пушки снаряд Excalibur резко набирает высоту, после чего осуществляет пикирование на цель сверху в верхнюю наиболее уязвимую часть бронированной машины.

Специалисты фирмы IMI утверждают, что снаряд Excalibur, оснащенный ГСН, имеет определенные преимущества по сравнению с танковыми управляемыми снарядами с лазерным наведением так как он относится к оружию типа "выстрелил - забыл". После производства выстрела наводчик может приступить к поражению следующей цели.

По заявлению фирмы IMI, применение снаряда Excalibur позволит повысить выживаемость израильских танков в боевых условиях, так как этим снарядом можно поражать цели противника на значительно большей дальности по сравнению с применяемыми в настоящее время штатными танковыми снарядами. Применение снаряда Excalibur требует лишь незначительных доработок в СУО танка, при этом боеукладка и система подачи снарядов в танковую пушку остаются без изменений.

3.4.3. Управляемая ракета XM 1007 TERM

Управляемая ракета XM 1007 TERM (Tank Extended Range Munition - танковый боеприпас увеличенной дальности) выстреливаемая из танковой пушки калибра 120 мм предназначена для точного поражения бронированных Целей на дальности до 8-10 км. Комплексом предполагается оснастить в первую очередь танки M1A1/A2 Abrams.

В середине 1997г. центр НИОКР систем вооружений СВ США ARDEC (Armament Research, Development and Engineering Center) запросил от потенциальных поставщиков вооружений предложения о возможности создания танкового КУВ, который позволил бы в будущем из 120-мм пушки танка M1 Abrams точно поражать бронетанковую технику на дальности до 8-10 км. При этом танковая пушка должна оставаться эффективной и на ближней дальности (до 31 км). Центр ARDEC запросил также у исследовательских организаций и промышленных фирм информацию об ИК, лазерных, радиолокационных, электрооптических, акустических и магнитных датчиках к ГСН.

Предполагается, что УР TERM по настильной траектории будет поражать цели, находящиеся на дальности до 6 км, а по навесной - находящиеся на дальности до 8-10 км. При стрельбе с закрытых позиций должно быть обеспечено целеуказание от вспомогательных дозорно-разведывательных машин, вертолетов или других средств.

УР TERM должны быть совместимы с пушкой М 256 и боеукладкой танка M1A1/A2 Abrams, который в ближайшее время будет модернизирован по программе System Enhancement Program (Программа усовершенствования системы).

При использовании УР TERM действия наводчика танка не будут отличаться от его обычных действий при использовании штатных снарядов. Не предполагается никаких изменений в системе заряжания и размещения боеукладки существующих танков Abrams. Возможны только ограниченные изменения в СУО и некоторых подсистемах. Дополнительной подготовки экипаж также не потребуются.

После запираания затвора УР TERM программируется через цифровую линию связи, проходящую через ударник затвора. СУО танка может использовать данные целеуказания передового наблюдателя и вводить их в УР, пока он находится в стволе пушки.

СУО танка M1A2 Abrams имеет достаточно высокую вычислительную мощность, позволяющую производить одновременно и обработку цифровых карт местности и баллистические вычисления траектории полета УР TERM, не прибегая к использованию вспомогательных систем обработки-данных типа AFATDS (Advanced Field Artillery Tactical Data System усовершенствованная система обработки тактических данных полевой артиллерии). После пуска УР, будет лететь в район цели по заранее рассчитанной траектории. Захват цели системой самонаведения должен быть осуществлен на дальностях 500 - 5000 м до цели.

УР должна иметь достаточные значения точности и бронепробития для поражения перспективных бронированных целей, в том числе оснащенных системами активной защиты, а также вертолетов. УР TERM должна поражать как движущиеся, так и стационарные цели.

Стоимость боеприпаса, как ожидается, будет от 20 000 до 30 000 долл.

Командование СВ США выдвигало требования, чтобы при использовании УР TERM время между обнаружением цели и ее поражением не превышало бы 80-90 с. Это обеспечит танкам время реакции, необходимое для успешного поражения движущихся целей без обращения к артиллерийской поддержке. При использовании полуактивной лазерной ГСН включение режима целеуказания позволит вертолетам и другим носителям ЛЦД "выделить" наведенную цель непосредственно перед ударом.

Технические решения, заложенные в УР TERM

УР TERM разрабатывается на конкурсной основе фирмами Raytheon и Ailiant Techsystems. К настоящему времени каждая фирма представила свой вариант УР, отличающийся внутренней компоновкой, системой наведения и способом поражения цели. Фирма Boeing, также представившая свой вариант УР, выбыла из программы после предварительной оценки вариантов.

УР TERM фирмы Raytheon (рис.3.23), разрабатываемая совместно с фирмой PRIMEX Technologies, состоит из следующих основных частей:

- комбинированной трехрежимной ГСН (полуактивная лазерная ИК - тепловизионная радиолокационная в миллиметровом диапазоне длин волн)

фирмы Raytheon, которая расположена в носовой части снаряда. В ГСН используются неохлаждаемые ИК-детекторы, применяемые в ГСН ПТУР Javelin;

- четырех рулей управления с приводом, расположенных в передней части снаряда;

- электронного блока;

- тандемной кумулятивной БЧ.

- РДТТ;

- хвостового блока с четырьмя раскрывающимися консолями крыльев.

УР TERM фирмы Raytheon имеет дозвуковую скорость полета и летит к цели по навесной траектории. Наведение на цель осуществляется либо автономно, используя ИК или РЛ режимы ГСН, либо по отраженному лазерному лучу. Подсветка цели производится лазерным целеуказателем, размещенным на мобильном носителе или ДПЛА. При стрельбе по удаленным целям УР может получать их координаты от ДПЛА или глобальной Спутниковой системы навигации для коррекции траектории полета. Захват цели ГСН может осуществляться после выхода УР из канала ствола. После этого наводчик может немедленно приступить к поиску другой цели.

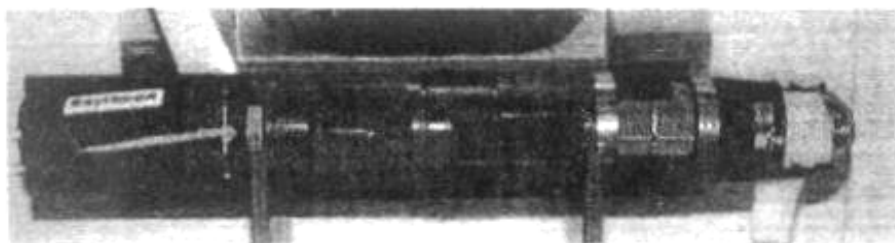


Рис. 3.23. Разрезной макет 120-мм УР TERM фирмы Raytheon

В конце 1998 г. фирмой Raytheon был собран Образец 120-мм танкового боеприпаса с УР TERM, который был использован для проверки предъявляемых к нему некоторых технических требований, в том числе насколько удобно он размещается в боеукладке танка Abrams. Эти проверки боеприпас успешно прошел. Во время стрельбовых испытаний управляемая ракета достигла большей дальности по сравнению с расчетной. Основным вопросом, над которым специалисты фирмы Raytheon работали в 1998г., был вопрос обеспечения прочности УР, достаточной для преодоления воздействия значительных перегрузок во время выстрела из ствола орудия. Кроме того, специалисты фирмы Raytheon надеются разработать дешевую трехрежимную ГСН, которую можно будет использовать в составе различных систем вооружений. При создании УР TERM фирма планирует использовать также технологии, разработанные в процессе создания управляемых артиллерийских боеприпасов увеличенной дальности по программе ERGM (Extended Range Guided Munition - управляемый боеприпас увеличенной дальности).

УР TERM-KE (*Kinetic Energy* - кинетического действия) фирмы Alliant Techsystems состоит из следующих основных частей:

- РЛ ГСН миллиметрового диапазона волн;

- электронного блока;

- системы управления с блоком микродвигателей боковой тяги, распо-

женной в носовой части снаряда;

- БЧ кинетического действия;
- РДТТ;
- хвостового блока восьми раскрывающихся стабилизаторов.

После выхода УР из ствола пушки раскрываются хвостовые стабилизаторы и РЛ ГСН начинает поиск цели. После обнаружения цели реализуется наведение снаряда на цель, при этом для коррекции траектории используются микродвигатели боковой тяги. При подлете к цели, на определенном расстоянии до нее, включается ракетный двигатель, обеспечивающий разгон УР. Поражение цели осуществляется за счет кинетического действия длинного бронебойного сердечника из тяжелого сплава. Высокая скорость, достигаемая при ускорении перед целью, обеспечивает бронепробитие, значительно превышающее бронепробитие штатных бронебойных подкалиберных снарядов с отделяемым поддоном.

УР TERM-TA (*Top-Attack - с атакой сверху*) фирмы Boeing (рис.3.24) разрабатывалась совместно с фирмой Alliant Techsystems. Система наведения основана на комбинированной двухрежимной ГСН (полуактивная лазерная - радиолокационная в миллиметровом -диапазоне длин волн). Кумулятивно[^] осколочная БЧ ракеты поражает цель в верхнюю проекцию.

Концепция боевого применения УР TERM

Командование СВ США считает, что принятие на вооружение управляемых ракет обеспечит ее подразделениям доминирование на поле боя. Специалисты Бронетанкового Центра СВ США полагают, что при применении УР TERM фирмы Raytheon наиболее часто будет использоваться режим полуактивного лазерного наведения, хотя, по необходимости, комплекс будет переключаться в режим автономного наведения. В основном танки, вооруженные УР TERM, в боевых условиях будут взаимодействовать с перспективными дозорно-разведывательными машинами FSCS (Future Scout and Cavalry System - будущая разведывательно-кавалерийская система), разведывательными вертолетами типа RAN-66 Comanche или ДПЛА.

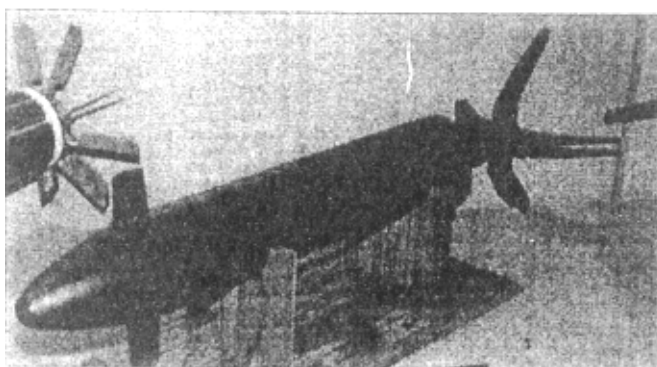


Рис. 3.24 Макет 120-мм УР TERM-TA фирмы Boeing

Передовой наблюдатель, находящийся, например, на дозорно-разведывательной машине FSCS, обнаруживает и идентифицирует цель, после чего передает ее координаты на батальонную машину огневой поддержки, где они обрабатываются при помощи системы обработки данных AFATDS. Систе-

ма AFATDS выполняет необходимые вычисления в основном для стрельбы с закрытых позиций и обеспечивает интерфейс с системой управления боем FBCB² (Force XXI Battle Command Brigade and Below - командование боем на уровне бригады и ниже в ВС XXI века). Перед развертыванием в войсках УР TERM предусмотрена программа модернизации танков Abrams, в ходе которой на них будет установлена система управления боем FBCB², изменено программное обеспечение и, возможно, установлена аппаратура дополнительного канала связи.

Система управления боем FBCB² имеет информацию о расположении танков подразделения, их готовности, секторах обстрела основного вооружения и числе боеприпасов в боеукладке, из которых доля боеприпасов с УР TERM будет составлять до 20%. Система обработки данных AFATDS, используя эти параметры и учитывая расстояние до цели, выбирает танк, который произведет выстрел, передает команду "выстрел" на этот танк и сообщение передовому наблюдателю. После этого система AFATDS, продолжая наблюдение за поражением цели, передает управление процессом танку и передовому наблюдателю. С этого момента они связываются напрямую, через систему управления боем FBCB².

Вначале согласовывается частота повторения лазерных импульсов лазерного целеуказателя и ГСН УР. После этого танк посылает команду на обновление данных передового наблюдателя. Передовой наблюдатель перепроверяет положение цели и выдает уточненные данные. Танк стреляет УР TERM и посылает повторную команду на обновление данных передового наблюдателя подготовки к лазерному облучению цели. Она отображается на экране дисп системы управления боем FBCB² в дозорно-разведывательной машине FSCS. Это позволяет выполнять облучение цели в течение последних нескольких секунд, когда УР уже подлетает к цели. При этом целеуказание может производиться под углом до 45° к вертикальной плоскости траектории УР. После попадания УР в цель передовой наблюдатель оценивает результат поражения цели и передает сообщение на танк и батальонную машину огневой поддержки.

Боеукладка модернизированного танка M1A2SEP будет обычно сорт из 10 боеприпасов с УР TERM и 30 боеприпасов кинетического дейс XM892E3. Основными целями танка будут разведывательные и командирские машины, комплексы ПВО и другие на дальностях от 3 до 8 км.

В настоящее время программа TERM приостановлена, так как в 2001 г. командование СВ США отменило эту программу в связи с ее большой стоимостью.

4. УПРАВЛЯЕМЫЕ АРТИЛЛЕРИЙСКИЕ СНАРЯДЫ С САМОНАВЕДЕНИЕМ НА КОНЕЧНОМ УЧАСТКЕ ТРАЕКТОРИИ

Проблемы создания управляемого артиллерийского снаряда (УАС) были преодолены в США фирмой "Мартин-Мариетта", которая разработала 155-мм УАС "Copperhead". В России в этот же период был принят на вооружение 152мм управляемый снаряд "Краснополь" (ГУП «КБП», г. Тула). Оба указанных снаряда аналогичны по способу наведения на цель (рис. 4.1).

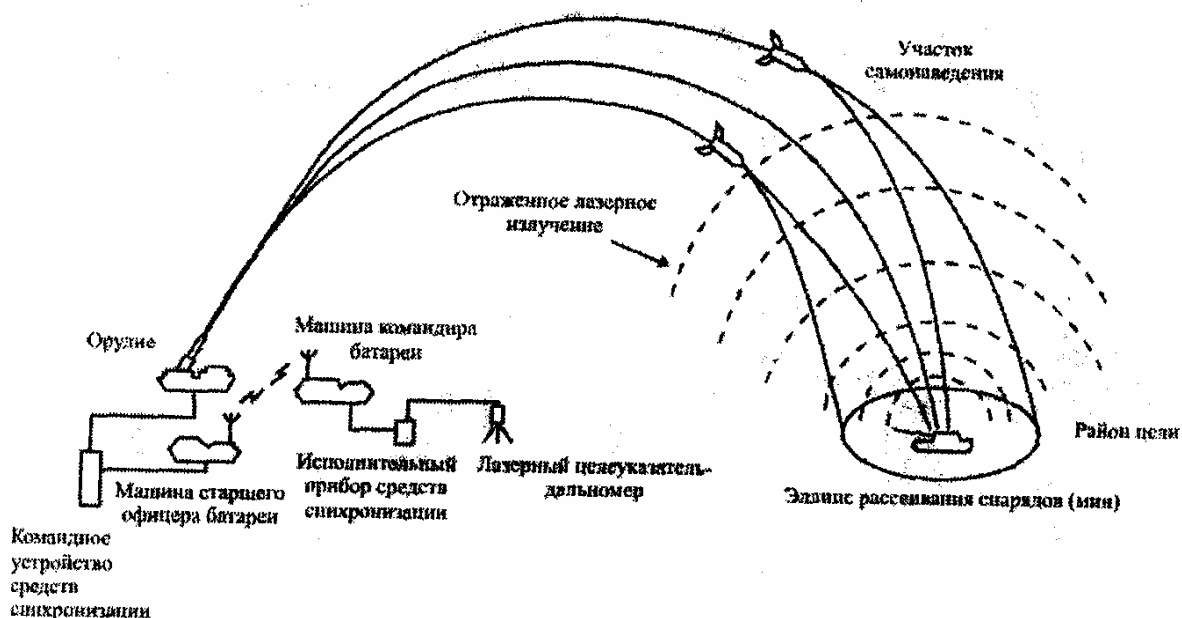


Рис. 4.1. Схема стрельбы УАС с самонаведением на конечном участке траектории

Баллистический полет осуществляется на начальном участке, а лазерное полуактивное самонаведение на конечном участке траектории. При этом самонаведение осуществляется по лучу лазера, отраженному от цели, подсветка которой осуществляется наблюдателем-наводчиком с помощью лазерного целеуказателя-дальномера (ЛЦД).

4.1. УАС "Copperhead"

УАС M712 "Copperhead" предназначен для стрельбы с открытых и закрытых огневых позиций из 155-мм артиллерийских орудий вооруженных сил НАТО и поражения бронетанковой техники на дальностях от 3 до 16 км. Его ТТХ представлены в табл.4.1, а внешний вид и компоновочная схема - на рис. 4.2.

УАС "Copperhead" состоит из трех отсеков: наведения, БЧ, стабилизации и управления. Отсек наведения содержит полуактивную ГСН и блок электронно аппаратуры. В отсеке БЧ размещены кумулятивно-осколочная боевая часть, предохранительно-исполнительная система и взрыватель. В отсеке стабилизации и управления размещаются складывающиеся рули и крылья, пневматический рулевой привод с газовым баллоном, механизмы фиксации консолей и электрические батареи.

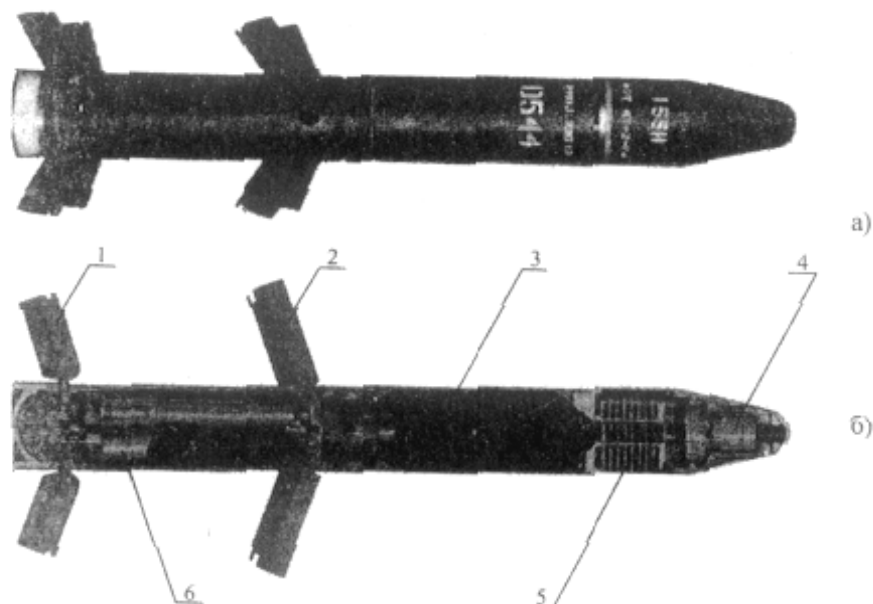


Рис. 4.2. УАС "Copperhead":

а - внешний вид; б - компоновочная схема;

1 - руль; 2 - крыло; 3 - боевая часть; 4 - лазерная ГСН;

5 - бортовая аппаратура; 6 - блок стабилизации и управления

Функционирование УАС "Copperhead"

При обнаружении цели передовой наблюдатель передает ее координаты на огневую позицию. Орудие наводится по направлению и углу места в соответствии с полученной информацией, и осуществляется пуск снаряда.

Двигаясь в канале ствола, УАС одновременно раскручивается по крену до скорости 10 об/с. Под действием стартовых перегрузок запускается электрическая батарея напряжением $U = \pm 11\text{В}$ и активизируется предохранители исполнительная система боевой части УАС.

После выхода снаряда из ствола электронный акселерометр измеряет его ускорение и при достижении скорости 210-215 м/с ротор взрывателя освобождается для поворота в боевое положение. Кроме этого, при выходе УАС из ствола, под действием центробежных сил раскрываются четыре руля, которые поддерживают вращение снаряда по крену.

Затем запускается электрическая батарея с напряжением $U = \pm 30\text{В}$ и приводится в действие электронная аппаратура. Срабатывает пирозапал арретира гироскопа, и гироскоп приводится в действие. Приводится также в действие датчик скорости вращения снаряда, вскрывается газовый баллон рулевого привода, и разблокируются рули. Под действием управляющих моментов уменьшается до нуля скорость вращения снаряда по крену. После чего по истечении 2 с пирозапал разблокирует крылья снаряда, которые выдвигаются специальным поршнем.

Далее следует этап баллистической, или планирующей траектории до

момента, пока ГСН не получит код отраженного от цели лазерного луча. ГСН «захватывает» цель и осуществляет окончательное взведение взрывателя БЧ.

Пропорциональное наведение с компенсацией веса выполняется до момента встречи снаряда с целью.

С 1982 по 1990 годы в США было произведено 34085 снарядов "Copperhead", из них 630 шт. использовано для демонстрационных и других испытаний. В 1989 г. серийное производство этих снарядов было прекращено, так как Copperhead не выдержал конкуренцию на внешнем рынке с российским УАС «Краснополь».

Последнее связано с тем, что УАС "Copperhead" значительно проигрывает по своим тактико-техническим и эксплуатационным характеристикам российскому аналогу (табл. 4.1).

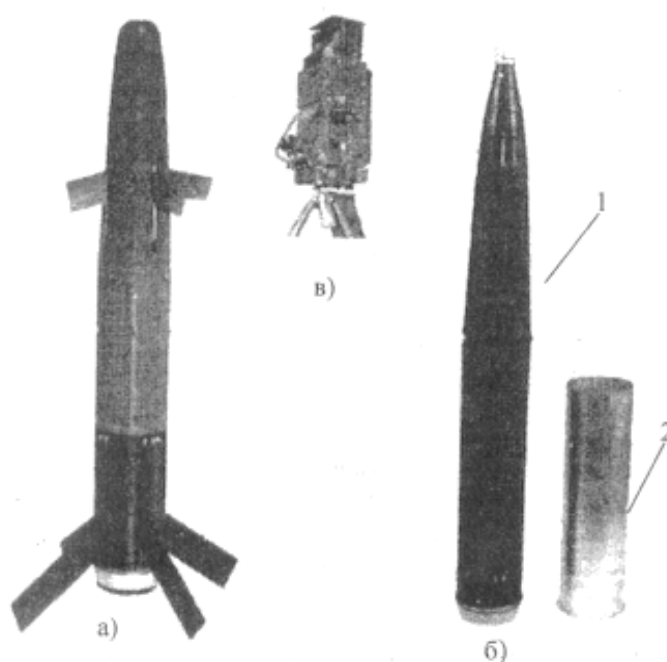


Рис. 4.3 Элементы КУВ "Краснополь":

а) УАС "Краснополь" в полетном режиме, в) составные части выстрела:

1 -УАС " Краснополь " перед заряданием, 2 - гильза с метательным зарядом; в) лазерный целеуказатель-дальномер

Таблица 4.1

Тактико-технические характеристики управляемых снарядов
«Краснополь» и «Copperhead»

Характеристики	"Copperhead"	"Краснополь"
Калибр, мм	155	152 или 155
Дальность стрельбы, км	16	20
Способ наведения	Автономное гироскопическое наведение + самонаведение	
Масса снаряда, кг	62,6	50
Масса БЧ / ВВ, кг	22,5 / 6,7	20,5 / 6,5
Тип боевой части	Кумулятивно-осколочная	Осколочно – фугасная многоцелевая
Поражаемые цели	Бронетанковая техника	Бронетанковая техника и инженерные сооружения
Вероятность прямого попадания в цель	0,82	0,9
Метод самонаведения	Пропорциональная навигация с компенсацией силы тяжести	Пропорциональная навигация с перекомпенсацией силы тяжести (пикирующая траектория)
Характер попадания в цель	В точку подсвета	В верхнюю проекцию цели
Размещение в САО в штатных боеукладках	Не обеспечивается из-за длины снаряда 1372 мм, превышающей длину штатного снаряда	Обеспечивается за счет деления снаряда на два отсека
Время хранения снаряда в полевых условиях без контейнера	Не более 72 часов внутри САО в полиэтиленовом мешке	Не ограничивается
Защищенность оптики ГСН при обращении со снарядом	Отсутствует	Защищен установкой носового блока
Подготовка к стрельбе	Перед заряданием требуется осмотр входного зрачка и пазов под оперение на отсутствие загрязнений и повреждений	Соответствует штатному выстрелу
Требования к обращению со снарядом в процессе зарядания	Предохранение снаряда от ударов и попадания песка, пыли и влаги	Соответствует штатному выстрелу

4.2. "Краснополь" - базовый образец российских УАС

УАС "Краснополь" (рис.4.3) предназначен для поражения подвижных и неподвижных малоразмерных целей, в том числе при стрельбе с закрытых огневых позиций (рис: 4.4) из артиллерийских систем калибра 152 мм и 155 мм

(рис. 4.5). Подсветка цели осуществляется лучом лазерного целеуказателя-дальномера 1Д20, 1Д22 или 1Д26.



Рис. 4.4. Схема боевого применения УАС «Краснополь»

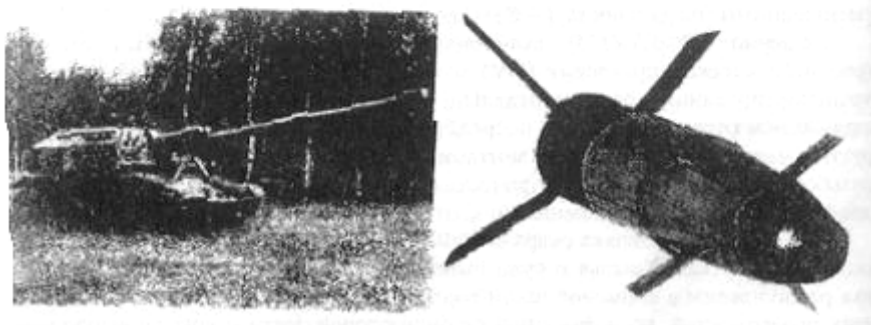


Рис. 4.5. Самоходная артиллерийская установка 2С3М калибра 152 мм, стреляющая УАС «Краснополь»

Типовыми целями для УАС «Краснополь» являются:

- танки, самоходные артиллерийские орудия, боевые машины пехоты и бронетранспортеры как движущиеся (со скоростью до 10 м/с), так и неподвижные, расположенные открыто и в окопах;
- артиллерийские орудия и минометы на огневых позициях;
- мосты и переправы;
- складские помещения, здания городского и сельского типов и другие инженерные сооружения;
- надводные цели (катера и малотоннажные корабли). Снаряд обеспечивает ведение эффективной стрельбы в следующих условиях боевого применения:
- при температуре окружающего воздуха от минус 40 до плюс 50° С;
- при скорости ветра до 15 м/с;
- в пустынной и горной местности на высотах до 4500 м.

Состав выстрела

Выстрел УАС "Краснополь" (рис. 4.6) состоит из снаряда 3ОФ39 калибра 152 мм и метательного заряда ЖН-546 в гильзе или снаряда калибра 155 мм К155 и метательного заряда. В зависимости от диапазона дальностей стрельбы метательный заряд может комплектоваться полным (на дальность 8-20 км) и уменьшенным (на дальность 3-8 км) пороховым зарядом.

Снаряд 3ОФ39(К155) выполнен из двух самостоятельных отсеков (рис. 4.7): отсека управления (ОУ) и снарядного отсека (СО), которые при транспор-

тировании хранятся отдельно в несостыкованном состоянии. Перед заряджанием отсеки стыкуются посредством байонетного соединения и фиксируются четырьмя радиальными винтами, установленными в ОУ и входящими в резьбовые отверстия СО. Электрическая связь между отсеками осуществляется токоподводом с подпружиненными контактами на ОУ и токосъемником на СО.

Внешняя компоновка снаряда ЗОФ39 (К155) соответствует аэродинамической схеме «утка». Крылья и рули выполнены по крестообразной схеме. Крылья расположены в кормовой части корпуса и выполняют не только роль несущих поверхностей, но и функцию стабилизаторов. Рули и крылья выполнены складывающимися в корпус для обеспечения пуска снаряда из ствола орудия.

Для уменьшения рассеивания на баллистическом участке траектории и исключения необходимости установки на снаряде системы автоматической стабилизации по каналу крена УАС вводится во вращение относительно продольной оси. Для получения необходимой скорости вращения снаряда при выходе

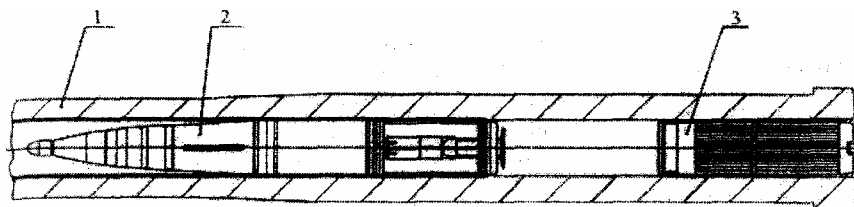


Рис. 4.6. УАС «Краснополь» калибра 152 мм со штатным метательным зарядом в канале ствола орудия 2А65(2С19):

1 - ствол орудия; 2 - УАС ЗОФ39; 3 - метательный заряд ЖН-546 в гильзе

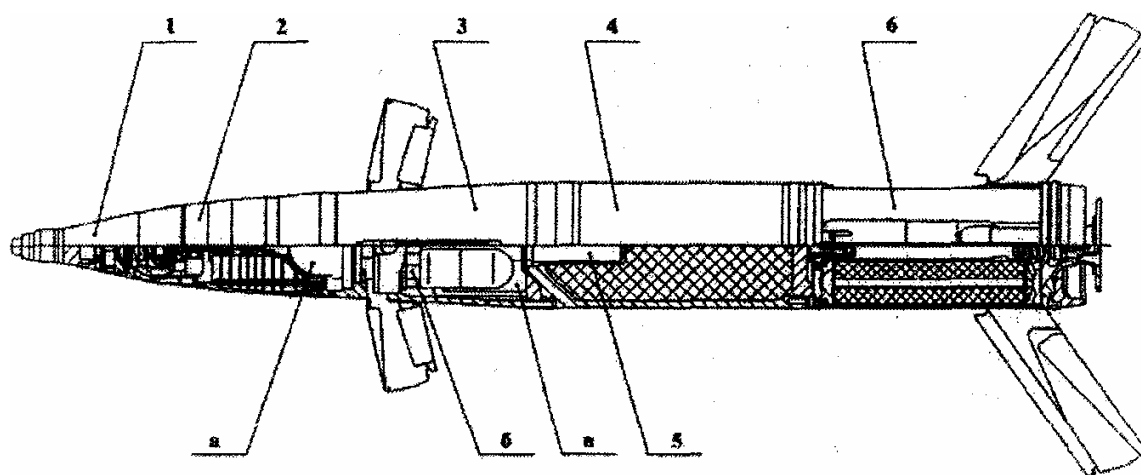


Рис. 4.7. 152-мм управляемый артиллерийский снаряд «Краснополь»

Отсек управления: 1 - блок носовой; 2 - головка самонаведения; 3 - блок автопилотный; а - гироскоп позиционный; б - привод рулевой; в - блок питания и преобразования;

Отсек снарядный: 4 - боевая часть; 5 - взрыватель; 6 - блок крыльев с разгонным двигателем

Необходимая угловая скорость вращения снаряда на траектории поддерживается с помощью крыльев, установленных под углом относительно про-

дольной оси снаряда.

Метательный заряд ЖН-546 может обеспечить баллистическую дальность стрельбы снарядом 30Ф39 (К 155) до 11 км. Для увеличения дальности полета служит разгонный двигатель, срабатывающий на восходящей ветви баллистической траектории и сообщающий снаряду дополнительную дальность. Кроме этого, дополнительный прирост дальности обеспечивается путем использования планирования на нисходящей ветви траектории при реализации полета по программе.

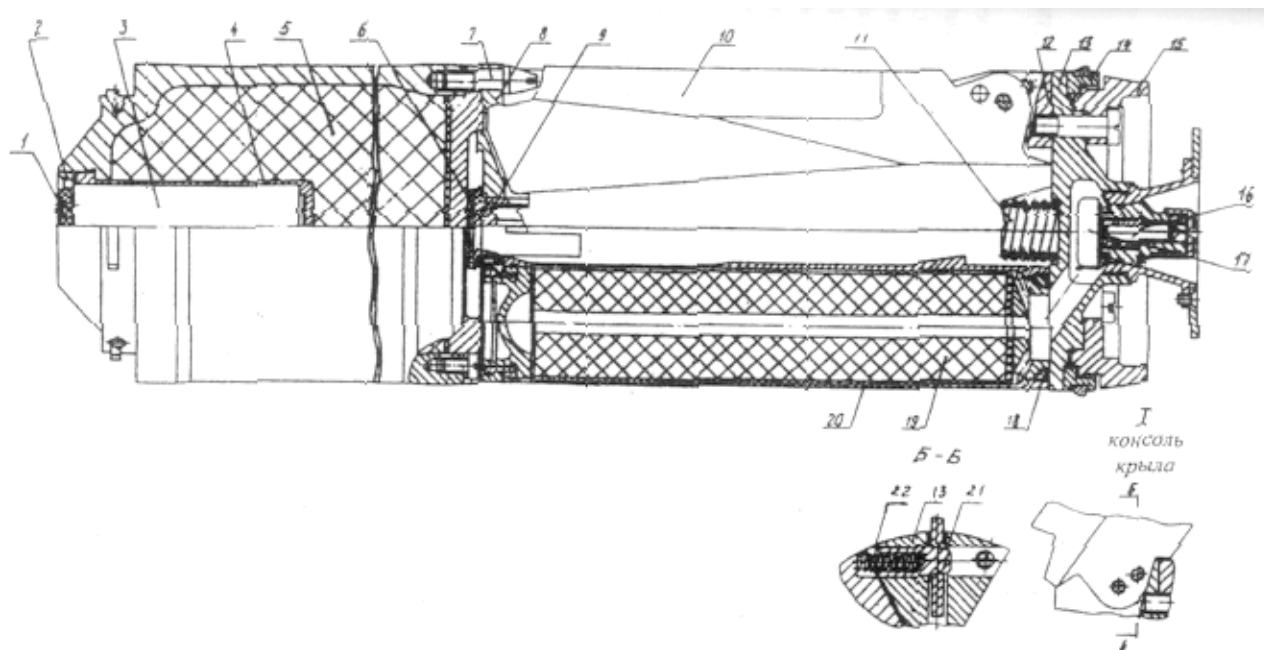


Рис. 4.8. Снарядный отсек:

1-токосъемник; 2-гайка; 3-взрыватель; 4-стакан; 5-боевая часть; 6-механизм стопорения; 7-винт; 8-диск; 9-блок крыльев; 10-консоль крыла; 11-пружина; 12-кронштейн; 13-опора; 14-обтюратор; 15-шайба; 16-лучевой воспламенитель; 17-воспламенитель разгонного снаряда; 18-разгонный двигатель; 19-разгонный снаряд; 20-стойка; 21-стопор; 22-пружина

Отсек управления состоит из носового блока 1, головки самонаведения 2 и блока автопилота 3. Носовой блок крепится к корпусу головки самонаведения разрывными винтами, а головка самонаведения - к автопилотному блоку с помощью накидной гайки. Электрическая связь между составными частями осуществляется с помощью разъемов с контактами ножевого типа.

Снарядный отсек (рис. 4.8) состоит из осколочно-фугасной боевой части 5 со взрывателем 3 и блока крыльев 6, выполненного объединенным с разгонным двигателем. Взрыватель 3 - ударного действия. Установочное устройство взрывателя на мгновенное или замедленное действие расположено на торцевой поверхности отсека управления. Взрыватель 3 с токосъемником 1 вставляется в стакан 4 и закрепляется со стороны переднего торца снарядного отсека гайкой. Блок крыльев 6 крепится к корпусу боевой части 5 с помощью винтов.

Боевая часть выполнена в виде несущего отсека. Она состоит из прочного корпуса, снаряженного взрывчатым веществом, стакана для размещения взрывателя ударного действия с токосъемником и дна, закрывающего внутрен-

ную полость корпуса с ВВ. Прочностные характеристики корпуса позволяют обеспечить нормальное срабатывание БЧ при заглублении в грунт, при соударении со стальным корпусом цели, кирпичными и бетонными стенами.

Действие снаряда при встрече с целью и установка взрывателя

При встрече снаряда с преградой происходит срабатывание взрывателя и подрыв боевой части. В зависимости от установки взрывателя боевая часть снаряда может иметь осколочное или фугасное действие.

Осколочное действие применяется при стрельбе по открыто расположенным целям. Снаряд при установке взрывателя на мгновенное действие дает разрыв на поверхности, не успевая углубиться в преграду. Осколочное действие при этом получается наибольшим. Взрыв боевой части снаряда происходит практически мгновенно в момент встречи с преградой и осколками поражаются легкобронированные и небронированные цели (артиллерийские орудия, минометы, пусковые установки ракет, понтонные переправы и т.д.).

При установке взрывателя на *замедленное действие* взрыв БЧ осуществляется не сразу, а через некоторый промежуток времени, в течение которого снаряд успевает углубиться в преграду. Эффективность фугасного действия при этом будет наибольшей. Поэтому при стрельбе по бронированным целям инженерным сооружениям (ДЗОСы, блиндажи, убежища полевого типа, мост и т.п.) взрыватель устанавливается на замедленное действие.

Осколочно-фугасная БЧ УАС «Краснополь» по принципу действия аналогична штатному неуправляемому артиллерийскому снаряду.

Осколочное действие БЧ УАС "Краснополь" определяется следующих параметрами:

- число осколков массой более 0,5 г - 2200 - 2900;
- средняя масса осколка - 4,5 - 6,0 г;
- угол разлета 90% осколков - 75°;
- скорость разлета осколков - 1850 - 1900 м/с.

Приведенная площадь поражения $S_{пр}$ составляет:

- при действии по живой силе $S_{пр} = 600...620 \text{ м}^2$;
- при действии по небронированным огневым средствам $S_{пр} = 550...750 \text{ м}^2$;
- при действии по легкобронированной технике $S_{пр} = 320...340 \text{ м}^2$.

Основным конструктивным параметром, определяющим эффективность колочно-фугасной БЧ, является коэффициент наполнения $\alpha_{БЧ}$, представляющий отношение массы ВВ к массе снаряженной БЧ. При увеличении $\alpha_{БЧ}$ растет масса ВВ, что повышает фугасное действие и уменьшается масса корпуса. Минимальная толщина корпуса определяется из условия его неразрушения при проникании в преграду и при движении по каналу ствола при выстреле. У БЧ снаряда "Краснополь" $\alpha_{БЧ} = 0,32$. У артиллерийского осколочно - фугасного штатного снаряда $\alpha_{БЧ} = 0,2$. Большие значения коэффициента наполнения УАС объясняются меньшей величиной осевых перегрузок при выстреле по сравнению со штатным снарядом и отсутствием заостренной носовой части, обладающей малым внутренним объемом.

Большой, по сравнению с артиллерийским снарядом, коэффициент наполнения ОФ БЧ УАС позволяет при подрыве получить осколки несколько

меньше по массе, но обладающие высокой удельной энергией. Такая особенность БЧ УАС обеспечивает возможность максимального использования энергии БЧ как при осколочном, так и при фугасном действии.

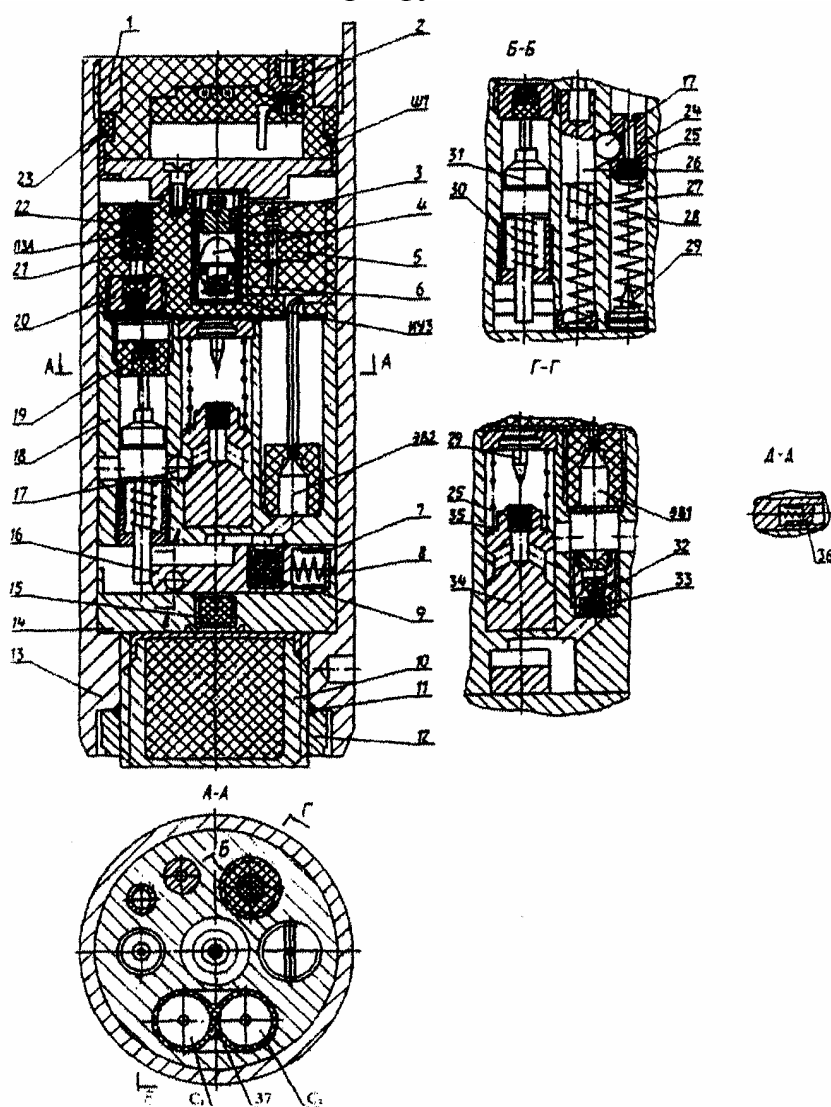


Рис. 4.9. Взрыватель ЗВТ25:

1 - кольцо; 2 - контакт; 3 - контакт; 4 - контакт; 5 - плата; 6 - пружина;
7 - чашечка; 8 - пружина; 9 - капсуль-детонатор; 10-детонатор; 11 -
кольцо; 12 - гайка; 13 - корпус; 14 - основание-5 - передаточный заряд; 16 - дви-
жок; 17-шарик; 18-втулка; 19-предохранитель; 20 - предохранитель; 21 - колпа-
чок; 22 - колодка; 23 - кольцо; 24 - втулка; 25 - капсуль-воспламенитель; 26 -
стопор; 27 - пружина; 28 - пружина- 29 - жало; 30 - пружина; 31 - стопор- 32 -
втулка; 33 - вышибной заряд; 34 - ударник; 35 - пружина; 36 - фиксатор- 37 -
колодка

Взрыватель ЗВТ25 и установочное устройство (рис. 4.9 и 4.10) предна-
значены для выдачи детонационного импульса на заряд БЧ при встрече снаряда
с целью. Взрыватель - предохранительного типа. Для снятия ступеней предо-
хранения используются осевые перегрузки при выстреле. Электрическое пита-
ние взрывателя осуществляется от источника питания снаряда через токосъем-
ник, установленный на переднем торце взрывателя. Взрыватель имеет две ус-
тановки: на мгновенное и замедленное действие, установка производится уста-
новочным устройством. По замедленному действию во взрывателе предусмот-

рен дублирующий ударный механизм, обеспечивающий действие при встрече снаряда с целью. Время дальнего взведения взрывателя по детонирующей цепи и дублирующему ударному механизму с момента выстрела составляет 0,6 - 1,6 с. Время взведения по электрическим цепям не более 4,3 с.

Взрыватель состоит из предохранительного и накольного механизмов, предохранительно-детонирующего устройства, ударного механизма, пиротехнического и инерционного ударного замыкателей, пиротехнического замедлителя и детонатора.

Предохранительный механизм 18 предназначен для удержания ударного механизма и предохранительно-детонирующего устройства в исходном положении при служебном обращении и на траектории до окончания взведения. Предохранительный механизм включает стопоры 31 и 26 с пружинами 30 и 27, шарик 17, предохранитель 19.

Накольный механизм служит для зажжения пиротехнических предохранителей 19 и 20, обеспечивающих дальность взведения взрывателя, и состоит из втулки 24 с капсюлем-воспламенителем 25, пружины 28, жала 29 и шарика 17.

Предохранительно-детонирующее устройство предназначено для изоляции капсюля-детонатора 9 от передаточного заряда 15 в служебном обращении и состоит из движка 16 с капсюлем-детонатором 9, пружины 8, чашечки 7 и передаточного заряда 15 в основании 14. Фиксирование движка в боевом положении осуществляется фиксатором 36.

Ударный механизм предназначен для выдачи огневого импульса с замедлением при встрече снаряда с целью в случае отказа по электрической цепи и состоит из ударника 34 с капсюлем-воспламенителем 25, жала 29, пружин 35.

Пиротехнический замыкатель служит для подключения боевых конденсаторов к элементам боевой цепи и состоит из колодки 22 с запрессованными выводами, колпачка 21 с запрессованным пиротехническим составом.

Пиротехнический замедлитель служит для выдачи лучевого импульса на капсюль-детонатор 9 с замедлителем и состоит из втулки 32 с запрессованным пиротехническим составом и вышибного заряда 33.

Инерционно-ударный замыкатель предназначен для замыкания электрической цепи при встрече снаряда с преградой и состоит из контакта 3 и поджатого пружиной 6 контакта 4,

Детонатор 10 предназначен для выдачи детонационного импульса заряду БЧ.

Установочное устройство (рис.4.10) состоит из крана 2 с контактом 7, втулки 4, корпуса 5, ламелей 8 с подпаянными контактами 6, уплотнительных колец 1,3.

В зависимости от установки взрывателя на мгновенное «0» или замедленное действие «3» между двумя ламелями 8 находится контакт 7 или изоли-

рующая поверхность крана 2 и напряжение питания от БПП через установочное устройство подается или не подается на колодки взрывателя. Под действием перегрузок от выстрела капсюль-воспламенитель 25 (см. рис. 4.10) накаляется жалом 29. От капсюля-воспламенителя загорается пиросостав предохранителей 19, 20 и пиротехнического замыкателя, что приводит к замыканию электрических цепей.

После вылета снаряда из ствола и прекращения действия осевых перегрузок стопор 31 поднимается до упора в пиросостав предохранителя 19. По мере прогорания пиросостава стопор 31 продавлиывает выгоревшие шлаки, освобождает движок 16 с капсюлем-детонатором 9 и шарик 17, удерживающий ударник 34 с капсюлем-воспламенителем 25 в ударном механизме. Движок 16 фиксируется в бовом положении фиксатором 36. Взрыватель взведен.

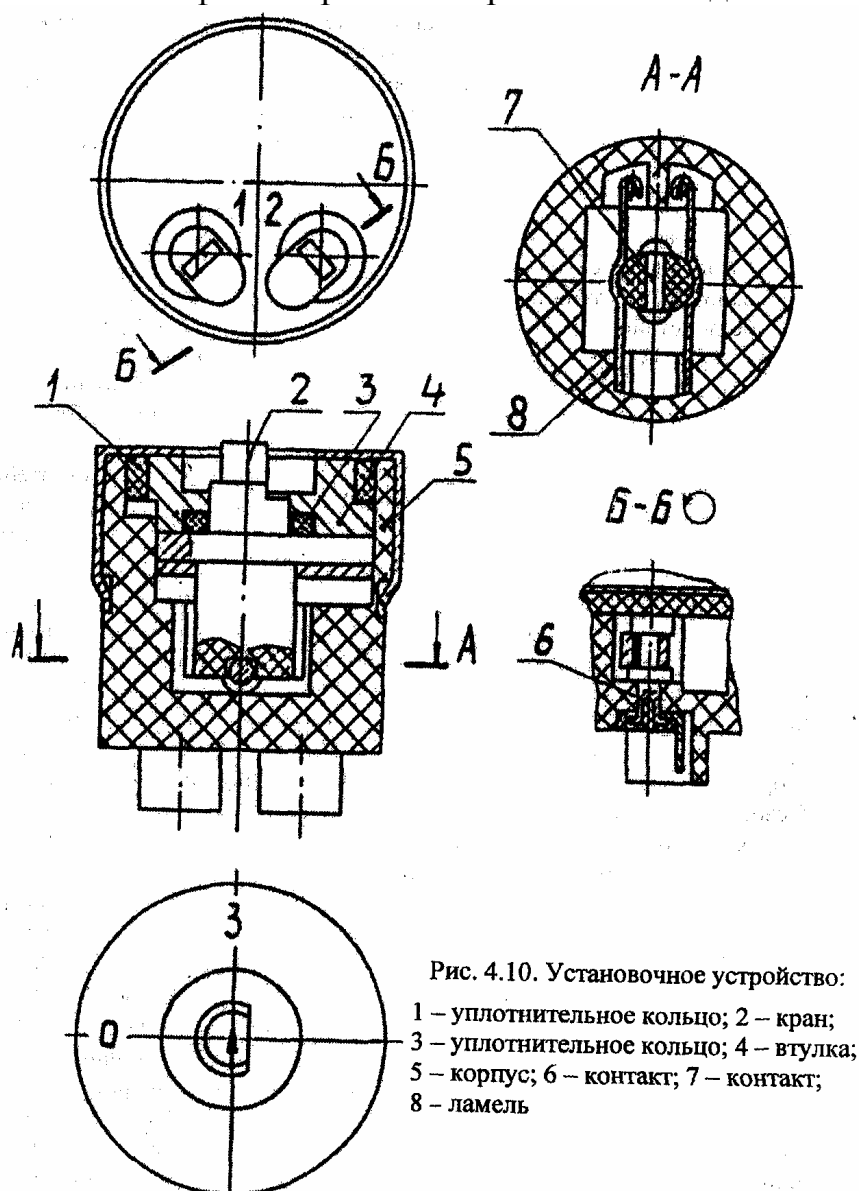


Рис. 4.10. Установочное устройство:

- 1 – уплотнительное кольцо; 2 – кран;
- 3 – уплотнительное кольцо; 4 – втулка;
- 5 – корпус; 6 – контакт; 7 – контакт;
- 8 – ламель

В полете после выхода на режим источника питания происходит зарядка конденсатора С1 при установке на «3» и конденсаторов С1 и С2 при установке на «0». При встрече с целью инерционно-ударный замыкатель замыкает боевые цепи взрывателя и взрыватель срабатывает.

При установке на «0» конденсаторы С1, С2 разряжаются на ЭВ1, ЭВ2, от которых срабатывают капсюль-детонатор, передаточный заряд и детонатор. В

случае выхода из строя источника питания или обрыва электрических цепей срабатывание взрывателя происходит от ударного механизма, дублирующего замедленное действие. При этом огневой импульс подается от ударного механизма на капсулю-детонатор, передаточный заряд и детонатор.

Блок крыльев (см. рис. 4.8) состоит из следующих основных частей: разгонного двигателя, четырех крыльев, механизма стопорения, обтюлятора, шайбы, опоры и пружины.

Крыло состоит из консоли 10, закрепленной на оси в кронштейне 12 фиксатором 21. С помощью трех винтов кронштейн крепится к опоре разгонного двигателя, консоли в сложенном положении удерживаются механизмом стопорения 6 и раскрываются после его срабатывания. С помощью четырех винтов механизм стопорения крепится к диску 8 разгонного двигателя.

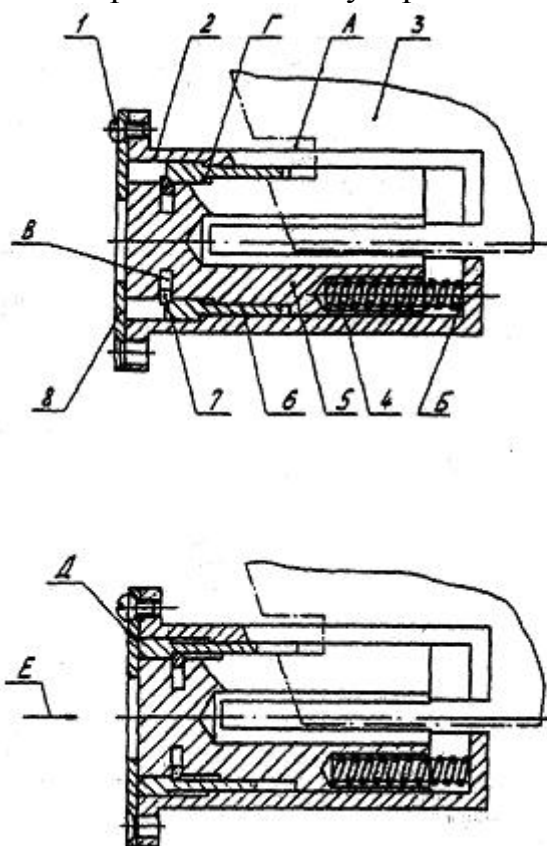


Рис. 4.11. Механизм стопорения:

1-винт; 2-корпус; 3-консоль крыла; 4-пружина; 5-груз; 6-зацеп; 7-разрезное кольцо; 8-крышка; А-паз; Б-торец; В-проточка; Г-проточка зацепа; Д-торец крышки.

Механизм стопорения (рис.4.11) состоит из пружины 4, груза 5, зацепа 6, разрезного кольца 7, крышки 8, корпуса 2. При сборке зацеп 6 входит в пазы А консолей крыльев и удерживает консоли в сложенном положении. При выстреле под действием сил инерции происходит движение груза 5 до упора в торец Б корпуса 2 в направлении Е. Разрезное кольцо 7 под действием силы, действующей со стороны зацепа 6, сжимается и утопает в проточку паза «В». При движении груза 5 сжимаются возвратные пружины 4 и в конце движения разрезное кольцо 7, разжимаясь, заходит в проточку зацепа Г, соединяя его с грузом. При входе снаряда в дульный тормоз резко уменьшаются силы инерции, и под действием возвратных пружин 4 происходит движение груза 5

под действием возвратных пружин 4 происходит движение груза 5 совместно с зацепом 6 и разрезным кольцом 7 до упора крышки Д. При этом консоли крыльев расстопориваются.

Под действием пружины 11 (см. рис. 4.8), а также под действием центробежных и аэродинамических сил происходит раскрытие консолей 10. В момент раскрытия консоли 10 (при опоре ее в плоскость) фиксатор 21 под действием пружины 22 входит в коническое отверстие консоли и стопорит ее.

Полное раскрытие консолей крыльев происходит на расстоянии 25-35м от дульного среза ствола. Ведущий пояс-обтюратор 14 выполнен проворачивающимся относительно корпуса снаряда и расположен между опорой разгонного двигателя 13 и шайбой 15. Он обеспечивает при выстреле обтюрацию пороховых газов и сообщает снаряду частоту вращения 6-10 об/с.

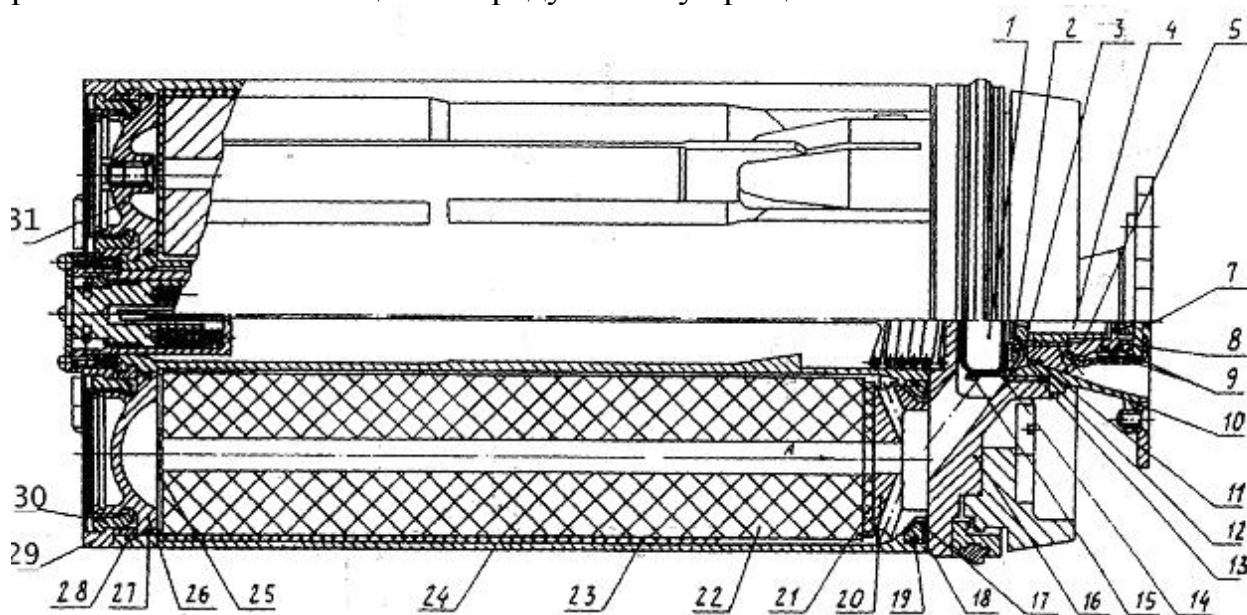


Рис. 4.12. Разгонный двигатель:

1- воспламенитель разгонного заряда; 2- гайка; 3-гайка; 4-лучевой воспламенитель замедленного действия; 5- упор; 6-винт; 7-заглушка; 8-втулка; 9-уплотнительное кольцо; 10-раструб; 11-уплотнительное кольцо; 12-кольцо; 13-уплотнительное кольцо; 14-зажим; 15-разжимное кольцо; 17- уплотнительное кольцо; 18-кольцо; 19- уплотнительное кольцо; 20-опорная решетка; 21-прокладка; 22-разгонный заряд; 23-прокладка; 24-стойка; 25-амортизатор; 26-крышка; 27- уплотнительное кольцо; 28-сухарь; 29-диск; 30-гайка; 31-крышка.

Шайба 15 крепится к опоре разгонного двигателя 13 с помощью четырех винтов. К раструбу разгонного двигателя четырьмя винтами крепится опора, предназначенная для упора в нее орудийного досылателя.

Разгонный двигатель (рис.4.12) является корпусом блока крыльев и представляет собой четырехкамерный, односопловой, однорежимный двигатель, стоящий из четырех стоек - камер сгорания 24, закрепленных на опоре 16 винтами через опорную решетку 20. Герметизацию стыка стойка-опора обеспечивает кольцо 18 с радиальным и торцовым уплотнительными кольцами 19 и 17. На опорных решетках 20 наклеены картонные прокладки 21, служащие для амортизации шашек разгонного заряда при выстреле. Картонные прокладки 23,

наклеенные на внутреннюю поверхность стойки 24, предохраняют шашки заряда 22 от воздействия поперечных перегрузок. В передней части каждой стойки 24 установлены крышки 26, 31, поджигающиеся гайками 30 к сухарям 28, которые вставлены в проточку стойки. Крепление двигателя к боевой части снаряда осуществляется через диск 29, закрепленный на стойках с помощью гаек 30. Воспламенитель разгонного заряда 1 установлен в зажим 14, закрепленный на втулке 8, и зафиксирован кольцом 15. Во втулке 8 размещен установленный в упоре 5 и зафиксированный гайкой 3 лучевой воспламенитель замедленного действия 4. Снаряженный раструб 10 ввинчивается в опору 16. На втулке 8 надета заглушка 7, предназначенная для исключения срабатывания воспламенителя в случае стрельбы без включения разгонного двигателя.

При стрельбе снарядом 30Ф39 с включением двигателя с втулки 8 снимается заглушка 7. В этом случае под действием температуры и давления пороховых газов метательного заряда срабатывает лучевой воспламенитель замедленного действия (ВЛЗД) 4, который через 5 -10 с поджигает воспламенитель разгонного заряда 1. От него воспламеняются шашки разгонного заряда 22. При повышении давления в стойке - камере сгорания пороховые газы выбивают втулку 8 из критического сечения раструба 10, через которое происходит истечение пороховых газов, создающих реактивную силу.

Бортовая аппаратура управления (рис. 4.13) предназначена для приема отраженных импульсов лазерного излучения, формирования команд компенсации силы тяжести снаряда, преобразования команд управления в отклонения рулей снаряда. Она структурно состоит из носового блока с программным устройством взведения и двигателем отделения, головки самонаведения, автопилотного блока с позиционным гироскопом, рулевым приводом, блоком питания и преобразования. Вся бортовая аппаратура управления размещена в отсеке управления.

Принцип управления снарядом 30Ф39 состоит в следующем. Наведение снаряда осуществляется по комбинированному методу: на нисходящей ветви траектории - по методу программного наведения, при котором выдерживается постоянный угол между осью снаряда и плоскостью горизонта за счет чего осуществляется компенсация нормальной составляющей силы тяжести снаряда, а на конечном участке сближения - по методу пропорционального сближения.

Программное наведение обеспечивает увеличение дальности стрельбы.

Сущность метода пропорционального сближения заключается в том, чтобы обеспечить поворот вектора скорости снаряда с угловой скоростью, пропорциональной скорости поворота линии снаряд-цель, т.е. линии визирования цели. Головка самонаведения измеряет эту скорость и по ее величине вырабатывает команду управления на рули снаряда.

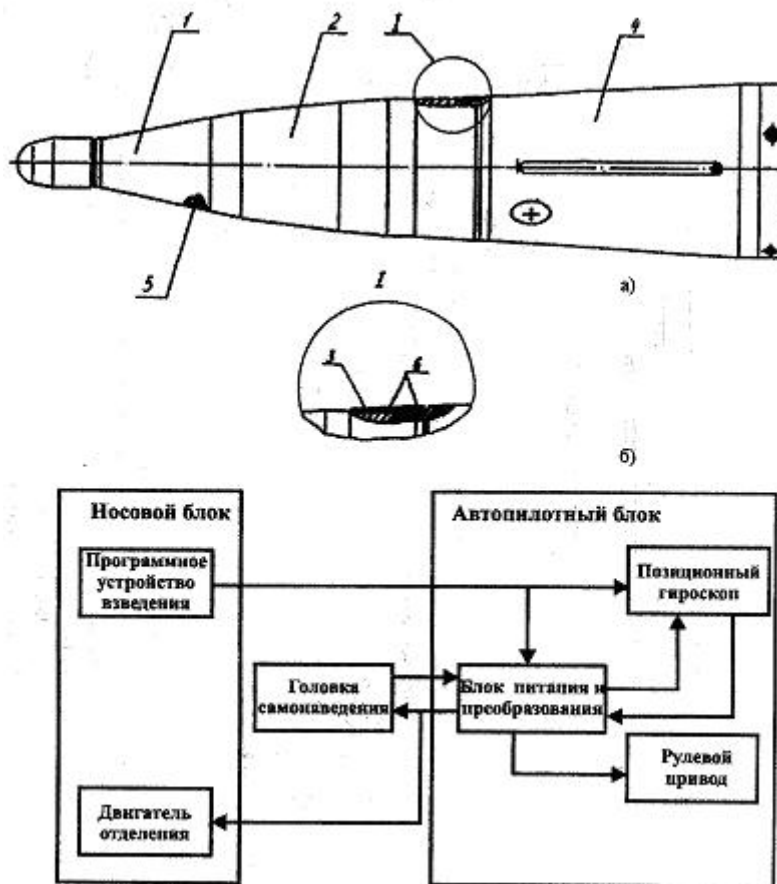


Рис. 4.13. Отсек управления:

а- компоновка; б-структурная схема бортовой аппаратуры управления

1-носовой блок; 2-головка самонаведения; 3-накидная гайка; 4-автопилотный блок; 5-разрывной винт; 6-кольцо.

Подъемная сила на рулях создает относительно центра масс управляющий момент, вызывающий поворот снаряда на угол атаки. При этом на крыльях и корпусе снаряда возникают подъемные силы, которые совместно с силой на рулях корректируют траекторию снаряда, заставляя его двигаться в предполагаемую точку встречи с целью. Сила тяжести снаряда является систематически действующим возмущающим фактором, уводящим снаряд с траектории, предписанной методом наведения. Для ее парирования в контур управления вводится сигнал компенсации веса.

Принцип формирования сигналов управления при программном наведении представлен на рис. 4.14. В качестве измерителя угла наклона продольной оси снаряда в вертикальной плоскости используется позиционный гироскоп направления (ПГ) с ламельным датчиком, ламели которого жестко связаны с корпусом снаряда, а токоподвод с осью наружной рамки карданова подвеса гироскопа.

В начале полета снаряда ротор гироскопа заарретирован и главная ось гироскопа совпадает с продольной осью снаряда. В момент времени, определяемый дальностью стрельбы, происходит раскрутка ротора и разарретирование рамок гироскопа. После разгона ротор приобретает гироскопические свойства и его главная ось сохраняет свое положение в пространстве. Под действием силы тяжести вектор скорости снаряда поворачивается в вертикальной

плоскости. Ось статически устойчивого снаряда поворачивается вслед за вектором скорости относительно опорного направления, задаваемого главной осью гироскопа. Образующийся угол пеленга α_n , лежит в вертикальной плоскости траектории. Этот угол измеряется ламельным датчиком.

Из-за вращения снаряда по крену токоподвод совершает колебательное движение по ламелям относительно среднего положения с амплитудой, равной углу пеленга, и с частотой, равной частоте вращения снаряда по крену. Длительность сигнала, снимаемого с ламели, находится в зависимости от величины угла пеленга и зоны нечувствительности ламельного датчика, равной 22° . Сигналы с ламельного датчика подаются в рулевой привод снаряда, создающий управляющий момент в вертикальной плоскости траектории.

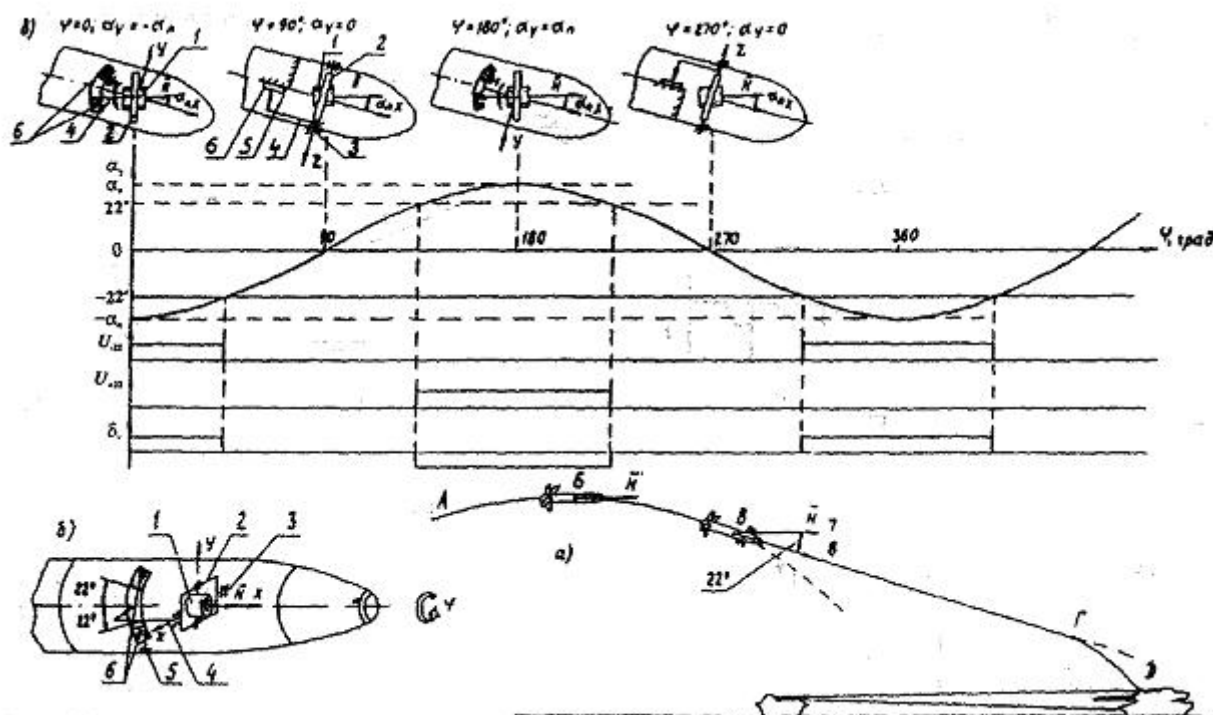


Рис. 4.14. Траектория полета снаряда:

а- траектория полета снаряда; б- положение ПГ в моменты разарретирования; в- измерение угла пеленга α_y при вращении снаряда по крену; АБВ- баллистический участок полета; Б- точка разарретирования ПГ; ВГ – участок инерционного наведения; ГД – участок самонаведения; 1- внутренняя рамка с ротором; 2 – наружная рамка; 3 – ось наружной рамки; 4 – токопровод; 5 – корпус снаряда; 6 – ламели датчика; 7 – главная ось ПГ; 8 – продольная ось снаряда; Н – вектор кинетического момента; φ - угол крена; α_y – текущее значение угла пеленга по оси y, δ_y – углы отклонения рулей канала y.

Рули снаряда работают в трехпозиционном релейном импульсном режиме. Подъемная сила на рулях направлена по нормали к оси их вращения. На время контактирования токоподвода с ламелем датчика ПГ рули одного канала отклоняются от нейтрального положения на заданный постоянный угол ($+5^\circ$). При сходе токоподвода с ламели рули возвращаются в нейтральное положение. При повороте снаряда по крену на 180° токоподвод контактирует с противоположной ламелью и рули перебрасываются из нейтрального положения в поло-

жение, противоположное первому на тот же угол. В результате за оборот создается результирующая управляющая сила в плоскости стрельбы, обеспечивающая компенсацию влияния нормальной составляющей силы тяжести, и дальнейшее движение снаряда происходит практически с постоянным углом наклона оси снаряда к земной поверхности.

Принцип формирования сигналов управления системы полуактивного самонаведения, осуществляющей наведение снаряда по методу пропорционального сближения, представлен на рис. 4.15.

В качестве измерителя угловой скорости линии снаряд-цель используется двухканальная гироскопическая лазерная полуактивная головка самонаведения. Она представляет собой гироскопическое следящее устройство, которое совмещает оптическую ось объектива координатора, воспринимающего импульсы лазерного излучения, отраженные от цели, с направлением на эту цель. В процессе слежения за целью, когда угловая скорость линии визирования не равна нулю, ГСН вырабатывает управляющий сигнал, пропорциональный угловой скорости линии визирования.

Объектив ГСН вместе с фотоприемным устройством может отклоняться относительно продольной оси головки самонаведения. При расположении цели в пределах поля зрения координатора отраженное от цели лазерное излучение фокусируется оптической системой ГСН в пятно рассеяния. Если направление на цель совпадает с оптической осью объектива, то изображение цели в виде пятна рассеяния фокусируется в центре ФПУ. При появлении углового рассогласования между осью объектива и линией визирования пятно рассеяния смещается относительно центра четырех чувствительных площадок, с каждой из которых снимается электрический сигнал, пропорциональный энергии части пятна, попадающей на чувствительную площадку.

ГСН вырабатывает на каждый импульс подсветки управляющий сигнал пропорциональный смещению энергетического центра пятна рассеяния относительно центра площадок ФПУ. Под действием управляющих сигналов ГСН создает корректирующий момент, вызывающий прецессию гироскопа (поворот оси ротора головки) в сторону цели и сводящий угол рассогласования к нулю. В процессе наведения управляющий сигнал представляет собой серию прямоугольных пульсов с частотой подсветки. Амплитуда импульсов пропорциональна смещению пятна рассеяния и промодулирована частотой вращения снаряда по крену. Длительность импульсов фиксирована и равна 40 мс.

Передний фронт импульсов совпадает по времени с приемом ФПУ отраженных импульсов подсветки, т.е. с моментом определения плоскости угла рассогласования. В силу этого результирующий момент коррекции, который практически совпадает по времени с серединой управляющего импульса, отстает по фазе относительно момента определения плоскости угла рассогласования.

Для компенсации этого сдвига линии раздела фоточувствительных площадок ФПУ повернуты относительно линии полюсов двигателя коррекции по направлению вращения снаряда на угол, соответствующий запаздыванию результирующего момента коррекции.

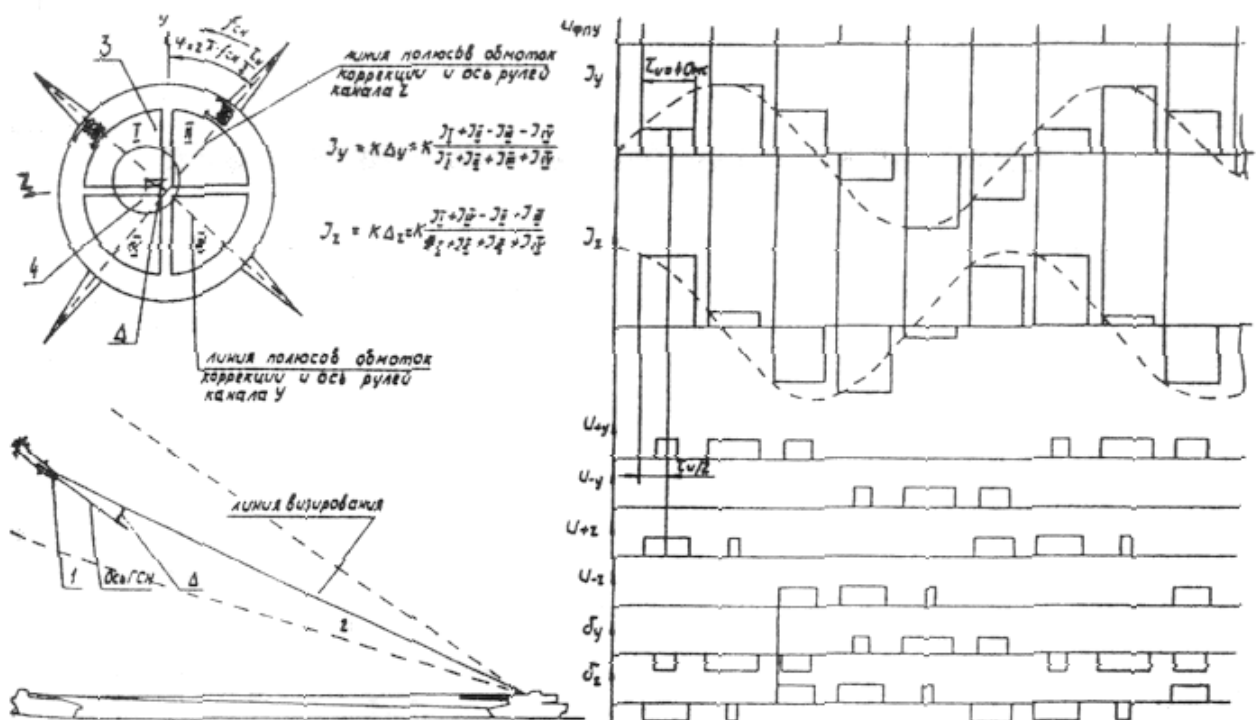


Рис.4.15. Принцип формирования сигналов самонаведения:

1- головка самонаведения; 2- отраженные от цели импульсы лазерного излучения; 3 – фотодиод; 4 – пятно рассеивания цели; Δ – угол рассогласования. $U_{ФПУ}$ - сигнал с ФПУ; J_y , J_z - сигналы управления ГСН; U_y , U_z – сигналы управления рулевым приводом; δ_y , δ_z - углы отклонения рулей; $f_{сн}$ – частота вращения снаряда по крену.

ГСН выдает на рулевой привод снаряда управляющий сигнал в виде серии импульсов напряжения фиксированной амплитуды, дальностью, пропорциональной смещению пятна рассеяния относительно центра площадок ФПУ. Максимальная длительность импульсов составляет 40 мс. Для обеспечения независимости фазового сдвига результирующей аэродинамической силы от переменной длительности управляющих импульсов середина последних отстоит по времени от момента приема ГСН отраженных импульсов подсветки на фиксированный временной интервал, равный половине длительности импульсов коррекции. Для компенсации фазового сдвига результирующей аэродинамической силы головка самонаведения повернута относительно плоскости рулей снаряда по направлению вращения снаряда на угол, соответствующий запаздыванию аэродинамической силы.

На участке самонаведения компенсация влияния силы тяжести снаряда осуществляется путем подачи сигнала с ламели ПГ, имеющей зону нечувствительности, равную 5° , непосредственно на рули снаряда и одновременно в головку самонаведения. Под действием сигнала с ПГ головка самонаведения создает корректирующий момент, вызывающий принудительный разворот ее ротора в плоскости стрельбы вниз. При этом ГСН вырабатывает команду управления в вертикальной плоскости, пропорционаданую адгебраической сумме угловой скорости линии визирования и угловой скорости принудительного раз-

ворота оси головки.

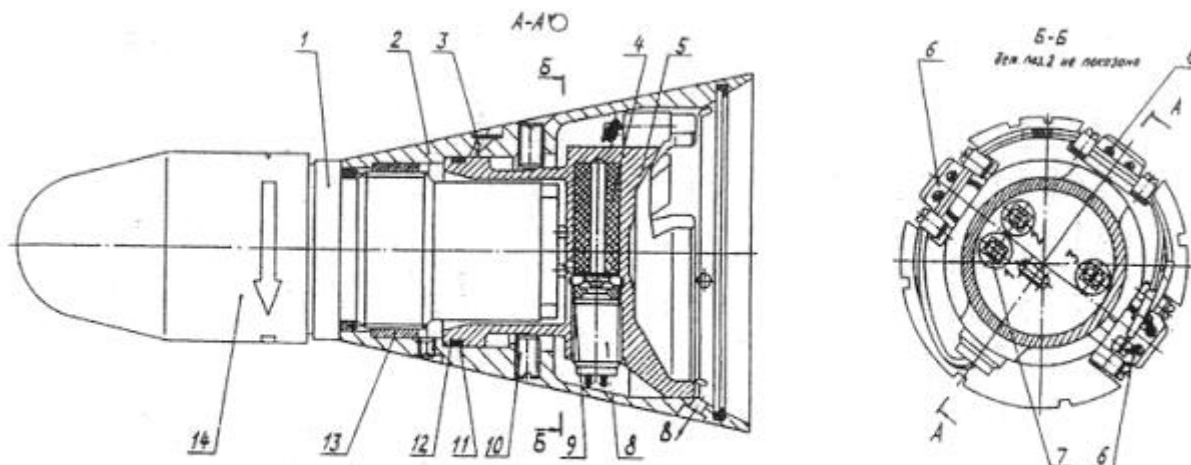
Носовой блок (НБ) (рис. 4.16) предназначен для предохранения оптических деталей головки самонаведения при эксплуатации, исключения возможности фоновых засветок ФПУ и снижения коэффициента лобового сопротивления снаряда на неуправляемом участке траектории. Он состоит из программного устройства взведения (ПУВ) 1, баллистического колпака 2, электровоспламенителя 8, заряда носового блока 4, поршня 5.

НБ имеет шесть отверстий В, расположенных по окружности на баллистическом колпаке 2, предназначенных для установки разрывных винтов крепления к корпусу ГСН. На поршне 5 установлены три колодки 6, с помощью которых осуществляется элементарная стыковка НБ с ГСН. При этом в подпружиненные контакты розеток НБ входят ножевые контакты колодок ГСН.

Для предохранения ПУВ от повреждения на него навинчивается герметизирующий колпак 14. ПУВ крепится к колпаку 2 резьбовым кольцом 13. Электрическая стыковка с ПУВ осуществляется разъемным соединением 7 ножевого типа. В камеру поршня 5 установлен заряд 4 носового блока, ввинчены рассекатель 9 и электровоспламенитель 8. Поршень 5 установлен до упора в торце рабочей камеры колпака 2 и зафиксирован радиальными винтами 10.

Рабочая камера двигателя НБ образована полостью между баллистическим колпаком 2 и поршнем 5 и герметизирована пластмассовым 11 и резиновым 12 уплотнительными кольцами, установленными в проточке поршня.

Для сброса НБ подается импульс тока через электровоспламенитель 8, который воспламеняет пороховую шашку. При горении шашки пороховые газы истекают из камеры поршня в рабочую камеру двигателя отделения.



4.16. Носовой блок:

1 - программное устройство взведения; 2 - баллистический колпак; 3 - сопло; 4 - заряд носового блока; 5 - поршень; 6 - колодка; 7 - разъемное соединение; 8 - электровоспламенитель 9Х284; 9 - рассекатель; 10 - радиальный винт; 11 - пластмассовое кольцо; 12 - резиновое кольцо; 13 - резьбовое кольцо; 14 - герметизирующий колпак; В - отверстие

При нарастании давления в рабочей камере происходит разрыв винтов, крепящих НБ к корпусу ГСН и колпак 2 с ПУВ начинает движение относительно поршня 5. При движении баллистического колпака объем рабочей камеры увеличивается и открывается боковое сопло 3. Ограничение пути движения колпака относительно поршня 5 осуществляют четыре радиальных винта 10, с помощью которых колпак 2 увлекает за собой поршень 5. Пороховые газы истекают через сопло, и реактивная сила уводит НБ в сторону с траектории снаряда.

Программное устройство взведения (ПУВ) входит в состав НБ и предназначено для формирования через заданное время после пуска снаряда импульсов поджига электровоспламенителей бортовой батареи и позиционного гироскопа. Конструктивно ПУВ скомпоновано; на основе трубки доснаряжения ЦЩ 6.043.011 (рис. 4.17) штатной трубки Т-90, содержащей установочный, механизм 1, часовой механизм 4 с накольным механизмом 2 и пусковым приспособлением 3. В хвостовой части трубки доснаряжения установлен корпус 6, внутри которого находится импульсный магнитоэлектрический генератор, состоящий из ярма 14, трубчатого цилиндрического магнита 10, бескаркасной катушки 11, скрепленных между собой компаундом, и якоря 9. В ярме 14 установлен вышибной заряд ВЗ-3 15. В конусной расточке якоря 9 расположен шарик 18.

Якорь, решетка 16 и шарик представляют собой обратный клапан, служащий для предотвращения утечки газов в объем часового механизма. Катушка 11 подключается к внешним электрическим цепям вилкой 13. Для фиксации якоря в исходном положении якорь 9 поджат к торцам ярма 14 и магнита 10 гайкой 5 через разрезное опорное кольцо 7 и втулку 8. Катушка 11 состоит из двух обмоток. Головная часть трубки доснаряжения ЦЩ 6.043.011 загерметизирована колпаком 20. Перед выстрелом колпак 20 снимается и установочным механизмом 1 производится установка ПУВ на заданное время действия. От воздействия перегрузки, возникающей при выстреле снаряда из ствола, пусковое приспособление 3 перемещается и освобождает стрелку часового механизма 4.

После прекращения действия перегрузки стрелка часового механизма приводится в движение. Время действия ПУВ определяется положением стрелки часового механизма относительно фигурной прорези планки установочного механизма. При совпадении стрелки с прорезью происходит освобождение накольного I механизма 2, который накаливает капсюль-воспламенитель.

Форс пламени от капсюля-воспламенителя воспламеняет вышибной заряд 15. Газы от капсюля-воспламенителя подводятся к вышибному заряду по газопроводным каналам *Б* и через обратный клапан в якорь 9. При срабатывании вышибного заряда шарик 18 закрывает отверстие в якорь 9, который под действием горячих газов, продавливая втулку 8 через опорное кольцо 7, разрывает магнитную цепь и перемещается в свободном объеме *А*, что приводит к генерированию электрических импульсов напряжения, которые подаются в объем *А* и канал *Б* для поджига электровоспламенителей бортовой батареи и позиционного гироскопа.

Головка самонаведения

Лазерная полуактивная головка самонаведения предназначена для формирования управляющих сигналов наведения на цель артиллерийского управляемого снаряда на конечном участке траектории.

ГСН обеспечивает захват цели и автономное самонаведение на цель. Она представляет собой гироскопическое следящее устройство, совмещающее оптическую ось объектива координатора, воспринимающего отраженное от цели лазерное излучение, с направлением на эту цель.

Структурно ГСН состоит из обтекателя с фильтром 1, гироскоординатора цели 2 и электронного блока (ЭБ) 3 (рис.4.18).

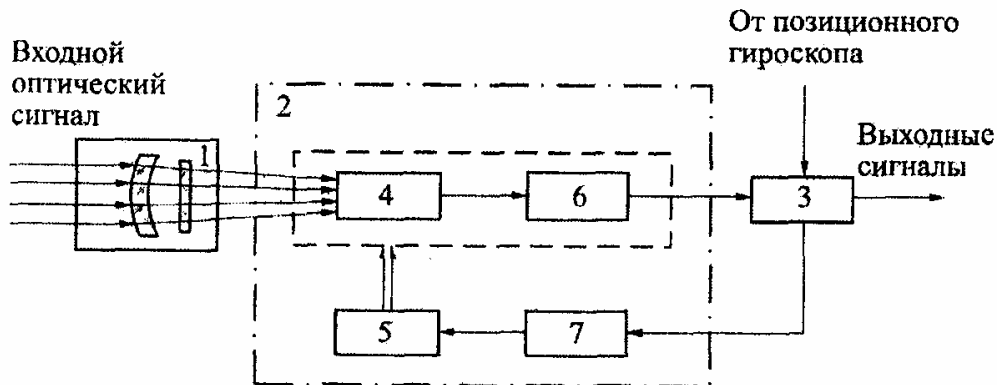


Рис. 4.18. Структурная схема головки самонаведения:

1 - обтекатель с фильтром; 2 - гироскоординатор; 3 - блок электронный; 4 - объектив; 5 - гироскоп; 6 - устройство фотоприемное; 7 - система коррекции.

Обтекатель с оптическим фильтром 1 и трехлинзовый светосильный объектив 4 осуществляют спектральную селекцию отраженных от цели импульсов лазерного излучения ($\lambda=1,064$ мкм), обеспечивают необходимый угол зрения ГСН ($\pm 15^\circ$), собирают отраженное от цели излучение так, что цель отображается в виде светового пятна на фоточувствительных площадках фотоприемного устройства (ФПУ) 6.

Гироскоординатор 2 включает в себя гироскоп 5 с системой коррекции 7 и объектив 4 с фотоприемным устройством 6. Гироскоп гироскоординатора является исполнительным элементом, совмещающим оптическую ось объектива 4 с направлением на цель.

Система коррекции 7 осуществляет управление гироскопом 5. Коррекция УГЛОВОГО положения оси собственного вращения ротора производится импульсами тока постоянной длительности формируемыми в ЭБ на каждый импульс подсвета цели, воспринятый ФПУ.

ФПУ предназначено для приема отраженного от цели излучения, прошедшего через обтекатель и объектив. ФПУ состоит из восьмиплощадного фотодиода а восьми встроенных усилителей. Геометрия площадок имеет вид, приведенный на рис. 4.19.

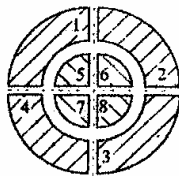


Рис. 4.19. Геометрия чувствительных площадок ФПУ

Электронный блок обеспечивает:

- селекцию и обработку принятых импульсов отраженных от цели для получения координатной информации о ее местоположении в поле зрения ГСН;

- формирование соответствующих сигналов коррекции, поступающих в систему коррекции 7 гироскопа 5;

- формирование сигнала компенсации веса снаряда;

- формирование команд для управления рулевым приводом.

Конструктивно ГСН состоит (рис. 4.20) из гироскоординатора, электронного блока, корпуса и патрубка.

Гироскоординатор состоит из гироскопа, объектива 26 и ФПУ 24. Гироскоп гироскоординатора - трехстепенной астатический с внутренним кардановым подвесом. Карданов подвес, состоящий из установленных в основании 2 внутренней 29 и наружной 21 рамок, позволяет ротору 32 прокатываться на угол $\pm 17,5^\circ$. В качестве чувствительных опор подвеса используются подшипники 20.

Во внутренней полости внутренней рамки 29 карданова подвеса установлены объектив 26 и ФПУ 24. Оптическая ось объектива и ФПУ совпадает с осью собственного вращения гироскопа.

Ротор 32 гироскопа, кинетический момент которого ориентирован по продольной оси снаряда, во внутренней рамке установлен на скоростных подшипниках 23. Ротор раскручивается на траектории после формирования головкой самонаведения сигнала «Захват цели». Раскрутка ротора осуществляется пружинным двигателем со спиральной пружиной 5 с помощью поводков 4, складывающихся после окончания разгона ротора. До раскрутки ротора с целью разгрузки опор подвеса при действии стартовой перегрузки ротор 32 и основание 2 карданова подвеса ротора поджаты к корпусу 19.

Для удержания ротора в этом положении используется арретир, представляющий собой шариковый замок, который срабатывает от пиропатрона 12 по сигналу «Захват цели». До срабатывания арретира ротор удерживается от вращения по крену установленными на корпусе 19 упорами. Система коррекции гироскопа является двухканальной. Она включает в себя катушки коррекции 3, установленные на каркасе 1, постоянный магнит, являющийся одновременно маховой массой ротора 32, усилительные элементы, расположенные в ЭБ.

Коррекция углового положения оси собственного вращения ротора осуществляется посредством взаимодействия магнитного поля магнита ротора 32 с полем катушек 3. Катушки коррекции включены попарно. Каждая пара катушек предназначена для коррекции углового положения оси собственного вращения ротора в одной из плоскостей снаряда - $x O_y$ или $x O_z$.

Электронный блок 7 ГСН конструктивно выполнен на платах из фоль-

гированного стеклотекстолита, на которых установлены электро-радиоэлементы ЭБ. Платы собраны на четырех стальных шпильках и отделены друг от друга дистанционными втулками. Собранные в единую конструкцию платы установлены на основании 13, которое является несущей конструкцией всей ГСН. В основании имеются четыре разъема 15, обеспечивающие электрическую связь ГСН с автопилотным блоком снаряда. В целях обеспечения защиты элементов ЭБ от воздействия стартовой перегрузки после сборки свободные промежутки между платами и элементами заполняют пенопластом.

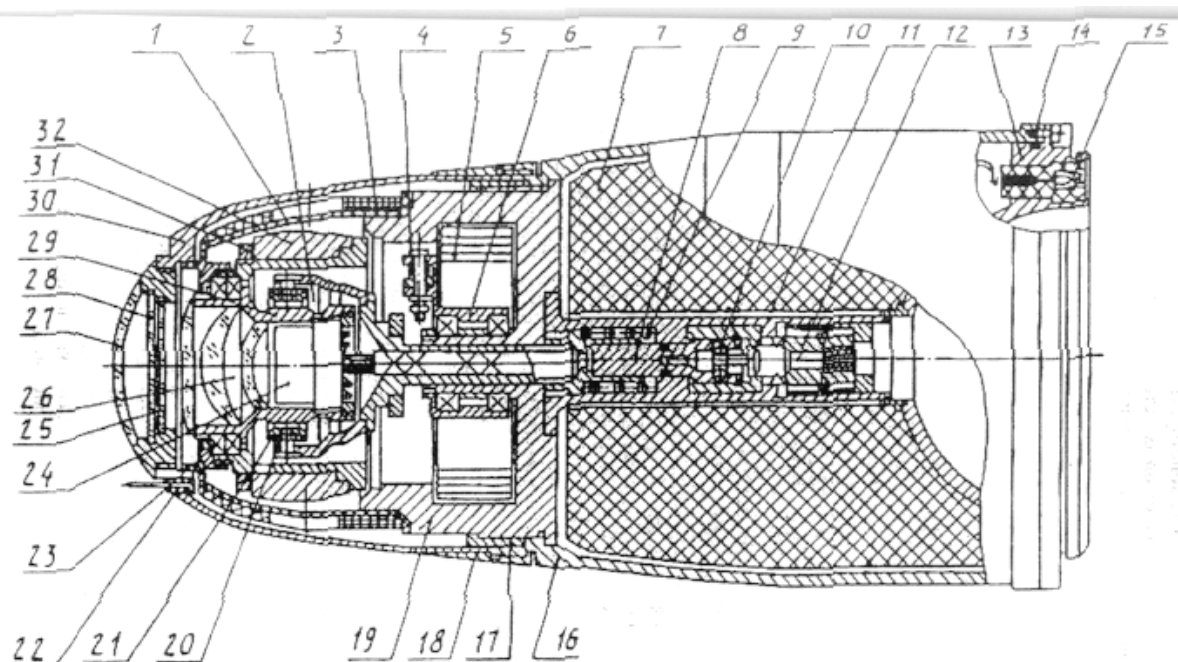


Рис. 4.20. Головка самонаведения:

1 - каркас; 2 - основание карданова подвеса; 3 - катушка коррекции; 4 - поводок; 5 - спиральная пружина; 6 - обойма; 7 - электронный блок; 8 - поршень; 9 - возвратная пружина; 10 - шарик; 11 - шток; 12 - пиропатрон; 13 - основание; 14 - винт; 15 - разъем; 16 - корпус; 17 - резьбовая гайка; 18 - накладная гайка; 19 - корпус гироскопа; 20 - подшипник; 21 - наружная рамка; 22 - ножевой контакт; 23 - подшипник 7000807; 24 - ФПУ; 25 - стекло; 26 - объектив; 27 - обтекатель; 28 - фильтр; 29 - внутренняя рамка; 30 - патрубок; 31 - прокладки; 32 - ротор

Функционирование ГСН

Отраженное от подсвеченной цели излучение фокусируется объективом ГСН в фокальной плоскости. Поскольку плоскость чувствительных площадок ФПУ смещена относительно фокальной плоскости объектива, цель проецируется на плоскость площадок ФПУ в виде светового пятна.

Возможны два случая положения пятна на чувствительных площадках фотодиода:

- пятно находится на периферийных площадках;
- пятно находится на центральных площадках.

Наиболее общим является первый случай, когда происходит засветка периферийных площадок фотодиода. На выходах ФПУ 1 формируются импульсы

напряжения, пропорциональные величине освещенности на входном зрачке ГСН. По сигналу «Захват» срабатывает пиропатрон 12 арретирующего механизма гироскоординатора, который создает осевое усилие, перемещающее шток 11 арретира. Шток освобождает шарики 10 замка, и поршень арретира вместе с основанием 2 карданова подвеса, в которое он ввернут, под действием возвратной пружины 9 перемещается по направлению к входному зрачку ГСН. Ротор выходит из зацепления с упорами на корпусе гироскопа, раскручивается спиральной пружиной 5, после чего поводки 4 складываются, а ротор продолжает вращаться по инерции.

На время разгона ротора до номинальных оборотов в ЭБ вырабатывается запрет на прохождение сигналов коррекции в катушки гироскопа. По окончании времени запрета сигналы коррекции в виде тока постоянной амплитуды поступают в обмотки коррекции ОК1, ОК2. В результате взаимодействия магнитного поля ротора с полем катушек коррекции гироскоп прецессирует в сторону цели, уменьшая угол рассогласования между осью объектива ФПУ и направлением на цель. Скорость прецессии при этом максимальна. Пятно изображения цели, двигаясь в направлении центра площадок ФПУ, переходит с периферийных площадок на центральные. Начинают работу каналы схемы, связанные с центральными площадками. ГСН переходит в режим автосопровождения цели. Особенностью этого режима является слежение за целью и формирование выходных сигналов пропорциональных угловой скорости визирования, для чего производится измерение рассогласования оптической оси ГСН и ее продольной оси в каждый момент приема отраженного от цели лазерного излучения. Анализируя положение пятна на центральных площадках ФПУ, аппаратура преобразует координаты центра пятна на ФПУ в сигналы управления гироскопом.

Положение пятна в системе координат ФПУ можно задать координатами Δz и Δy центра пятна, как указано на рис. 4.21.

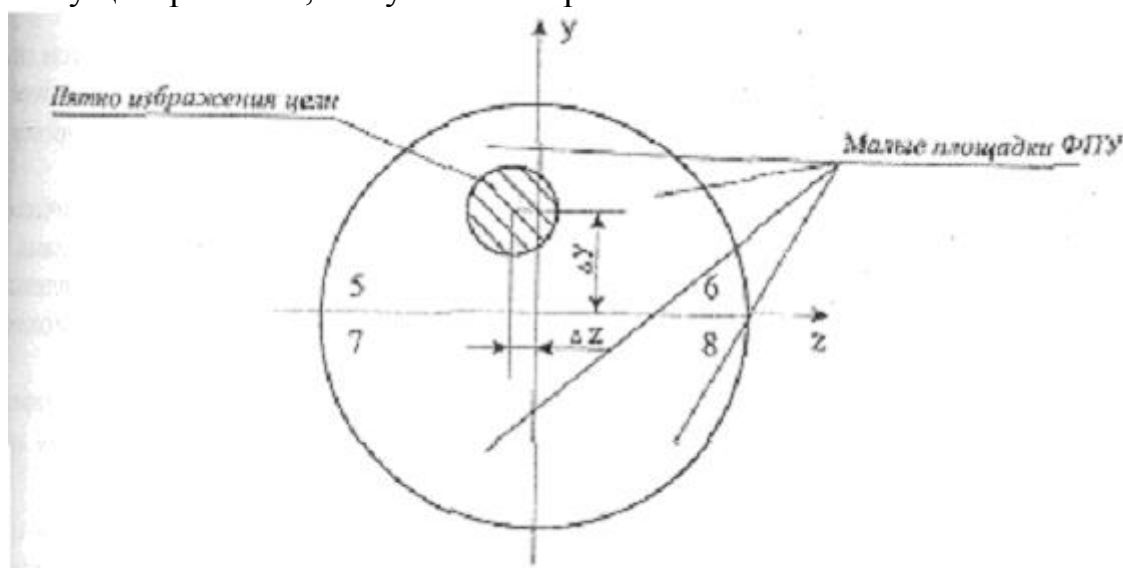


Рис. 4.21. Схема определения координат цели

Эти координаты можно выразить через напряжения, снимаемые с каждой площадки, пропорциональные площади засвеченных поверхностей (U_5, U_6, U_7, U_8).

Тогда можно записать

$$U_{yз} = (U_5 + U_6) - (U_7 + U_8),$$
$$U_{zз} = (U_6 + U_8) - (U_5 + U_7),$$

где $U_{yз}$, $U_{zз}$ - напряжения, пропорциональные координатам ΔY и ΔZ .

Так как $U_{yз}$ и $U_{zз}$ зависят от величины энергии в пятне, то с целью устранения этой зависимости в ЭБ введена схема нормирования, в которой значения $U_{yз}$, $U_{zз}$ делятся на величину суммарного сигнала $U_{\Sigmaз}$. Сигналы, поступающие в ОК1, ОК2 при слежении ГСН за целью, представляют собой амплитудно-модулированные прямоугольные импульсы постоянной длительности с периодом, соответствующим частоте импульсов подсвета цели.

Для управления снарядом ГСН вырабатывает сигналы, поступающие в ав-топилотный блок снаряда. Это импульсы напряжения прямоугольной формы и переменной ширины. Ширина импульсов зависит от амплитуды сигналов коррекции гироскопа. Середина выходного импульса совпадает по времени с серединой сигнала коррекции, а его расширение происходит, симметрично в обе стороны относительно середины. Таким образом, управление снарядом осуществляется ши-ротной модулированными импульсами постоянной амплитуды.

Для формирования сигналов компенсации веса ГСН имеет обмотку компенсации веса и усилительно-преобразовательные элементы. Катушка компенсации веса расположена на каркасе катушек коррекции, а усилительно-преобразовательные элементы - в ЭБ. По сигналу с позиционного гироскопа, расположенного в автопилотном блоке снаряда, в обмотку компенсации веса поступает сигнал в виде импульсов прямоугольной формы, и гироскоп проецирует в вертикальной плоскости.

Автопилотный блок

Автопилотный блок (рис. 4.22) предназначен для управления полетом снаряда. Конструктивной основой автопилотного блока является корпус 3, в котором закреплены позиционный гироскоп 1, рулевой привод 5, блок питания и преобразования 8.

Корпус имеет продольные пазы для складывания рулей 6 и технологическое отверстие для доступа к контрольному разъему. Пазы закрываются щитками 7, отверстия - заглушкой 9. Щитки, закрывающие продольные пазы, закреплены с одного конца головками винтов 4, с другого - с помощью сухарей 10, установленных на рулях.

Для электрической стыковки автопилотного блока с головкой самонаведения на гироскопе направления закреплена кольцевая колодка 2 с ножевыми контактами.

Двухканальный трехпозиционный привод (рис.4.23) предназначен для преобразования электрических сигналов, поступающих с гироскопа направления и головки самонаведения, в угловые отклонения рулей и выполнен по коромысло-вой схеме. Привод включает в себя: шпангоут 6, две пары рулей 10, четыре рулевые машины 14, аккумулятор давления сжатого воздуха 11, пусковое устройство 4, два редуктора 2, механизм раскрытия рулей 12, электромон-

тажную колодку 16.

Шпангоут 6 является базовой деталью, на которой закреплены все составные части привода. В шпангоуте выполнены каналы, соединяющие аккумулятор давления сжатого газа с рабочими полостями рулевых машин. В двух взаимно перпендикулярных отверстиях шпангоута в подшипниках скольжения 19 установлены цапфы 18, на осях цапф закреплены рули 10. Цапфы попарно жестко соединены штифтами 20 с осями 21. Рули в раскрытом положении фиксируются подпружиненными шариками 17. Рулевые машины соединены с цапфами гайками 15.

Рулевая машина (рис.4.24) предназначена для преобразования давления сжатого воздуха в перемещение поршня в соответствии с поступающими на нее электрическими сигналами и состоит из пневмодвигателя, распределительного устройства, управляющего электромагнита.

Аккумулятор давления предназначен для обеспечения привода рабочим телом - сжатым воздухом и представляет собой баллон высокого давления со штуцером, внутри которого размещен обратный клапан шарикового типа. Герметизация баллона осуществляется завашсрй мембраны 7. Между мембраной и шариком 9 расположен толкатель 8, взаимодействующий с шариком при разгерметизации баллона.

Пусковое устройство 4 предназначено для разгерметизации баллона и состоит из корпуса с размещенными в нем поршнем 5 и электровоспламенителем 3.

Редукторы давления 2 (см. рис.4.23), конструктивное исполнение которых одинаково, представляют собой двухступенчатую систему редуцирования и предназначены для понижения давления сжатого воздуха баллона до рабочего и его стабилизации. Редуктор давления (рис.4.25) включает корпус 1 с центральным сквозным отверстием, в котором расположены основание 2 с уплотнительным кольцом 3, пружина 5, втулка 4 и регулирующая гайка 6. На корпусе установлены уплотнительные кольца 7 и фильтрующая сетка 8. Кромка *A* отверстия и поверхность *B* основания образуют редуцирующее отверстие. Настройка редуктора осуществляется гайкой 6.

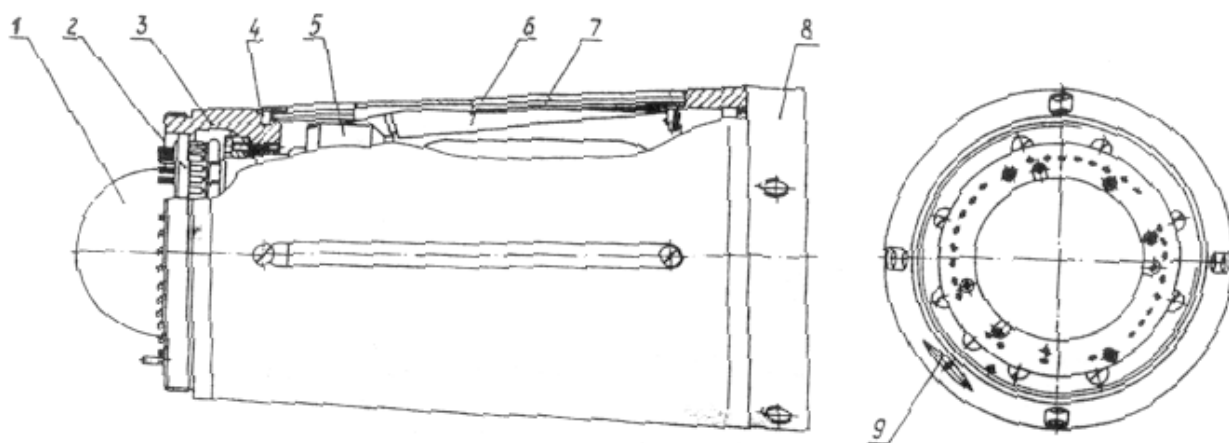


Рис. 4.22. Автопилотный блок:

1 - позиционный гироскоп; 2 - колодка; 3 - корпус; 4 - винт; 5 - привод; 6 - руль; 7 - щиток; 8 - блок питания и преобразования; 9 - заглушка

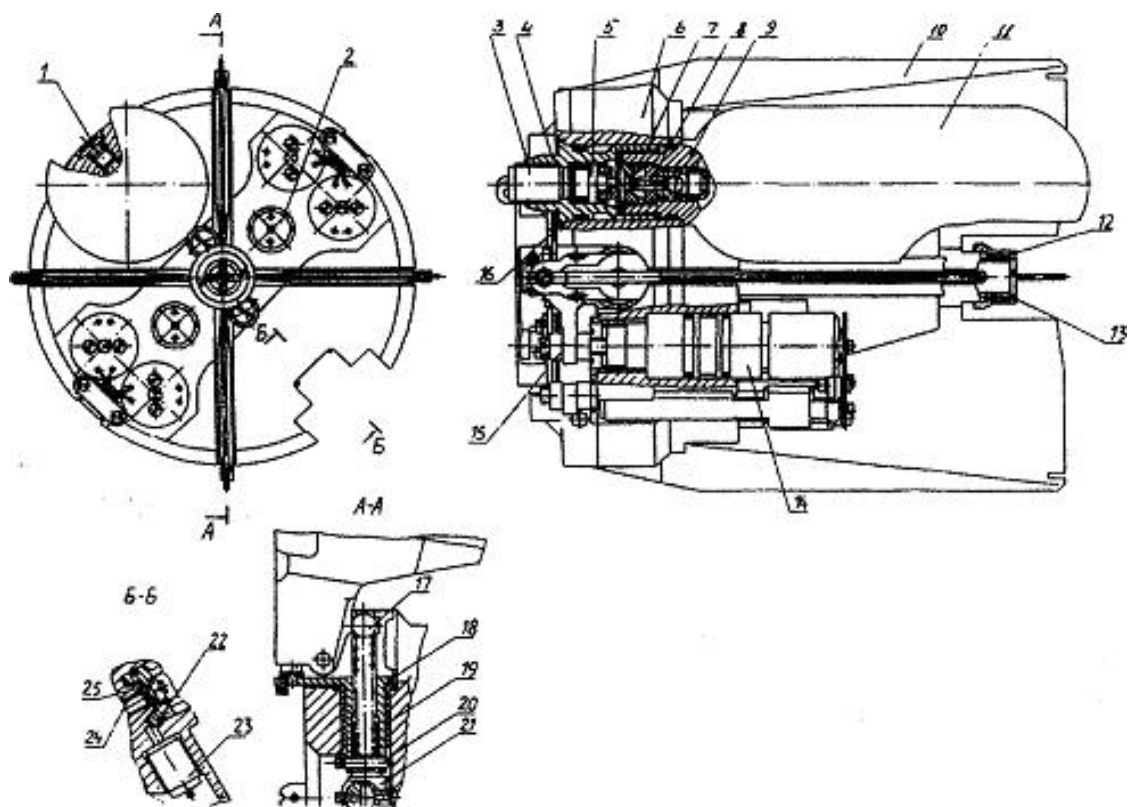


Рис. 4.23. Привод:

1 - заглушка; 2 - редуктор; 3 - электровоспламенитель; 4 - пусковое устройство; 5 - поршень; 6 - шпангоут; 7 - мембрана; 8 - толкатель; 9 - шарик, 10 - руль; 11 - аккумулятор давления; 12 - механизм раскрытия; 13 - гайка; 14 - рулевая машина; 15 - гайка; 16 - электромонтажная колодка; 17 - шарик; 18 - цапфа; 19 - подшипник скольжения; 20 - штифт; 21 - ось; 22 - поршень; 23 - электровоспламенитель; 24 - винт; 25 - гайка.

Механизм раскрытия рулей (см. рис.4.23) включает электровоспламенитель 23, поршень 22 с прорезями для размещения рулей. Поршень закреплен гайкой 25, наворачиваемой на винт 24 с ослабленным сечением, установленный в центральном отверстии шпангоута 6. Гайка 13 удерживает рули в сложенном положении. При подаче с АЭ импульса тока одновременно срабатывают электровоспламенители 3 и 23 (см. рис.2.23) пускового устройства баллона и механизма раскрытия рулей. Под действием давления газа, образовавшегося при срабатывании электровоспламенителя 23, разрушается винт 24, перемещается поршень 22, освобождаются рули 10, удерживаемые в сложенном положении гайкой 13. При дальнейшем перемещении поршень ударяет по входящим в его пазы рулям, последние раскрываются и фиксируются подпружиненными шариками 17.

При срабатывании электровоспламенителя 3 поршень 5 пускового устройства пробивает мембрану 7 и перемещает толкатель 8, который открывает обратный клапан баллона. Баллон разгерметизируется, и сжатый воздух по каналам в шпангоуте 6 проходит последовательно через редукторы 2 и поступает в распределительные устройства рулевых машин 14.

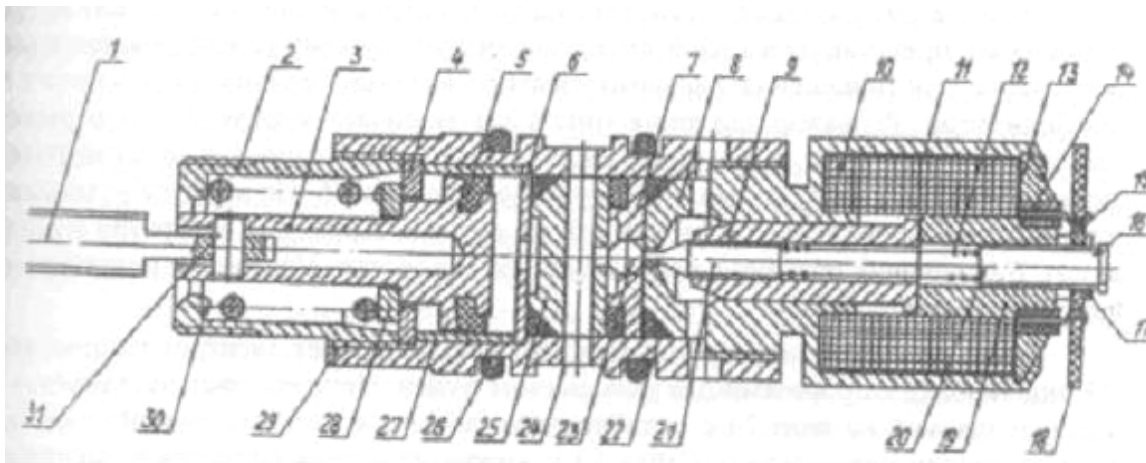


Рис.4.24. Рулевая машина:

1- тяга; 2 – обойма; 3 – поршень; 4 – упор; 5 – манжета; 6 – пластина; 7 – втулка; 8 – втулка; 9 – якорь; 10 – обмотка; 11 – корпус; 12 – пружина; 13 – прокладка; 14 – втулка; 15 – шайба; 16 – винт; 17 – шайба; 18 – плата; 19 – ярмо; 20 – винт; 21 – толкатель; 22 – уплотнительное кольцо; 23 – шарик; 24 – сетка; 25 – основание; 26 - уплотнительное кольцо; 27 – цилиндр; 28 – шайба; 29 – корпус; 30 – пружина; 31 – ось.

При отсутствии сигнала обмотка управления 10 (см. рис.4.24) электромагнита обесточена, шарик распределительного устройства под действием подгруженного якоря 9 закрывает входное отверстие распределительного устройства, воздух в пневмодвигатель не подается, рули занимают нейтральное положение. При подаче на обмотку управления соответствующей рулевой машины управляющего электрического сигнала электромагнит срабатывает, якорь 9, сжимая пружину 12, притягивается к полюсу ярма 19. Под действием давления воздуха шарик закрывает входное отверстие распределительного устройства, сжатый дух поступает в пневмодвигатель, перемещает поршень 3, сжимая пружину. Связанная с поршнем цапфа (см. рис. 4.23) поворачивается, обеспечивая отклонение закрепленного в ней руля 10 на требуемый угол.

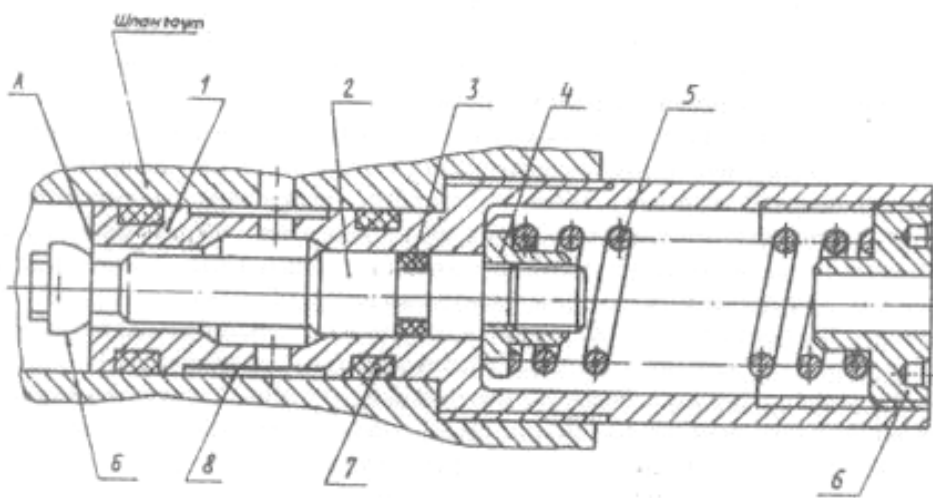


Рис. 4.25. Редуктор:

1- корпус; 2 – основание; 3 - уплотнительное кольцо; 4 – втулка; 5 – пружина; 6 – гайка; 7 - уплотнительное кольцо; 8 – сетка; А – кромка отверстия; Б – сферическая поверхность.

При снятии электрического сигнала с обмотки управления якорь под действием пружины воздействует на шарик, который закрывает входное отверстие распределительного устройства. Поршень под действием пружины перемещает исходное положение, воздух из пневмодвигателя вытесняется наружу через выходное отверстие распределительного устройства. Рули возвращаются в нейтральное положение.

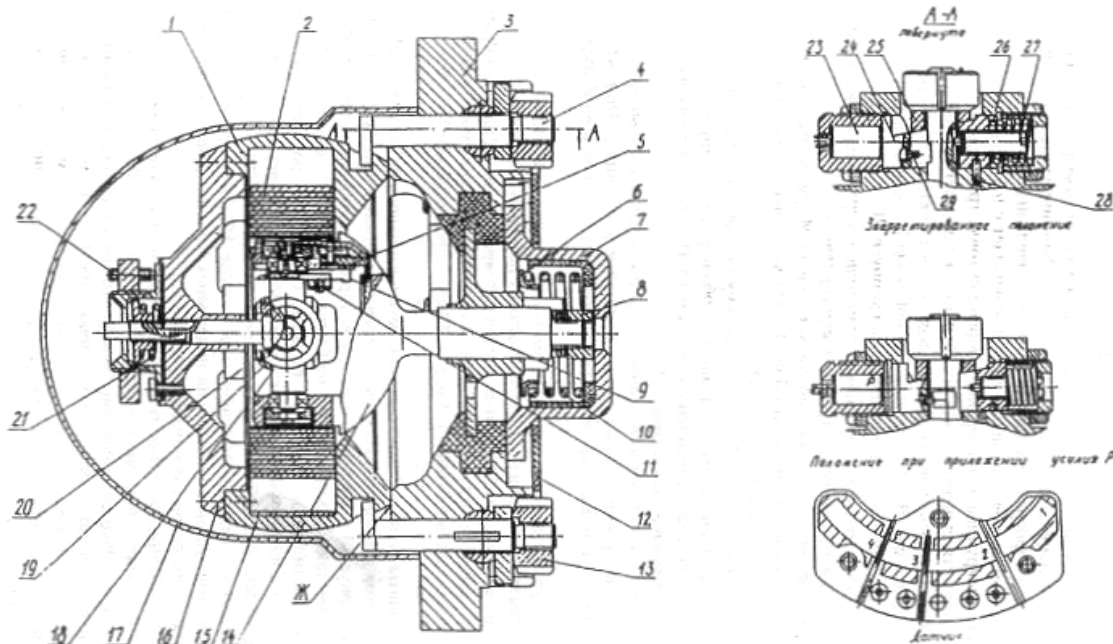


Рис. 4.26. Позиционный гироскоп:

1 – ротор; 2 – пружинный двигатель; 3 – основание; 4 – упор; 5 – датчик; 6 – втулка; 7 – фланец; 8 – гайка; 9 – щетка; 10 – пружина; 11 – винт; 12 – кожух; 13 – гайка; 14 – корпус; 15 – обод; 16 – фланец; 17 – кожух; 18 – наружная рамка; 19 – внутренняя рамка; 20 – гайка; 21 – пружина; 22 – винт; 23 – пиротехнический элемент; 24 – толкатель; 25 – шайба; 26 – пружина; 27 – фиксатор; 28 – штифт; 29 – винт; Ж – плоскость.

Позиционный гироскоп (рис. 4.26) предназначен для измерения угла наклона продольной оси снаряда к плоскости горизонта и формирования сигналов управления на участках программного наведения и самонаведения.

В исходной состоянии главная ось ПГ совпадает с продольной осью снаряда. Ротор ПГ раскручивается в заранее выбранной точке траектории. По мере того как вектор скорости снаряда меняет угол наклона к плоскости горизонта под действием гравитации, ось снаряда, отслеживая поворот вектора скорости, отклоняется от оси вращения ПГ. Угол между главной осью ПГ и продольной осью снаряда измеряется датчиком, установленным на корпусе ПГ.

ПГ состоит из ротора с пружинным двигателем, карданова подвеса, лямельного датчика угла, механизма разгрузки и арретирования.

Ротор 1 представляет собой полууточенную сферу, состоящую из соединенных между собой фланца 16 и обода 15. Он установлен на подшипниках во внутренней рамке 19 карданова подвеса.

Пружинный двигатель 2 размещен во внутренней полости ротора ПГ. Наружный конец пружины жестко закреплен на ободе ротора, а внутренний при заводке двигателя разъемно соединен с корпусом 14. Внутренняя рамка на

подшипниках установлена в наружной рамке 18.

Корпус 14, в котором на подшипниках установлена наружная рамка, представляет собой полусферу с осью, установленной в основании 3. Под действием пружины 10 корпус может перемещаться во втулке б, в которой он фиксируется от проворота.

На корпусе установлен *тоский ламельный датчик*, состоящий из четырех секторов. У датчика секторы 1 и 4 используются на участке планирования, а сектор 3 и 4 - на участке самонаведения. Щетка 9, закрепленная на наружной рамке, представляет собой плоскую пружину с контактом из проволоки. Контактное усилие обеспечивается винтом 11. Кожухи 12 и 17 предохраняют ПГ от загрязнения.

Для защиты подшипниковых опор и рамок карданова подвеса от стартовых перегрузок ротор в заарретированном положении поджат к опорной плоскости Ж основания, корпус 14 к фланцу 7, а между ротором и кардановым подвесом в направлении действия ускорения установлена пружина 21, жесткость которой меньше жесткости рамок карданова подвеса. Стрпорение ротора от вращения осуществляется арретирующим механизмом, состоящим из двух Г-образных упоров 4, толкателей 24, шайб 2?, гаек 13 и фиксаторов 27. Упоры, выступы которых взаимодействуют с пазами, вьюлнениыми в обode 15, удерживается от вращения фиксаторами, установленными на подвижных втулках. Две регулировочные гайки притягивают ротор к основанию без зазора.

Штифты 28 предохраняют подвижные втулки от перемещения, а следовательно, и ПГ от преждевременного разарретирования при действии боковых стартовых перегрузок. Исполнительными элементами арретирующего механизма являются пиротехнические элементы. Срабатывание ПГ происходит при подаче импульса тока на пиротехнические элементы. Под действием усилия пиротехнического элемента происходит срезание штифтов и перемещение подвижных клинообразных втулок.

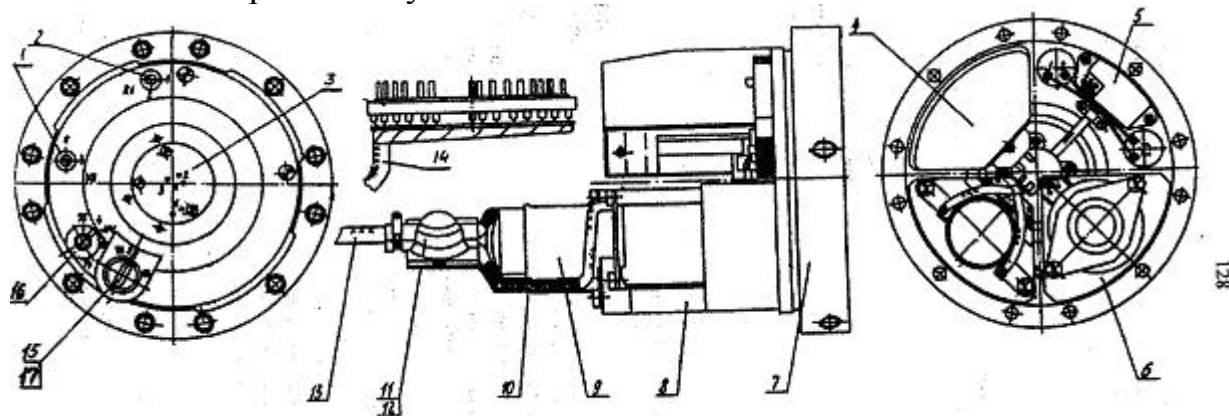


Рис. 4.27. Блок питания и преобразования:

1 - установочное устройство; 2 - переключатель режимов; 3 - токоподвод; 4 - электронная аппаратура; 5 - блок фильтров; 6 - блок батареи Т-514Б; 7 - корпус; 8 - блок низковольтных батарей Т514А (2 шт); 9 - блок батареи Т-514А; 10 - скоба; 11 - кожух; 12 - разъем; 13 - жгут; 14 - кольцевая вилка; 15 - разъем; 16 - переключатель частот; 17 - заглушка

При этом фиксаторы, перемещаясь вместе со втулками, выходят из пазов, выполненных в упорах, и получают свободу вращения вокруг своих осей. При дальнейшем движении втулок происходит соударение винтов 29 с плоскостями, выполненными на упорах, в результате чего упоры разворачиваются, освобождая ротор.

Под действием момента пружинного двигателя происходит разгон ротора до рабочих оборотов. При этом для уменьшения погрешности гироскопа при разарретировании разгон ротора осуществляется на опорной плоскости основания. После окончания разгона внутренний Конец двигательной пружины выходит из зацепления с корпусом, ротор с кардановым подвесом отходит от основания, обеспечивая углы прокачки по осям, и в дальнейшем работает на выбеге. При этом ось ротора ПГ «запоминает» положение продольной оси снаряда в момент разарретирования. В процессе полета продольная ось снаряда изменяет свою ориентацию в вертикальной плоскости и смещает ламельный датчик относительно щетки. При вращении основания по крену щетка совершает колебательное движение по секторам датчика, с которых снимаются сигналы управления.

Блок питания и преобразования (рис.4.27) предназначен для обеспечения питающими напряжениями ГСН, БА, взрывателя и для управления обмотками электромагнитов привода по сигналам с ГСН и ПГ. Он состоит из источника электропитания, включающего три низковольтные батареи и одну высоковольтную батарею 6, 8, 9 для питания ФПУ; электронной аппаратуры 4 и жгута 13 с кольцевой вилкой 14 и двумя контрольными разъемами 12 и 15. В БПП конструктивно размещены установочное устройство взрывателя 1, переключатель режимов 2, переключатель частот 16, токоподвод 3 и блок фильтров 5. Составные части БПП, кроме разъема 12 и кольцевой вилки 14, крепятся на общем корпусе 7, представляющем собой основную несущую конструкцию блока. Электрическая связь между сборочными единицами блока питания и преобразования осуществляется с помощью жгута 13. Жгут заканчивается кольцевой вилкой, которая служит для стыковки с ПГ и ГСН.

Электронная аппаратура предназначена для логической обработки и усиления сигналов, поступивших с ГСН и ПГ. Установочное устройство 1 служит для установки взрывателя боевой части на мгновенное или замедленное действие.

Блок фильтров 5 предназначен для защиты от электромагнитных полей в целях исключения самопроизвольного срабатывания электровоспламенителей.

Переключатель режимов 2 служит для замыкания или размыкания двух входных цепей электронной аппаратуры в целях реализации ближней или дальней зоны взведения. Токоподвод 3 обеспечивает электронную связь БПП с боевой частью.

Батареи БПП представляют собой герметичные металлические цилиндры с помещенными в них электролитическими элементами, между которыми располагаются пиронагреватели с электровоспламенителями. Пиронагреватели после воспламенения от электровоспламенителя расплавляют соли электролита и приводят батарею в рабочее состояние.

Электронная аппаратура предназначена для усиления и преобразова-

ния электрических сигналов, поступающих с ГСН и ПГ в команды управления токами в обмотках электромагнитов привода и обмотках коррекции ГСН, а также для формирования команд на срабатывание электровоспламенителей низковольтной батареи GB1, механизма раскрытия рулей и воздушного баллона рулевого привода.

Действие снаряда при стрельбе в режиме "дальняя зона"

При стрельбе на дальностях свыше 12 км стрельба УАС «Краснополь» осуществляется в режиме «дальняя зона».

Циклограмма работы снаряда в этом режиме представлена на рис. 4.28.

При ударе бойка орудия по капсюльной втулке воспламеняется метательный заряд и под действием давления газов в стволе снаряд выстреливается из орудия.

При снятой заглушке 7 (см. рис. 4.12) для стрельбы в режиме "дальняя зона" в процессе движения снаряда по каналу ствола под действием температуры и давления пороховых газов поджигается ВЛЗД для запуска разгонного двигателя, а под действием ствольной перегрузки запускается часовой механизм ПУВ и взводится взрыватель БЧ.

При выходе снаряда из ствола орудия крылья освобождаются от фиксации, и под действием центробежных и аэродинамических сил раскрываются на расстоянии 25-35 м от орудия.

Разгонный двигатель запускается сразу же после выхода из ствола орудия и работает малое время, сообщая снаряду дополнительную скорость.

По истечении предварительно установленного в ПУВ времени срабатывает часовой механизм и индуктор формирует электрический импульс, поджигающий электровоспламенители арретира ПГ и низковольтной батареи GB4. При этом разарретируется и раскручивается ротор гироскопа, выходит на режим низковольтная батарея GB4, напряжение с которой подается на электронную аппаратуру, привод рулей, токоподвод ПГ, переключатель режимов, взрыватель боевой части.

После разгона ротора ПГ последний приобретает гироскопические свойства и его главная ось «запоминает» положение продольной оси снаряда в момент разарретирования. Под действием силы тяжести вектор скорости и продольная ось снаряда изменяют свою ориентацию в вертикальной плоскости, при этом происходит смещение ламельного датчика относительно токоподвода ПГ. В момент достижения угла пеленга 22° (см. рис. 4.14) ламельный датчик формирует сигнал, от которого, после усиления по току в ЭА, происходит срабатывание электровоспламенителей механизма раскрытия рулей и пускового устройства воздушного баллона.

Одновременно происходит срабатывание низковольтной батареи GB1 (Т-514А), запитывающей электронику ГСН, а по мере выхода на режим батареи GB1 от нее срабатывают низковольтная батарея GB2 и высоковольтная GB3 (Т-514В). Напряжение с батареи GB3 подается на ФПУ, а с батареи GB2 на усилители мощности ГСН и на электровоспламенитель НБ.

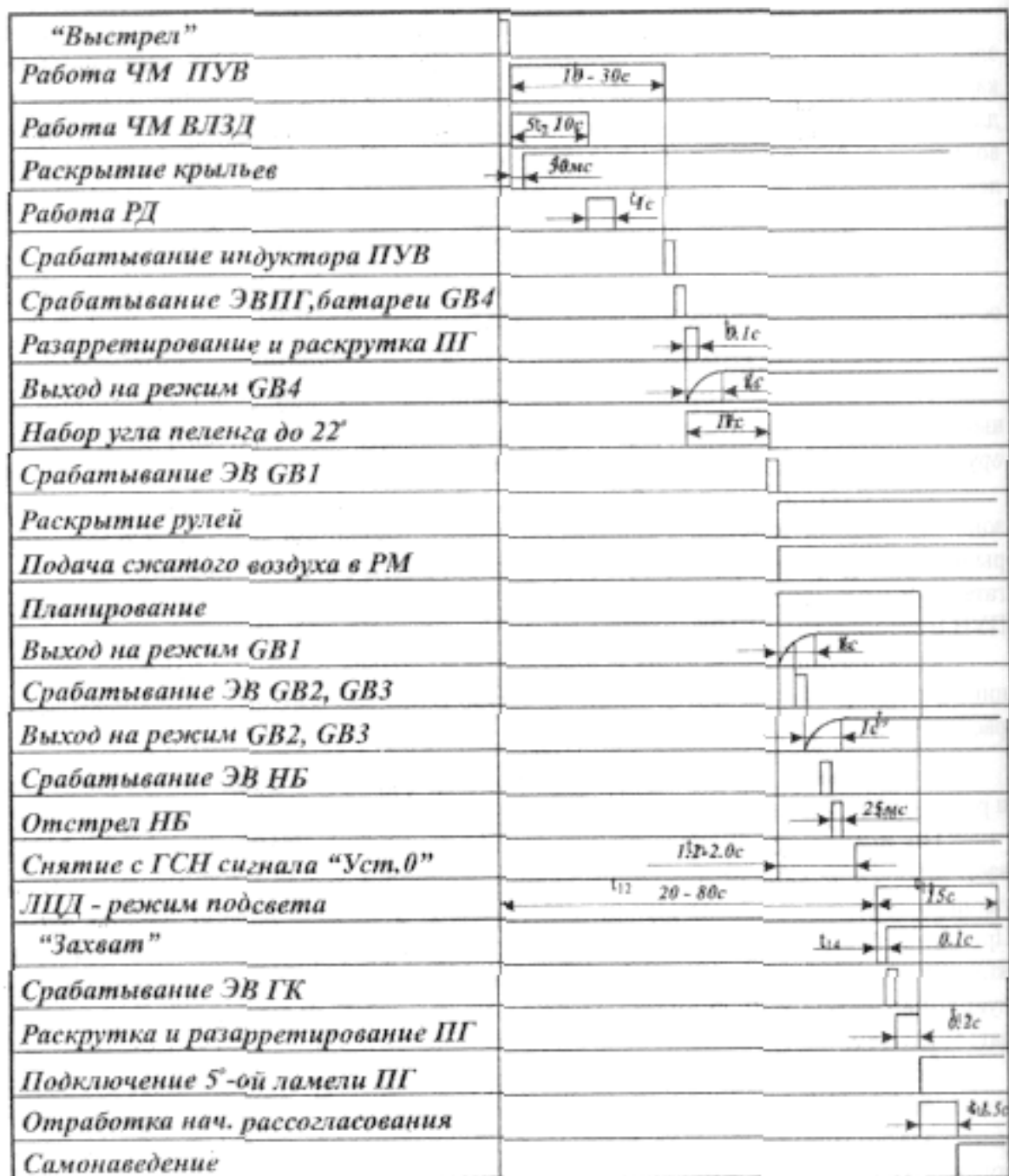


Рис. 4.28. Циклограмма работы снаряда 30Ф39 в режиме «дальняя зона»

После срабатывания электровоспламенителя НБ последний отделяется и открывается входной зрачок ГСН. С момента раскрытия рулей осуществляется программное наведение снаряда по сигналам с 22-градусных секторов ПГ. При полете снаряда к цели примерно на 3 км ГСН осуществляет «захват» цели. Ротор гироскоординатора раскручивается, и ГСН начинает выдавать управляющие импульсы на рулевой привод и обрабатывать начальное угловое рассогласование, совмещая оптическую ось ГСН с направлением на цель. После раскрутки ротора ГСН формирует сигнал «захват», по которому 5 - градусный сектор подключается, а 22-х градусная ламель отключается.

Действие снаряда при стрельбе в режиме "ближняя зона"

При стрельбе в режиме "ближняя зона" (рис. 4.29) заглушка 7 в РД не снимается, ВЛЗД не срабатывает, и разгонный двигатель не запускается. Кроме

этого, часовой механизм ПУВ срабатывает не через время t_1 , обозначенное на циклограмме рис. 4.28, а через другое время t_1 , показанное на циклограмме рис. 4.29, при этом батарея GB1 запускается не по сигналу с ламельного датчика, а непосредственно от батареи GB4 через переключатель K1, который устанавливается в замкнутом положении на заводе изготовителе снаряда. От батареи GB1, так же как и в режиме «дальняя зона», срабатывают батареи GB2, GB3 и отделяется НБ. Срабатывание электровоспламенителей механизма раскрытия рулей и пускового устройства воздушного баллона происходит при появлении напряжения на батарее GB2. Принимая отраженные от цели импульсы лазерного излучения, ГСН осуществляет захват цели. Во время отработки начального рассогласования ГСН выдает сигнал «запрет», который препятствует прохождению управляющих импульсов с ГСН на обмотки управления электромагнитов привода. Далее действие снаряда аналогично его действию в режиме "дальняя зона".

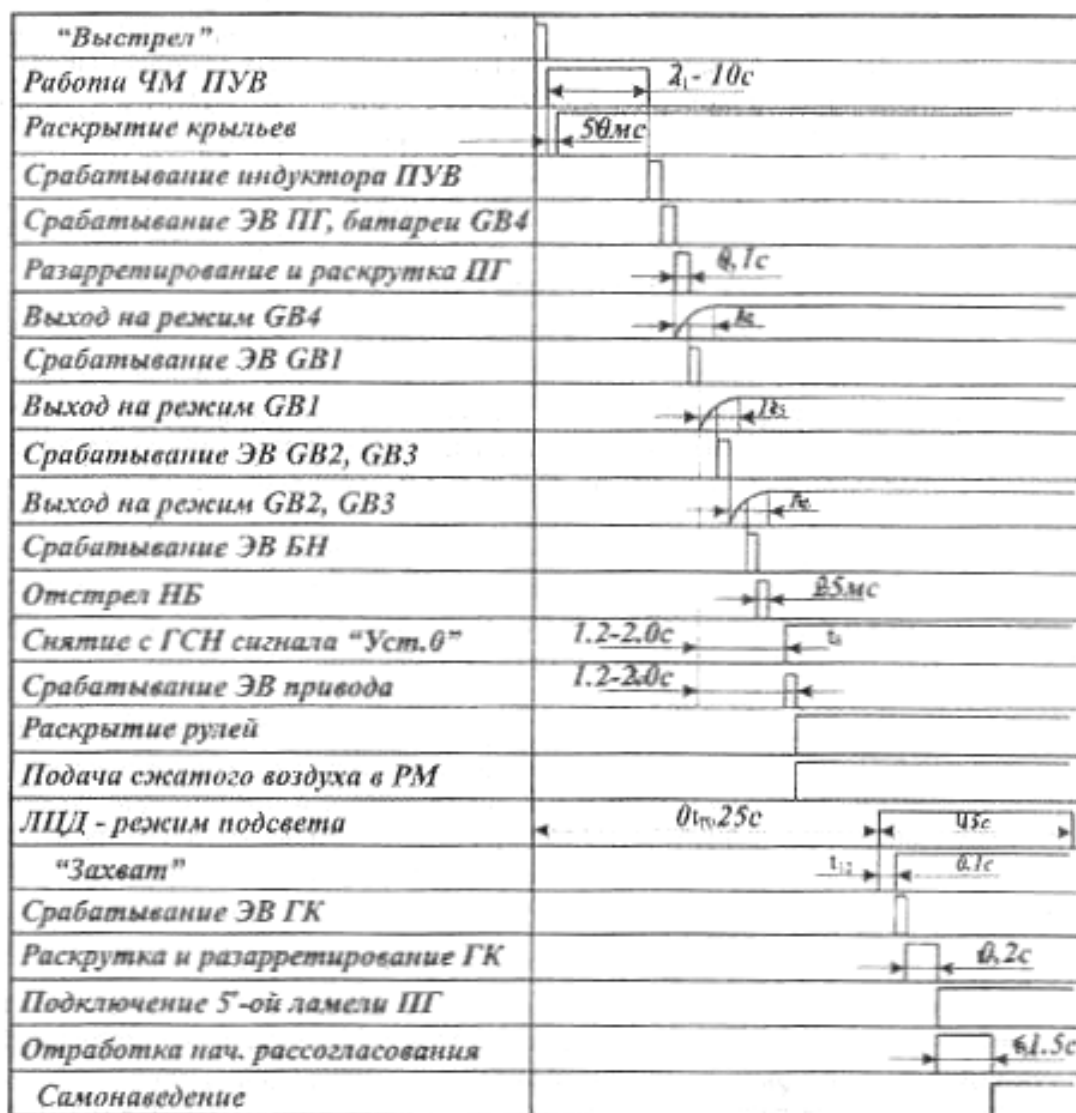


Рис. 4.29. Пиктограмма работы снаряда 30Ф39 в режиме «ближняя зона»

Действие снаряда при встрече с целью

В зависимости от установки взрывателя боевая часть снаряда может иметь осколочное или фугасное действие. Осколочное действие применяется при стрельбе по открыто расположенным целям. Снаряд при установке взрыва-

теля на осколочное действие дает разрыв на поверхности, не успевая углубиться в преграду. Осколочное действие при этом получается наибольшим. Взрыв боевой части снаряда происходит практически мгновенно в момент встречи с преградой.

Фугасное действие применяется при стрельбе по ДЗОТам, блиндажам, деревянным и кирпичным сооружениям, мостам и железнодорожным узлам. Снаряд при установке взрывателя на замедленное действие дает разрыв не сразу, а через некоторый промежуток времени, в течение которого снаряд успевает углубиться в преграду. Эффективность фугасного действия при этом будет наибольшей.

4.3. Модернизации УАС "Краснополь"

Учитывая широкое распространение в армиях многих стран мира 155-мм артсистем и перспективность высокоточного оружия, в КБП разработали управляемый снаряд "Краснополь" калибра 155 мм, предназначенный для стрельбы из таких артсистем, как M109A1-6 (США), G5/G6 (ЮАР), FH77 (Швеция), TRF1 (Франция) и других.

Конструктивно УАС "Краснополь" калибра 155 мм отличается от УАС "Краснополь" калибра 152 мм диаметром обтюрирующего пояска и наличием дополнительного центрирующего пояска на корпусе боевой части.

Снаряд "Краснополь", длина которого больше, чем длина штатного, неуправляемого снаряда, размещается в боеукладках штатных самоходных артсистем калибров 152 и 155 мм в виде двух отсеков, быстро соединяющихся между собой вручную перед заряджанием. Подобный вариант размещения хотя и не позволяет обеспечить автоматизированное заряджание, однако не требует доработок штатных артсистем.

Накопленный опыт применения комплекса "Краснополь" в различных климатических и рельефных условиях выдвинул ряд требований, направленных на дальнейшее совершенствование комплексов данного типа. Эти требования были во многом реализованы в КУАВ «Краснополь-М1».

Кроме того, возникла актуальная потребность создания таких снарядов для артсистем полкового и батальонного звена, т.е. калибров 120 и 122 мм, что потребовало разработки новых малогабаритных элементов бортовой системы управления снаряда - гирокоординатора, автопилотного блока, головки самонаведения. Это было успешно реализовано при создании управляемых снарядов "Китолов-2" для орудий калибра 120 мм и "Китолов-2М" для орудий калибра 122 мм.

4.3.1. КУАВ «Краснополь-М1»

Комплекс "Краснополь-М1" является дальнейшим совершенствованием широко известного в мире комплекса "Краснополь". УАС "Краснополь-М1", сохранив основные тактические и эксплуатационные свойства УАС "Краснополь", приобрел принципиальное отличие - выполнен с габаритно-массовыми характеристиками штатного неуправляемого снаряда. При этом значительное уменьшение длины и массы нового снаряда не повлекло за собой уменьшения его боевого могущества.

В КУАВ "Краснополь-М1" реализованы следующие направления совершенствования УАС с лазерным подсветом цели:

- автоматизированное заряжание аналогично штатному (неуправляемому) снаряду;

- существенное повышение боевого могущества;

- повышение частоты боевого применения. Перечисленные преимущества достигаются:

- выполнением УАС "Краснополь-М1" с габаритами и массой штатных (неуправляемых) снарядов, что позволяет размещать его в боеукладках перспективных и штатных САО без деления на отсеки. Это стало возможным за счет разработки новых малогабаритных элементов бортовой системы управления снарядом (лазерной полуактивной головки самонаведения, позиционного гироскопа и автопилотного блока);

- увеличением массы взрывчатого вещества УАС "Краснополь-М1" 8,5 кг по сравнению с 6,5 кг в УАС "Краснополь";

- выводением снаряда в район захвата цели головкой самонаведения по 3s более пологим траекториям, что повышает частоту боевого применения УАС в условиях облачности. Стрельба снарядом "Краснополь-М1" при более низкой облачности обеспечивается более совершенной системой управления, позволяющей управлять снарядом при больших значениях скоростей полета. За счет этого стрельба производится по более пологим траекториям;

- реализуемый в УАС "Краснополь-М1" ввод установок стрельбы обеспечивается автоматически с устройства ввода (малогабаритной ЭВМ). Отсутствие операции стыковки снаряда перед стрельбой, автоматический ввод полетной программы, возможность автоматизированного заряжания повышают тактико-технические и эксплуатационные свойства снаряда и увеличивают скорострельность КУАВ.

Время выполнения боевой задачи при применении данного комплекса - 1,5-2 мин, что ограничивает возможность нанесения ответного огня со стороны противника.

Основные тактико-технические и эксплуатационные характеристики комплекса «Краснополь-М1» приведены в табл. 4.2.

В комплексе "Краснополь-М1" применяются в основном ЛЦД российского производства (1Д20, 1Д22), уже зарекомендовавшие себя в реальных условиях эксплуатации и вновь разработанный малогабаритный ЛЦД 1Д26, комплектуемый тепловизионным прицелом. Комплекс может комплексоваться и с ЛЦД производства зарубежных стран, например, DNY307 (Франция).

4.3.2. КУАВ "Китолов-2М"

УАС "Китолов-2М" (рис. 4.30) предназначен для оснащения артсистем батальонного звена калибра 122 мм. КУАВ "Китолов-2М" является единственным в мире комплексом управляемого вооружения, используемым для стрельбы из широко распространенных в мире артиллерийских систем калибра 122, мм [5]. Комплекс обеспечивает:

- прямое попадание в цель первым выстрелом без пристрелки;

- поражение групповых (рассредоточенных) целей на единых установках

стрельбы;

- стрельбу с сокращенной метеобаллистической подготовкой;
- поражение цели атакой сверху в верхнюю, наименее защищенную проекцию цели;
- стрельбу "очередью" с интервалом 20 - 25 с и перенацеливание ЛЦД на соседние цели в интервале между циклами подсвета.

При создании УАС «Китолов-2М» была решена проблема разработки лазерной полуактивной головки самонаведения с габаритами, существенно меньшими, чем для УАС «Краснополь», а также использовано новое техническое решение по автопилотному блоку (переход на воздушно-динамический привод). Это позволило разработать УАС калибров 122 мм. Эти снаряды с высокой вероятностью поражают традиционные для артиллерии такого калибра цели - легкобронированную технику и инженерные сооружения. С учетом обеспечения траекторий пикирования с попаданием в верхнюю проекцию цели, УАС «Китолов-2М» может успешно применяться и для борьбы с танками противника.

Последнее обеспечивается благодаря высокому боевому могуществу указанного УАС. По сравнению со штатным снарядом калибра 122 мм БЧ УАС «Китолов 2М» содержит 5,3 кг ВВ, что превышает массу ВВ у штатных снарядов такого калибра. Таким образом УАС «Китолов 2М» по боевому могуществу эквивалентен снарядам калибра 152/155 мм.

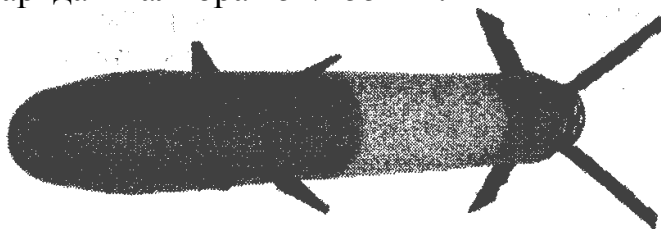


Рис. 4.30. УАС "Китолов-2М"

Применение комплекса "Китолов-2М" существенно повышает эффективность батальонной артиллерии за счет прямого попадания в цель и значительно большего могущества боевой части по сравнению со штатным ОФС. Комплекс "Китолов-2М" может применяться как со штатными системами управления огнем, так и с системой, носимой расчетом из двух человек, позволяющей использовать комплекс в ночных и сложных рельефных условиях. Основные тактико-технические характеристики УАС «Китолов 2М» приведены в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Технические характеристики УАС "Краснополь - М1" и "Китолов - 2М"

Характеристики	УАС "Краснополь-М1 "	УАС "Китолов-2М"
Диапазон дальностей стрельбы, км	3-25	1,5-14
Система управления	лазерное полуактивное самонаведение	
Вероятность попадания в цель	0,9	0,9

Продолжение таблицы 4.2

Калибр, мм	152/155	122
Масса, кг	45,0	28
Длина, мм	960	1190
Масса БЧ/ВВ, кг	22,0/8,5	12/5,3
Тип БЧ	осколочно - фугасная многоцелевая	
Поражаемые цели	бронетехника и инженерные сооружения	
Скорострельность, выст/мин	3-4	2-3
Поражение цели первым выстрелом без пристрелки	обеспечивается	

4.4. Оценка эффективности КУАВ

Разработка снарядов «Краснополь», «Китолов-2», «Китолов-2М» проводилась с учетом требования многоцелевого применения высокоточных боеприпасов, что особенно важно для самоходных артиллерийских орудий, имеющих ограничения по боекомплекту.

Традиционно используемые кумулятивные БЧ гранатометов и ПТУР, обеспечивая высокий уровень поражения танков за счет бронепробития и заброневого эффекта, не позволяют достичь полного и безвозвратного поражения легкобронированной техники и инженерных сооружений.

По результатам испытаний и оценки эффективности стрельбы по типовым целям снаряд «Краснополь» с ОФ БЧ обеспечивает поражение широкой номенклатуры целей, включая танки, оснащенные различными видами защиты, бронированную технику в окопах и траншеях, морские цели и легкобронированную технику, инженерные сооружения, а также живую силу.

Поражение легкобронированной техники, к которой относятся БМП и БТР, происходит за счет проламывания сравнительно тонких листов и взрыва внутри корпуса. При этом энергетические и прочностные характеристики БЧ позволяют эффективно поражать все существующие БМП и БТР независимо от их защищенности и массы.

Танки - наиболее сложные и защищенные цели, характеристики которых непрерывно повышаются. Однако в наибольшей степени рост защищенности касается лобовых и бортовых проекций. Использование УАС пикирующих траекторий позволяет поражать танк в наиболее уязвимые зоны. При различных углах обстрела танка УАС «Краснополь» в 80 - 90 % случаев попадает в уязвимые зоны, при этом вероятность попадания в крышу башни составляет 0,5-0,6.

Управляемый снаряд «Краснополь» с ОФ БЧ, наводимый с верхней полусферы, при стрельбе под курсовыми углами, близкими к 0°, обеспечивает поражение современных и перспективных танков по следующим причинам:

- за счет вывода из строя механических частей танка (погона, цапф и ствола пушки);
- пролома сравнительно тонких верхних листов крыши башни и корпуса;

- вывода из строя приборов наблюдения и прицеливания;
- поражения экипажа (полная или частичная контузия).

При стрельбе в бортовую проекцию танка 20 - 25 % попаданий приходится в область МТО и корму башни, что вызывает пожары, а во многих случаях приводит к взрыву боекомплекта. Обеспечение поражения по перечисленным факторам позволяет считать танк в боевых условиях выведенным из строя.

В табл. 4.3 приведены результаты оценки эффективности действия ОФ БЧ по танкам различной степени защищенности при различных углах обстрела.

В целом вероятность поражения наиболее современных, но немногочисленных танков 3-й группы находится на уровне 0,6. Более распространенные танки 2-й группы поражаются с вероятностью 0,6-0,7, а самые многочисленные танки 1-й группы - с вероятностью 0,9.

Таблица 4.3

Вероятность поражения танков, оснащенных динамической защитой

Угол обстрела	1-я группа	2-я группа	3-я группа
	М60А3, Меркава-1	М1А1, Меркава-3	М1А2, Леклерк, Челленджер-2
0°	0,88	0,58	0,56
90°	0,90	0,70	0,67
В среднем по углу обстрела в секторе $\pm 90^\circ$	0.90	0,66	0,62

Пикирующая траектория УАС «Краснополь», кроме того, обеспечивает надежное поражение танков и БМП в окопах, что другими видами вооружения достичь значительно сложнее. В случае попадания луча лазерного целеуказателя на бруствер окопа и частично на танк снаряд с пикирующей траекторией попадает в переднюю часть танка, поражая расположенные в ней боеприпасы, топливо и отсек управления.

Другой важной особенностью УАС "Краснополь" с ОФ БЧ в части расширения круга решаемых задач является защита побережья при использовании УАС в составе артиллерии береговой обороны.

В соответствии задачами береговой обороны основными надводными объектами поражения артиллерийских комплексов могут быть десантные катера, суда на воздушной подушке, экранопланы и плавающие объекты БТТ, а также корабли и катера (тральщики, эскадренные миноносцы, крейсера, фрегаты и ракетные катера), осуществляющие огневую поддержку десанта и маневрирующие в зоне досягаемости огня.

УАС «Краснополь» за счет избирательного наведения в наиболее уязвимые элементы корабля (погреба боезапаса, двигательную установку, рубку) обеспечивает более эффективное поражение этих целей по сравнению со штатной артиллерией. Количество необходимых попаданий для поражения типовых надводных целей штатными ОФС и УАС «Краснополь» сравнивается в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Число попаданий, необходимое для поражения различных
надводных целей

Тип цели	УАС «Краснополь»	Штатные ОФС
Ракетный катер	1,2	2
Фрегат	1,8	5
Эскадренный миноносец	3,5	9

Проведенная оценка эффективности показывает, что управляемое артиллерийское вооружение позволяет при выполнении боевых задач уменьшить:

- количество привлекаемых орудий в 2-3 раза;
- расход снарядов в 50-70 раз;
- стоимость выполнения боевой задачи в 6-9 раз.

Характерные данные, подтверждающие эффективность КУАВ «Краснополь», «Краснополь М1» и «Китолов-2М» по отношению к системам штатной артиллерии, представлены в таблице 4.5. В качестве боевой задачи принята задача поражения взводного опорного пункта (ВОП) включающего 2 танка, 4 БМП, 2 установки ПТУР, 3 ДЗОС.

Таблица 4.5

Оценка эффективности поражения взводного опорного пункта

Показатели эффективности	Штатная артиллерия	КУАВ		
		«Краснополь»	«Краснополь М1»	«Китолов-2М»
Время выполнения боевой задачи, мин	$\frac{2,4 \text{ час}}{2,7 \text{ час}}$ *	1,80	1,5	2,2
Время нахождения батареи на ОП, мин	$\frac{2,5 \text{ час}}{2,8 \text{ час}}$	3,8	3,5	4,2
Относительная стоимость выполнения боевой задачи	$\frac{1}{1}$	0,7	0,6	0,8

* В числителе - для калибра 152 мм, в знаменателе - для калибра 122 мм.

Решение этой задачи проведено при условиях:

- уровень, поражения ВОП штатной артиллерии и КУАВ должен быть одинаков и составлять 60%;
- для решения боевой задачи как штатной артиллерией, так и КУАВ привлекается одна батарея (6 орудий).

5. КОРРЕКТИРУЕМЫЕ АРТИЛЛЕРИЙСКИЕ БОЕПРИПАСЫ

К корректируемым артиллерийским боеприпасам принято относить мину ЗФ5 ("Смельчак") калибра 240 мм и снаряд ЗОФ39 ("Сантиметр") калибра 152 мм. Термин "корректируемый" применительно к указанным боеприпасам характеризует не только наличие импульсных двигателей для управления в полете, но и общую схему построения системы управления этих боеприпасов.

Системы управления мины "Смельчак" и снаряда "Сантиметр" (рис. 5.1 и рис. 5.2) включают:

- блок коррекции из восьми твердотопливных двигателей, расположенных радиально в корпусе боеприпаса;
- флюгерную головку самонаведения;
- аппаратуру управления и коммутации.

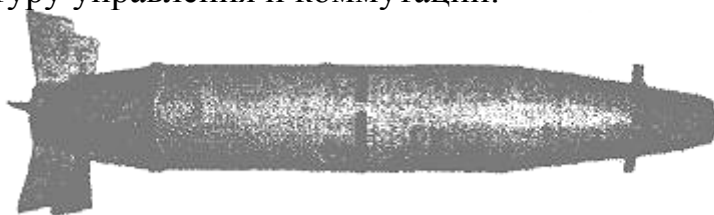


Рис. 5.1. 240-мм корректируемая мина "Смельчак"

Наличие флюгерной головки самонаведения является отличительным признаком корректируемых боеприпасов. В отличие от гироскопической ГСН, используемой в УАС и позволяющей реализовать управление по методу "пропорциональной навигации", флюгерная ГСН обеспечивает наведение снаряда на цель по методу "погони". Для таких боеприпасов, за счет отсутствия в сигнале управления информации об угловой скорости, попадание в цель типа "танк" не обеспечивается, если стрельба ведется:

- при скорости ветра более 3-5 м/с;
- при скорости танка более 3-5 м/с.

Мина "Смельчак" была первым российским боеприпасом, на котором использовалось самонаведение по отраженному лучу лазера. Внешний вид указанной мины представлен на рис. 5.1.

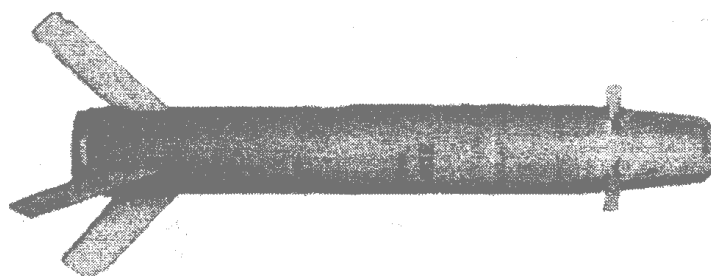


Рис. 5.2. 152-мм снаряд комплекса "Сантиметр"

Стрельба миной "Смельчак" производится из самоходного миномета 2С4 "Тюльпан" калибра 240 мм. В связи с длительным временем подготовки и производства выстрела 240-мм мины (как штатной, так и корректируемой) основными объектами поражения мины "Смельчак" являются стационарные цели, в основном сильно укрепленные и крупногабаритные.

Комплекс "Смелъчак" при возможности пристрелки с использованием штатных мин и громадном боевом могуществе мины ЗФ5 (БЧ имеет 32 кг ВВ) по праву считался в 80-х годах первоклассным средством поражения важных стационарных целей. Основные тактико-технические и эксплуатационные характеристики корректируемой мины "Смелъчак" представлены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Основные тактико-технические характеристики
корректируемой мины «Смелъчак»

Характеристика	Показатели
Дальность, км:	
- стрельбы	3,6-9,2
- лазерного целеуказания	0,2-5,0
Расход мин на поражение цели, шт.	1-3
Время самонаведения, с	0,1-0,3
Время подсвета цели лазером, с	До 3
Длина мины, мм	1635
Масса мины, кг :	134,2
Тропиловый эквивалент боевой части, кг	32
Масса, кг:	
-лазерного целеуказателя-дальномера 1Д15 (1Д20), кг	60 (30)
- блока синхронизации:	
- 1А35К	1,2
- 1А35И	2,5

В связи с возросшей маневренностью современных боевых операций, переносом их, в основном, в труднодоступную местность, миномет 2С4 снят с вооружения Российской армии как устаревший образец. В связи с этим прекращено производство корректируемой мины "Смелъчак".

Если для мины "Смелъчак" использование грубой измерительной системы - флюгерной ГСН в совокупности с грубым исполнительным элементом - блоком из восьми импульсных двигателей, как отмечено выше, было оправданным и рациональным решением, то применение аналогичной системы управления для корректируемого снаряда "Сантиметр" (см. рис. 5.2) не позволило создать высокоточный образец боеприпаса, отвечающего современным требованиям.

В отличие от УАС с аэродинамическим управлением обеспечить рациональную компоновку снаряда с импульсным пороховым двигателем затруднительно. При размещении двигателя со смещением относительно центра масс вперед возникают значительные колебания снаряда, в результате чего приходится ограничивать тягу двигателя. Расположение двигателя в задней части снаряда усложняет электрические связи между головкой самонаведения и дви-

гателем коррекции. Кроме того, возможность размещения ограниченного количества элементарных двигателей коррекции не позволяет обеспечить потребности для УАС выбираемые промахи.

Указанные конструктивные недостатки снаряда с импульсным двигателем коррекции накладывают ограничения на его тактико-технические характеристики.

Проведем сравнительный анализ тактико-технических характеристик и боевых возможностей указанных снарядов. При этом используем такие критерии оценки, как вероятность встреливания в зону выбираемых промахов, точность попадания, время выполнения боевой задачи, расход снарядов.

Вероятность встреливания в зону выбираемых промахов определяется отношением зоны выбираемых промахов к площади рассеивания снарядов.

Для УАС справедливы следующие зависимости для выбираемых промахов:

$$h_y = \pm \frac{(n \pm 1)gD_H^2}{2V_c^2} \quad (5.1)$$

$$h_z = \frac{ngD_H^2}{2V_c^2} \quad (5.2)$$

где h_y, h_z - выбираемые промахи в вертикальной и горизонтальной плоскостях;

n - располагаемая перегрузка снаряда;

g - ускорение силы тяжести;

D_H — дальность начала управления;

V_c — скорость снаряда.

В формуле (5.1) знак "+" берется для стрельбы с начальным промахом выше цели, знак "-" — ниже цели.

Для снаряда с аэродинамическим управлением дальность начала управления равняется дальности захвата цели головкой самонаведения.

Для снаряда с импульсным пороховым двигателем при вычислении значения выбираемого промаха в соответствии с выражениями (5.1) и (5.2) необходимо учитывать способ расходования импульсов коррекции порохового двигателя (закон формирования располагаемой перегрузки) и ограничение на значение характеристической скорости, сообщаемой снаряду пороховым двигателем.

Закон формирования располагаемой перегрузки (способ расходования импульсов коррекции) примем в соответствии с обычно реализуемым на практике методом наведения /1/, при котором угловая скорость линии "снаряд - цель" поддерживается на некотором пороговом уровне, превышающем в 1,2 - 1,5 раза погрешность измерения угловой скорости головкой самонаведения.

В этом случае для располагаемой перегрузки и дальности начала управления справедливы зависимости:

$$hg = 2V_c k\varepsilon_n; \quad (5.3)$$

$$D_H = \frac{V_x}{2k\varepsilon_n}; \quad (5.4)$$

где k — коэффициент превышения порогового уровня над погрешностью измерения угловой скорости;

ε_n - погрешность измерения головкой самонаведения угловой скорости;

V_x - характеристическая скорость.

Под характеристической скоростью понимается скорость, сообщаемая снаряду при полном выгорании заряда двигателя. При этом для двигателя, расположенного в центре масс снаряда, эта скорость определяется тягой двигателя и временем его работы.

Для снаряда со смещением двигателя относительно центра масс за счет создания угла атаки возникает аэродинамическая сила и характеристическая скорость увеличивается или уменьшается (в зависимости от расположения двигателя) на 20 - 25 %.

Зависимости (5.1) - (5.4) позволяют определить выбираемый промах снаряда с импульсным пороховым двигателем.

Массу УАС $m_{УАС}$ представим в виде суммы составляющих:

$$m_{УАС} = m_{БЧ} + m_{ГС} + m_{Д} + m_{БС},$$

где $m_{БЧ}$ - масса боевой части;

$m_{ГС}$ - масса головки самонаведения с носовым блоком;

$m_{Д}$ - масса порохового импульсного двигателя;

$m_{БС}$ - масса блока стабилизаторов.

Масса блока стабилизаторов в основном определяется продольной нагрузкой, обусловленной действием на него впереди стоящих элементов снаряда при воздействии стартового ускорения.

Поэтому зависимость для массы стабилизаторов можно представить в виде

$$m_{БС} = k_1 (m_{БЧ} + m_{ГС} + m_k + m_{\omega}),$$

где m_k - масса конструкции;

m - масса заряда.

Введем обозначение $k_2 = m_k / m_{\omega}$, тогда

$$m_{УАС} = (1 + k_1) (m_{БЧ} + m_{ГС} + (1 + k_2) m_{\omega}) \quad (5.5)$$

Связь между начальной массой снаряда и потребным значением характеристической скорости для УАС с переменной массой в соответствии с уравнением Мещерского определяется выражением:

$$m(t)w(t) = -I_{y0} \frac{dm(t)}{dt};$$

где $w(t)$ — управляющее ускорение, развиваемое пороховым двигателем;

$I_{уд}$ - удельный импульс порохового заряда двигателя. Разрешая уравнение (5.5) относительно $m(t)$, получим:

$$m(t) = m(0)e^{-\int_0^t \frac{w(t)}{I_{y0}} dt}$$

В момент полного выгорания топлива порохового двигателя в конце участка самонаведения имеем:

$$m(t) = m(0)e^{-\frac{V_x}{I_{y0}}}, \text{ где } V_x = \int_0^t w(t)dt = \sum_{i=1}^N V_{xi}, \quad (5.6)$$

где V_{xi} , - боковая скорость УАС от действия одного элементарного движка порохового двигателя;

N - количество элементарных движков.

С другой стороны,

$$m(t_k) = m(0) - m_{\omega}. \quad (5.7)$$

Разрешая уравнения (5.5) - (5.7) относительно $m(0)$, получим зависимость характеристической скорости от массы снаряда:

$$V_x = I_{yd} \ln \frac{m(0)(1+k_1)(1+k_2)}{m(0)[(1+k_1)(1+k_2)-1] + (1+k_1)(m_{БЧ} + m_{ГС})}. \quad (5.8)$$

Совместное решение зависимостей (5.1), (5.2), (5.4) и (5.8) позволяет вычислить выбираемый промах снаряда (заданной массы) с импульсным пороховым двигателем.

Для 152-мм УАС масса обычно составляет 45 - 55 кг.

Как показывает сравнительная оценка (рис. 5.3), при указанной массе снаряда с аэродинамическим управлением и дальности захвата головкой цели 2000 - 2500 м выбираемый промах составляет 800 - 1000 м.

Снаряд с пороховым импульсным двигателем при той же массе отрабатывает начальный промах 100 - 150 м, что существенно снижает вероятность востреливания в зону выбираемых промахов.

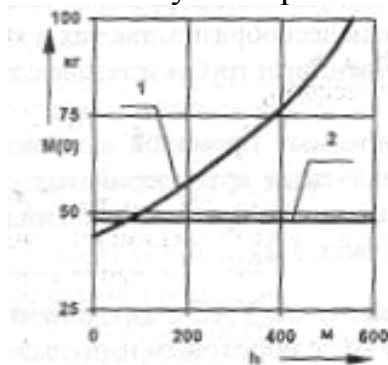


Рис. 5.3. Зависимость массы УАС от выбираемого промаха:

1 - пороховой импульсный двигатель ($I_{уд} = 1900$ м/с; $k_1 = 0.25$; $k_2 = 2$);
2 - аэродинамический автопилот.

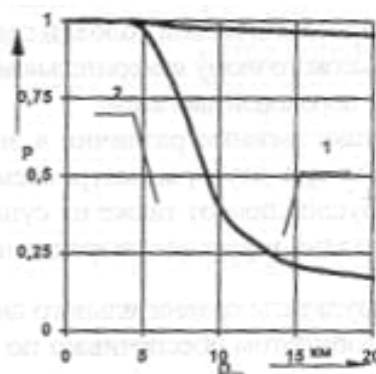


Рис. 5.4. Вероятность востреливания в зону выбираемых промахов:

1 - пороховой импульсный двигатель
2 - аэродинамический автопилот.

Определим вероятность востреливания в зону выбираемых промахов при стрельбе на различные дальности снарядом с аэродинамическим управлением и пороховым импульсным двигателем.

Вероятность востреливания в зону выбираемых промахов определяется формулой

$$P = 1 - e^{-\frac{h^2}{2\sigma_x\sigma_z}}$$

где σ_x , σ_z - средние квадратические значения линейных отклонений снаряда в момент начала управления.

Для оценки величин σ_x , σ_z справедливы зависимости

$$\sigma_x = (0,01 \dots 0,016) D_c$$

$$\sigma_z = (0,005 \dots 0,007) D_c, \text{ где } - D_c \text{ дальность стрельбы.}$$

На рис. 5.4 приведены зависимости $P = f(D_c)$, из которых следует, что УАС с пороховым двигателем существенно уступает по вероятности встреливания в зону выбираемых промахов снаряду с аэродинамическими органами управления. Поэтому УАС с пороховым двигателем коррекции возможно эффективно использовать для стрельбы на дальности не более 5 - 6 км. При стрельбе на большие дальности для обеспечения встреливания в зону выбираемых промахов для снаряда с импульсной коррекцией требуется тщательная пристрелка.

Для УАС с аэродинамическим автопилотом на дальностях стрельбы до 20 км вероятность встреливания в зону выбираемых промахов не ниже 0,95, что позволяет придать ствольной артиллерии принципиально новые свойства:

- на дальностях стрельбы до 20 км поражение цели обеспечивается без пристрелки;
- обеспечивается поражение группы целей, расположенных на расстоянии до 1 км друг от друга, без изменения исходных установок стрельбы;
- обеспечивается возможность стрельбы без метеобаллистической подготовки.

Для УАС с пороховым двигателем с 6 - 10 импульсами коррекции применение гироскопической головки самонаведения нецелесообразно, так как в этом случае высокоточному измерительному элементу соответствует грубая исполнительная система - пороховой двигатель.

Существенные различия в значениях выбираемых промахов и точности наведения для двух рассматриваемых схем управляемых артиллерийских снарядов обуславливает также их существенные различия во времени выполнения боевой задачи и расходе снарядов на ее решение (табл. 5.2).

Результаты сравнительного анализа показывают, что УАС с аэродинамическим автопилотом обеспечивает по сравнению с УАС с пороховым импульсным двигателем:

- в 5 - 6 раз меньший расход снарядов;
- в 3 - 4 раза меньшее время выполнения боевой задачи;
- в 5 - 6 раз меньшее время с момента открытия огня до поражения цели.

Таблица 5.2

Характеристики боевой эффективности УАС

Характеристика	с аэродинамическим автопилотом	с пороховым импульсным двигателем*
Время выполнения боевой задачи, мин	2,0/3,5	6,0/15,5
Время с момента открытия огня до поражения, мин	1,0/2,5	5,0/14,5
Расход снарядов, шт.	1/4	6/24

* в числителе - стрельба при одиночной цели; в знаменателе - уничтоже-

ние танкового взвода в районе сосредоточения.

Корректируемый снаряд «Сантиметр» не нашел признания на международном рынке оружия, так как по своим тактико-техническим характеристикам он значительно уступает не только УАС «Краснополь», но и УАС «Copperhead» (табл. 5.3).

Таблица 5.3

Сравнительные ТТХ УАС «Краснополь»
и корректируемого снаряда «Сантиметр»

Характеристики	"Краснополь"	"Сантиметр"
Максимальная дальность стрельбы, км	20	12
Масса снаряда, кг	50,5	49,5
Масса БЧ (ВВ), кг	20,5 (6,5)	19 (5,7)
Устройство создания управляющей силы	аэродинамический рулевой привод	блок импульсных двигателей (8 шт)
Головка самонаведения	гироскопическая	флюгерная
Метод наведения	пропорциональная навигация	метод погони
Допустимая скорость ветра, м/с не более	15-20	3-5
Допустимая скорость движущейся цели, м/с	10 15	2-3
Вероятность попадания	0,9	0,8 (в круг радиуса 4,5 м)
Выбираемый промах, м		
- по дальности	800	120
- по фронту	400	80
ристрелка перед выстрелом	не требуется	требуется (1-2 снаряда)
Стрельба по целям, расположенным до 800 м друг от друга, без изменения прицела орудия	обеспечивается	не обеспечивается

Снаряд «Сантиметр» был принят на вооружение, но, в силу вышеперечисленных причин, серийное производство развернуто не было.

6. УПРАВЛЯЕМЫЕ МИНЫ

Военное руководство европейских промышленно развитых стран уделяло и уделяет большое внимание разработке мин управляемых на конечном участке траектории. Основная направленность таких разработок - противотанковые управляемые мины. В ФРГ фирмой Diehl с 1975г. создавалась 120-мм мина Bussard с полуактивной лазерной ГСН, разработка которой была завершена успешными стрельбами в 1983г. Однако дальнейшее развитие этот боеприпас не получил. Указанный факт связан с малым боевым могуществом мины и ее специализированным назначением. Кумулятивная боевая часть мины не имеет лидирующего заряда (не может поражать танки с динамической защитой), содержит всего 1,25 кг ВВ и предназначена для поражения только бронетехники.

В США фирмой Raytheon с 1981г. проектировалась 107-мм мина GAMP с ИК ГСН, но разработка этой мины была приостановлена в связи с большой стоимостью проекта и сложностью технических проблем, связанных с ИК ГСН.

В Великобритании фирмой British Aerospace (BAe) разработана управляемая противотанковая 81-мм мина Merlin с радиолокационной ГСН. Признания эта мина не получила ни в Великобритании, ни в других странах мира. Это объясняется малым калибром мины, и как следствие, малым боевым могуществом, высокой стоимостью, узкой специализацией (стрельба только по бронетехнике), отсутствием возможности преодолевать динамическую защиту. Во Франции разрабатывается 120-мм управляемая мина Griffin с активной РЛ головкой самонаведения. Хотя разработка мины Griffin и продолжается, но она обладает теми же недостатками, что и мина Merlin, так как последняя взята за базовый вариант.

Швеция разработала 120-мм управляемую мину Strix с ИК ГСН. Эта мина также используется только для поражения бронетехники. Комплекс Strix обладает рядом существенных недостатков, о чем говорится в разделе 6.1, и которые препятствуют продвижению этого комплекса на международных рынках оружия. Достаточно сказать, что в результате сравнительных испытаний комплексов Strix и Bussard, проводимых МО США, предпочтение американскими военными отдано системе Bussard с полуактивным лазерным самонаведением.

Анализ информационных материалов показывает, что при разработке управляемых мин за рубежом основной трудностью является создание надежной и недорогой ГСН.

Основными тенденциями развития зарубежных управляемых минометных боеприпасов являются:

- создание автономных ГСН (активных радиолокационных, и ИК диапазона), способных на конечном участке траектории надежно захватывать и наводить мину на подвижные и неподвижные объекты бронетехники;
- обеспечение возможности поражения целей, оснащенных динамической защитой, например, за счет применения тандемной БЧ;
- увеличение дальности стрельбы до 7,0 - 7,5 км;
- обеспечение возможности ведения огня как из гладкоствольных, так и нарезных минометов.

Практически 20 лет работы ведущих фирм мира по созданию автономных систем наведения показали, что распознавание цели на фоне местности,

тем более в условиях маскировки, очень сложная и очень дорогая задача. Ее решение на дальностях, характерных для полуактивных систем, практически невозможно. В результате на сегодняшний день удалось создать только образцы с автономными системами обнаружения для малой дальности. Из них единственный самонаводящийся боеприпас с автономной ГСН, принятый на вооружение - шведская 120 мм мина Strix - имеет размеры зоны обнаружения нагретой бронированной цели, значительно меньшие зоны рассеивания мины.

В настоящее время возникающие противоречия как на межгосударственном уровне, так и внутри отдельно взятой страны решаются зачастую силовым методом в форме действий незаконных вооруженных формирований или террористических актов. При этом ареной столкновений все чаще становятся либо населенные пункты, либо горная или другая труднодоступная местность, т. е. условия, затрудняющие или исключающие широкое использование штатной боевой техники и вооружения.

Опыт участия регулярных войск в антитеррористических операциях показывает, что войсковые подразделения на уровне рот и взводов нередко оказываются в самостоятельном боевом соприкосновении с незаконными вооруженными формированиями (НВФ), партизанскими группами и отдельными террористами, использующими, как правило, тактику внезапных нападений, в том числе из засад. В этих условиях при действии в спешенном боевом порядке, без огневой поддержки солдаты, оснащенные традиционным ручным оружием, не могут обеспечить даже собственную безопасность.

Наличие в современном бою с НВФ большого количества разнотипных малоразмерных опасных целей в виде боевых машин, огневых точек, расположенных в зданиях, естественных и искусственных укрытиях, и необходимость незамедлительного поражения в первую очередь именно этих целей определяют целесообразность применения комплексов высокоточного многоцелевого оружия с большим поражающим действием.

6.1. Комплекс минометного управляемого вооружения «Грань»

Борьба с подвижными террористическими и партизанскими группировками требует быстрого передвижения комплекса в условиях бездорожья, гористой и труднодоступной местности и быстрой его подготовки к боевым действиям. Штатные артсистемы не могут привлекаться к выполнению поставленной задачи в силу недостаточной их мобильности, а штатные минометы - из-за большого времени оборудования огневой позиции.

При решении указанных задач необходимо использовать вооружение, обеспечивающее высокую точность и управляемость огня, скрытность его применения и возможность поражения живой силы противника, находящейся в зданиях, окопах, за естественными укрытиями с четкой локализацией зоны поражения.

Таким образом, важность решения задач борьбы с НВФ и их специфика требуют оснащения привлекаемых подразделений новыми специализированными образцами вооружения повышенной эффективности.

Специализированный комплекс повышенной эффективности, предназначенный для ведения боевых действий, должен быть мобильным в условиях без-

дорожья и гористой местности, иметь многоцелевую боевую часть (желательно осколочно-фугасную) с уровнем воздействия по целям эквивалентное артиллерийскому снаряду калибра 152/155 мм, обеспечивать поражение разнообразных целей первым выстрелом без пристрелки и иметь малое время реакции системы за счет автоматизации процесса подготовки и ведения огня.

К таким комплексам относится минометный мобильный комплекс высокоточного оружия «Грань» (Россия) с полуактивным самонаведением. Он предназначен для поражения всей номенклатуры техники и укрепсооружений, находящихся в распоряжении НВФ (автомобильного транспорта и бронетехники, зданий сельского и городского типов, мостов, переправ и других инженерных сооружений, в том числе бункеров).

Мобильный комплекс «Грань» включает:

- боекомплект 120 мм управляемых осколочно-фугасных мин "Грань" с лазерным полуактивным самонаведением;
- носимую автоматизированную систему управления огнем (СУО) с малогабаритным лазерным целеуказателем-дальномером (ЛЦД) и тепловизором;
- модернизированный 120 мм миномет 2Б 11;
- транспортное средство высокой проходимости типа "Джип";
- боекомплект штатных осколочно-фугасных мин.

Управляемая мина "Грань". Это многоцелевое высокоточное средство поражения с осколочно-фугасной боевой частью (ОФБЧ), выстреливаемое из миномета, показано на рис. 6.1. В соответствии с принципом действия и системой наведения на цель мина на начальном участке траектории движется по баллистической траектории. Бортовая электронная аппаратура позволяет в заданные Моменты ее полета автоматически раскрывать стабилизаторы, включать маршевый двигатель, сбрасывать носовой блок и раскрывать рули автопилотного блока.

При подлете управляемой мины к зоне захвата цели ЛЦД автоматически включается в режим подсвета, головка самонаведения захватывает цель и начинается самонаведение.

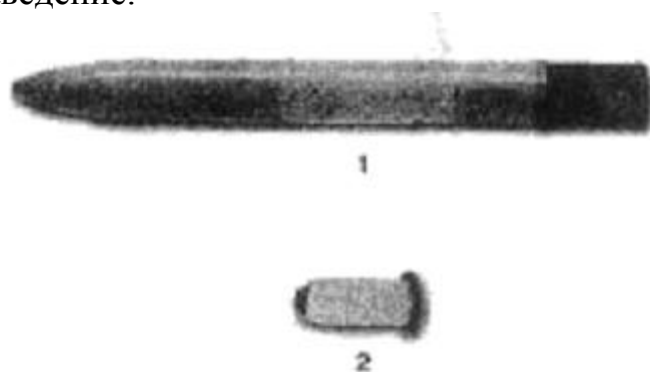


Рис. 6.1. Управляемая мина "Грань" с метательным зарядом.

Вследствие большой массы ВВ (5,3 кг) и углов подхода близких к 45°, обеспечивается высокое поражающее воздействие на бронированные цели и фортификационные сооружения. Боевая часть является универсальной, способна поражать сверху на поле боя широкий круг целей, как бронированных, так и небронированных, находящихся как на открытых площадках, так и в укрытиях.

При стрельбе миной "Грань" обеспечиваются характеристики поражающего воздействия, соизмеримые с аналогичными характеристиками штатных 152/155 мм артиллерийских боеприпасов. Благодаря высокому разрушительному действию и углам подхода близким к 45° мина может быть успешно применена для поражения бункеров, блиндажей, а также для вывода из строя наиболее важных элементов инфраструктуры противника (мостов, переправ, горных дорог). Основные характеристики управляемой мины приведены в табл. 6.2.

Таблица 6.2

Основные ТТХ управляемой мины "Грань"

Диапазон дальностей стрельбы, км	1,5-9,9
Калибр, мм	120
Длина, мм	1200
Масса мины, кг	27,0
Тип боевой части	Осколочно-фугасная
Масса БП/ВВ, кг	11,2/5,3
Поражаемые цели	Бронетанковая и автомобильная техника, инженерные сооружения, живая сила
Способ наведения на цель	Лазерное полуактивное самонаведение
Площадь «обзора» ГСН, м ²	800000
Вероятность попадания мины в цель, не менее	0,9
Характер попадания мины в цель	В верхнюю проекцию цели

Система управления огнем. Мобильность боевого применения комплекса "Грань" обуславливается малым временем готовности автоматизированной СУО, обеспечивающей в труднодоступной местности расчетом из двух человек обнаружение и подсвет целей (в том числе и в ночных условиях), топопривязку и ориентирование огневого и командно-наблюдательного пунктов, автоматизированный расчет установок стрельбы. Состав СУО показан на рис. 6.2, основные ТТХ системы управления огнём приведены в табл. 6.3.



Рис. 6.2 Система управления огнем комплекса "Грань"
1 - лазерно-тепловизионный прицел; 2 - радиостанция;
3 - ЭВМ с датчиком «GPS/ГЛОНАСС»

Основные ТТХ автоматизированной СУО

Время развертывания СУО, мин	2-3
Время подготовки к открытию огня (от момента обнаружения цели до момента выдачи углов установок миномета), с	15
Измеряемая дальность, м	до 20000
Ошибка измерения дальности, м	10
Дальность подсвета цели, м:	
- малогабаритной (типа «танк»)	5000-7000
- крупногабаритной (типа «катер»)	15000-18000
Срединные ошибки подготовки стрельбы:	
- по дальности, %	0,5-0,8
- по направлению, д.у.	3-4
Масса средств СУО, размещаемых на КНП, кг	40
Размещение СУО в походном положении	в 3-х выюках

Автоматизация процессов топопривязки разведывательной и огневой позиции с использованием космической навигационной системы «ГЛОНАСС»/GPS, определения координат отдельных целей из состава групповых объектов противника, намеченных к поражению, автоматизация процессов расчета исходных установок для стрельбы и доведения их до отдельных минометов позволяет в 10-12 раз сократить время подготовки и планирования огня по сравнению со штатными средствами минометной батареи. Большие маневренные возможности мин позволяют вести стрельбу при сокращенных метеорологической и баллистической подготовках.

Модернизированный 120 мм миномет 2Б11. Штатный миномет требует длительной подготовки к стрельбе, что затрудняет его применение в качестве огневого средства в мобильных комплексах. От этих недостатков свободен модернизированный миномет 2Б11, вследствие конструктивных особенностей опорной плиты и лафета. Для модернизированного миномета 2Б11 не требуется предварительное оборудования огневой позиции, а конструкция плиты и лафета обеспечивает круговую стрельбу по азимуту без изменения положения плиты. Указанные возможности миномета сводят к минимуму время подготовки комплекса "Грань" к стрельбе. Общий вид миномета представлен на рис. 6.3, основные характеристики миномета приведены в табл. 6.4.

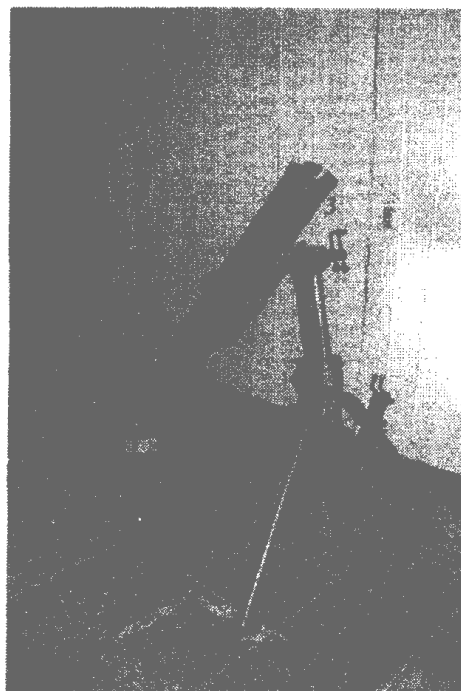


Рис. 6.3. Общий вид миномета 2Б11
1 - опорная плита; 2 - лафет; 3 – ствол

Таблица 6.4

Основные характеристики модернизированного 120-мм миномета

Максимальная дальность стрельбы, м	
- штатными минами,	7100
- управляемыми минами	8000
Диапазон углов возвышения, градусов	45-80
Угол горизонтального обстрела, градусов:	
- без перестановки лафета	± 5
- с перестановкой лафета	± 180
Масса, кг	
- миномета	210
- ствола	74
- лафета	55
- опорной плиты	82
Время перевода миномета из походного положения в боевое и обратно, мин	3
Подготовка огневой позиции	не требуется

Транспортное средство. В условиях маневренного характера современных антитеррорестических операций быстрая переброска (мобильность) вооружений вместе с СУО и расчетом является одним из важнейших свойств комплекса. Это свойство достигается за счет транспортного средства высокой проходимости типа "Джип", который может обеспечить скорость передвижения

120-140 км/ч по дорогам высокого, качества и 40-70 км/ч в условиях фронтальных дорог и бездорожья. Размещение модернизированного миномета 2Б11, боекомплекта управляемых и неуправляемых боеприпасов, СУО и боевого расчета, например, на транспортной машине типа «Джип» позволило создать высокоэффективный мобильный комплекс «Грань». Общий вид транспортной машины представлен на рис. 6.4, основные характеристики приведены в табл. 6.5.

Таблица 6.5

Основные характеристики транспортного средства.

Снаряженная масса, кг	4650
Грузоподъемность, кг	1500
Колесная формула	4x4
Максимальная скорость, км/ч	
- по шоссе	120-140
- по бездорожью	40-70
Запас хода по шоссе, км	800
Тип кузова	цельнометаллический, бронированный,
Уровень защиты от стрелкового оружия с дистанции 5-10 м	автомат Калашникова, пуля ПС-43
Температурные условия эксплуатации, (по Цельсию), град.	от минус 40 до плюс 4
Размещаемые составные части комплекса:	
- модернизированный миномет 2Б11, шт.	1
- управляемые мины, шт	10
- неуправляемые мины, шт	20
- система управления огнем	1
- расчет комплекса, чел.	5



Рис. 6.4. Общий вид транспортной машины

Работа комплекса «Грань»

Мобильный комплекс высокоточного оружия "Грань" на транспортном средстве типа "Джип" пребывает к месту боевых действий. Силами расчета миномет скрытно разворачивается на огневой позиции из походного положения в боевое. При этом не требуется, как для штатных минометов, подготовительных Работ по установке опорной плита. Командно-наблюдательный пункт, оснащенный носимой СУО располагается в удобном для наблюдения за полем боя ГВСТС. Наличие автоматизированной СУО и управляемых мин позволяет комплексу "Грань" осуществлять обстрел близкорасположенных целей за счет маневра траекториями без смены установок стрельбы.



Рис. 6.5. Схема стрельбы комплекса «Грань»

Комплекс "Грань" может успешно решать задачу поражения живой силы. Для поражения живой силы, в основном, должны использоваться приданные к миномету штатные мины и, в необходимых случаях, могут быть применены управляемые мины. Управляемая мина "Грань" в силу своего схемно-конструктивного построения при подсвете ЛЦД бруствера окопа, естественной преграды (стенки или валуна) обеспечивает попадание мины непосредственно в окоп или за преграду, за которыми может укрываться живая сила. По осколочному действию мина "Грань" превосходит штатные мины и ее применение по живой силе оправдано. Так, например, для поражения в труднодоступной местности огневой точки с находящимся в ней расчетом на дальности 6 км необходимо израсходовать 100 - 200 штатных мин, а управляемых мин "Грань" - одну или две.

Боевые возможности комплекса "Грань" определяются его тактико-техническими характеристиками и функциональными свойствами подсистем. При боекомплекте в транспортной машине объемом 10 управляемых и 20 неуправляемых мин боевой потенциал комплекса "Грань" эквивалентен боевому потенциалу штатной батареи 120 - 122 мм САО с полным боекомплектом.

Таким образом, благодаря мобильному высокоточному комплексу "Грань" силовые подразделения приобретают новый эффективный образец

вооружения.

Сравнительный анализ зарубежных аналогов и мины «Грань» (табл. 6.6) подтверждает преимущество последней по боевым возможностям, что предопределило признание этого образца высокоточного оружия на международном рынке.

6.2. Управляемая мина *Strix* (Швеция)

Назначение

Управляемая мина Strix разработана фирмой Bofors Weapon Systems (Швеция) совместно с фирмой Saab Missiles (Швеция) и предназначена для поражения на дальностях от 0,6 до 7,5 км танков, бронетранспортеров, самоходных артиллерийских установок, ракетных ПУ, автомашин и других объектов военной техники. Поражение цели осуществляется в автономном режиме без подсветки. Такое использование мины Strix возможно благодаря наведению на конечном участке траектории с помощью пассивной ИК ГСН по методу пропорционального сближения. Мина Strix выстреливается из обычного гладствольного 120-мм миномета. Применение мины позволяет минометным подразделениям поражать цели, находящиеся вне прямой видимости, если известны их точные координаты и погодные условия в обстреливаемом районе.

Считается, что мина Strix действует по принципу «выстрелил - забыл». Но в реальных условиях эксплуатации это не соответствует действительности по ряду причин. Основные из них:

- необходимость точного знания координат цели, которая, как правило, не наблюдаема с огневой позиции;
- необходимость достоверного знания метеоусловий в районе цели, что нереально в боевой обстановке;
- отсутствие возможности поражать подвижные цели;
- необходимость оценки результатов стрельбы.

Перечисленные факторы вызваны очень малым радиусом зоны выбираемых промахов, который составляет всего 70 м. Поэтому при стрельбе комплексом «Strix» необходим передовой наблюдатель, в задачу которого входит:

- определение типажа и ракурса цели;
- определение параметров метеоусловий;
- определение координат цели;
- оценка результатов стрельбы.

Функции передового наблюдателя комплекса «Strix» более многообразны, чем у оператора комплекса «Грань». Последний не определяет типаж и ракурс цели, не замеряет метеопараметры.

Определение координат цели в комплексе «Strix» производится с использованием лазерного дальномера, а в комплексе «Грань» с помощью ЛЦД, который обеспечивает также и подсвет цели. Замена ЛЦД на ЛД дает незначительный выигрыш по габаритно-массовым параметрам экипировки передового наблюдателя. Поскольку процесс подготовки данных для стрельбы, собственно процесс стрельбы и действия передового наблюдателя (оператора) аналогичны. Для обоих комплексов, вполне очевидна целесообразность боевого применения

комплекса «Грань» как более дешевого и многоцелевого, превосходящего комплекс «Strix» по боевому могуществу, помехозащищенности и простоте эксплуатации. Данное обстоятельство и предопределило спрос на комплекс «Грань» на международном рынке оружия.

Особенности конструкции

Управляемая мина Strix (рис. 6.6) состоит из трех основных компонентов: боеприпаса, маршевого двигателя, прикрепляемого к хвостовой части мины для увеличения дальности стрельбы до 7500 м, и метательного устройства с дополнительными метательными зарядами.

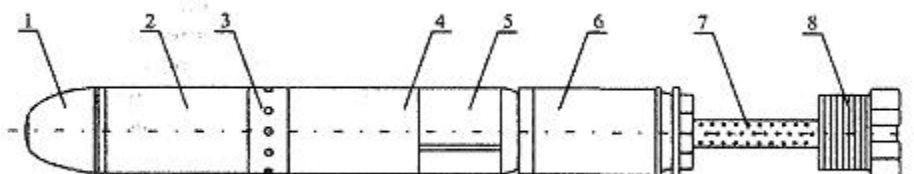


Рис. 6.6 120 - мм мина Strix с пассивным ИК - самонаведением:

- 1 - пассивная ИК ГСН с контактным взрывателем;
- 2 - электронный блок обработки данных и источников питания;
- 3 - блок 12 ракетных микродвигателей;
- 4 -кумулятивная БЧ с взрывателем;
- 5 - хвостовой блок со стабилизаторами;
- 6 - маршевый двигатель;
- 7 - метательное устройство;
- 8 - дополнительные метательные заряды

Пассивная ИК ГСН с формированием теплового изображения цели приводится в рабочее состояние на большой высоте, что позволяет уменьшить ошибки определения координат цели, влияние температуры и ветра. Радиус зоны обзора составляет 70 м (площадь 16 000 м²). В ГСН в качестве приемника излучения применяется ИК-матрица без охлаждения, жестко скрепленная с корпусом мины. Радиальное сканирование матрицы осуществляется за счет вращения мины в полете. Отсутствие движущихся деталей в ней упрощает ее конструкцию и обеспечивает устойчивость к стартовому ускорению, получаемому в стволе миномета.

Таблица 6.1

Основные ТТХ зарубежных управляемых мин

Наименование страна	мины,	Merlin Великобри- тания	GAMP США	Griffin	Spiral	Strix Шве- ция	Bussard ФРГ
				Франция			
Калибр, мм		81	107	120	120	120	120
Дальность стрельбы, м:							
минимальная		-	-	1500	-	600	800
максимальная		4000 (4500)	6400	8000	10000	7500	5000

Скорострельность, выстр/мин	10	-	6	-	4	4
Масса выстрела, кг	6 (6,5)	14	20	16-18	23,2(24,2)	17
Длина выстрела, мм	900	787	1000	-	1335	1000
Тип ГСН	Активная РЛ, мм диапазона волн	Двух-цветная ИК	Активная РЛ, мм диапазона волн (94 ГГц)	РЛ, мм диапазона волн	ИК	полуактивная лазерная
Площадь сканирования ГСН, м:						
подвижная цель	300x300	-	500x500	-	-	-
неподвижная цель	100x100	-	150x150	-	-	-
Тип БЧ	Кумулятивная	Кумулятивная с полусфер. облицовкой	Тандемная кумулятивная	Кумулятивная	Кумулятивная	Кумулятивная
Исполнительные органы системы управления	Аэродинамические рули	Струйные рули	Импульсные двигатели	ракетные	микро-	Аэродинамические рули
Начало разработки, год	1981	1981		1985	1979	1975
Фирма-разработчик	British Aerospace	Raytheon	Thomson B randt Bae		Bofors Saab	Diehl

Электронный блок обработки данных содержит 16-разрядный микропроцессор с большим объемом памяти и обеспечивает возможность перепрограммирования в соответствии с типом и ракурсом цели. ИК-сигналы ГСН перед обработкой усиливаются и переводятся в цифровую форму.

Фирма Saab Missile, ответственная за создание ГСН и электронной аппаратуры управления, разработала алгоритм обработки сигналов, который позволяет выбрать цель среди ложных ИК-ловушек, а также пораженных и горящих целей. После селекции цели определяется необходимое изменение курса мины и подается сигнал на включение блока микродвигателей.

Ракетные микродвигатели предназначены для изменения траектории полета мины на конечном участке и наведения ее на цель. Они расположены в средней части мины по периметру корпуса. Оси расположены вблизи центра масс мины. Каждый из 12 микродвигателей может срабатывать отдельно.

Кумулятивная боевая часть расположена в хвостовой части мины, что улучшает формирование кумулятивной струи при подрыве. БЧ срабатывает от контактного взрывателя, расположенного в передней части мины. БЧ оптимизирована на создание максимального заброневого эффекта. При срабатывании

БЧ обеспечивает формирование эффективных мелких осколков в зоне проникания кумулятивной струи.

Блок стабилизаторов расположен в хвостовой части мины и состоит из четырех косо поставленных стабилизаторов, раскрываемых после выхода из канала ствола. Они придают мине вращение в полете с частотой 600 об/мин.

Маршевый двигатель может быть использован для придания мине дополнительной скорости, которая увеличивает дальность полета примерно на 2000 м, а также уменьшает влияние ветра на траекторию ее полета. При стрельбе на дальность до 5000 м маршевый двигатель не используется.

Метательное устройство содержит основной ("нулевой") заряд, который обеспечивает начальную скорость мины, необходимую для полета на минимальную дальность. Возможно использование дополнительных метательных зарядов, помещаемых на ось метательного устройства, количество которых выбирается в зависимости от требуемой дальности стрельбы. Максимальное количество дополнительных зарядов - восемь.

Хранение и транспортирование мины осуществляются в транспортном контейнере. Головную часть мины закрывает предохранительный колпак, который отделяется при опускании мины в ствол.

Программное устройство ввода информации

Для выполнения выстрела мины Strix из штатного 120-мм миномета из дополнительного оборудования расчету требуется только устройство ввода информации. С его помощью в электронный блок обработки данных мины вводятся сведения о типе и параметрах цели. Минометный расчет должен четко следовать правилам программирования и ввода информации. Однако это не основная сложность. Недостатком является не собственно процесс ввода информации, а необходимость учета при программировании сведений о типе цели, ее ракурсе, скорости ветра по высоте.

Работа комплекса

Мина Strix применяется следующим образом:

1. После получения данных от передового наблюдателя о типе цели, ее ракурсе и координатах на огневой позиции миномета проводится расчет количества метательных зарядов, определяются азимут, угол возвышения ствола и полетное время. Полученные результаты вводятся в устройство ввода информации.

2. На метательное устройство устанавливают необходимое количество метательных зарядов. При необходимости подготавливают маршевый двигатель.

3. Устройство ввода соединяют кабелем с миной Strix, и в запоминающее устройство электронного блока обработки данных мины Strix вводятся необходимые параметры.

4. Заряжают миномет в следующей последовательности: в ствол с дульной части опускают сначала метательное устройство с метательными зарядами, а затем маршевый двигатель, если он необходим, и мину.

5. При воздействии на спусковой механизм миномета вначале воспламе-

няется основной заряд метательного устройства, а затем - дополнительные метательные заряды. Мина вылетает из ствола со скоростью 180-320 м/с (в зависимости от количества дополнительных метательных зарядов). После выхода мины из ствола раскрываются четыре стабилизатора, которые придают ей вращение вокруг продольной оси, и активируется термобатарея. На расстоянии 25 - 30 м от миномета отделяется метательное устройство (за счет давления остаточных газов) и падает на расстоянии около 100 м в направлении цели.

6. Через несколько секунд после пуска взрыватель мины механическим способом устанавливается на боевой взвод.

7. В случае использования маршевого двигателя его запуск осуществляется через 4 с после воспламенения метательных зарядов. Задержка по времени обеспечивается с помощью пиротехнического замедлителя. Маршевый двигатель, создающий дополнительную скорость мины, работает несколько секунд и после сгорания порохового заряда продолжает полет вместе с миной.

8. За несколько секунд до захвата ИК ГСН цели маршевый двигатель с помощью пиротехнического заряда отделяется от мины, сбрасывается колпак, закрывающий линзу ГСН, и включается электрическая цепь взрывателя БЧ мины.

9. На заданной высоте ИК ГСН начинает поиск цели. Из общей фоноцелевой обстановки выделяются объекты, похожие на цель, классифицируются, и осуществляется выбор цели при соответствии ее признаков ранее запрограммированным.

10. После выбора цели начинается отслеживание вектора погрешности между целью и предполагаемой точкой падения мины. При этом ведется непрерывный расчет предполагаемой точки падения мины по отношению к предполагаемому положению цели к моменту падения, что позволяет использовать Управление методом пропорционального наведения и исключить влияние перемещения цели. По рассчитанным командам мина направляется на цель с помощью блока микродвигателей.

Условия боевого применения мины Strix

Время подготовки мины, с момента поступления от передового наблюдателя информации о цели и метеоуславиях до ввода данных в электронный блок мины, составляет 15 - 30 с.

Применение самонаводящейся мины Strix предполагает одновременный запуск нескольких мин (например, из четырех минометов по 3 мины – итого 12 мин) по целям, расстояние между которыми составляет 100м. Теоретически можно допустить, что две мины Strix попадут в одну цель, однако практически это маловероятно ввиду рассредоточения боевой техники на местности и задержки по времени между пусками мин. Разработчики считают, что три мины Strix, выстреленные по обычному бронетанковому соединению, выведут из строя одну-две цели.

Мину Strix можно применять в основном по неподвижным и медленно движущимся целям, так как при стрельбе по быстро движущимся целям ИК ГСН медленно летящей мины может потерять цель, которая выйдет за пределы зоны поиска. Поэтому рекомендуется применять мину Strix по неподвижным объектам бронетанковой техники. Для стрельбы из нарезных минометов воз-

можно разработка варианта мины Strix со скользящим пояском [6-9].

6.3. Управляемая мина Merlin (Великобритания) с активным РЛ-самонаведением

Противотанковая управляемая мина Merlin (рис. 6.7) с активной радиолокационной ГСН, работающей в миллиметровом диапазоне, разрабатывалась с 1981г. фирмой Вае на собственные средства.

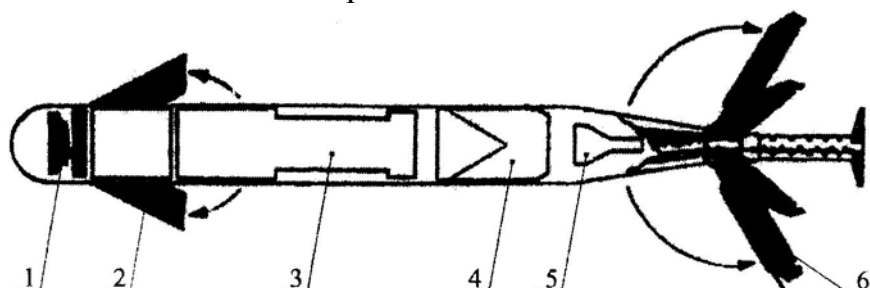


Рис. 6.7. Конструктивная схема 81-мм противотанковой управляемой мины Merlin:

1 - активная радиолокационная ГСН мм-диапазона; 2 - привод со складывающимися аэродинамическими рулями; 3 - отсек электронной аппаратуры с источником питания; 4 - кумулятивная боевая часть; 5 - устройство предохранения, и механизм взведения взрывателя; 6 - раскрывающийся стабилизатор.

Мина Merlin предназначена для применения из миномета L16 калибра 81мм фирмы Royal Ordnance, но может также выстреливаться из других минометов калибра 81 или 82 мм, состоящих на вооружении ряда стран.

Представители фирмы Вае заявляют, что благодаря мине Merlin пехота получит возможность вести огонь по танкам навесными траекториями на дальностях до 4000 м, что значительно превышает дальность штатных носимых систем, поражающих цель прямой наводкой (например, ПТУР Milan с дальностью стрельбы 2000 м).

Предполагается, что развертывание мин Merlin на уровне батальонов позволит им наносить бронетанковым частям противника существенный урон, прежде чем эти соединения вступят в бой.

Мина Merlin является первым образцом высокоточного оружия подобного класса, в которых используется активная ГСН миллиметрового диапазона волн (потенциальные возможности применения систем с ГСН такого типа фирма Вае изучает с 1978г.).

ГСН миллиметрового диапазона волн обеспечивает захват и сопровождение в режиме самонаведения на конечном участке траектории.

Для обеспечения максимального бронепробития боевая часть в мине установлена с учетом оптимальной дистанции подрыва. Внутри мины выполнен канал для прохода кумулятивной струи. БЧ срабатывает от ударного взрывателя, расположенного в носовой части. Согласно информации, БЧ способна пробить верхнюю броню любого штатного танка.

Для мины Merlin не требуется целеуказания, а процедура наводки миномета такая же, как и при стрельбе обычными минами.

Порядок стрельбы минами Merlin следующий. Определяются координаты

цели, в соответствии с которыми рассчитываются углы установки миномета, мина извлекается из герметичного транспортного контейнера и штатным образом заряжается в ствол миномета. При выходе из ствола на mine раскрываются шесть лопастей стабилизатора, взводится БЧ и начинает работать термобатарея. При достижении миной Merlin максимальной высоты включается ГСН, а при переходе мины на нисходящую ветвь траектории раскрываются расположенные в передней части корпуса рули, и ГСН начинает генерировать сигналы мм диапазона и принимать отраженные сигналы. Поиск цели осуществляется на площади примерно 300х300м.

При обнаружении движущихся целей ГСН переходит в режим сопровождения. При отсутствии движущихся целей ГСН переходит в режим сканирования для обнаружения неподвижных целей. Как только цель обнаружена, мина действует в режиме самонаведения, БЧ HEAT срабатывает при ударе мины о цель и поражает штатные танки, БМП и БТР.

Хотя фирма Вае и считает, что мина Merlin является эффективным средством поражения бронетанковой техники, но малое боевое могущество этой мины не позволяет бороться с перспективными танками и объектами БТТ, оснащенными динамической защитой (табл. 6.1). Поэтому мина Merlin не признана военными специалистами не только за рубежом, но и в самой стране-разработчике Великобритании. Поэтому Великобритания и Франция пришли к соглашению о разработке на базе 81 мм мины Merlin новой мины Griffin калибра 120 мм.

Кроме того, мина Merlin, как любой боеприпас с активным РЛ- самонаведением обладает:

- низкой избирательной способностью неподвижных целей;
- низкой помехоустойчивостью в условиях сложной фоно-целевой обстановки (когда цели находятся в пустыне и гористой местности, в населенных пунктах, когда ставятся ложные цели).

6.4. Управляемая мина Griffin с активным РЛ - самонаведением

120-мм управляемая мина Griffin (рис. 6.8) с активной радиолокационной ГСН, работающей в миллиметровом диапазоне, разрабатывается фирмой Thomson-Brandt (Франция) совместно с фирмой British Aerospace (Великобритания) и фирмами-субподрядчиками - SNIA/BRD (Италия) и MFA (Швейцария) на базе 81-мм мины Merlin, причем фирма Thomson-Brandt отвечает за мину, а фирма Вае - за разработку ГСН и электронной аппаратуры мины.

Основные характеристики мины Griffin представлены в табл. 6.1.

Последовательность операций стрельбы миной Griffin:

- определение координат цели;
- расчет углов установки миномета;
- зарядка мины в стол миномета;
- запуск мины с помощью метательного устройства;
- включение и работу маршевого двигателя;
- полет мины по баллистической траектории;
- отделение маршевого двигателя с хвостовиком метательного устройства от мины;

- раскрытие парашюта и шести несущих крыльев;
- включение системы наведения мины на конечном участке траектории, когда ГСН ведет поиск, захват цели и сопровождение цели. При этом управление мины по крену, тангажу и рысканию осуществляются с помощью блока импульсных микродвигателей по командам системы управления мины.

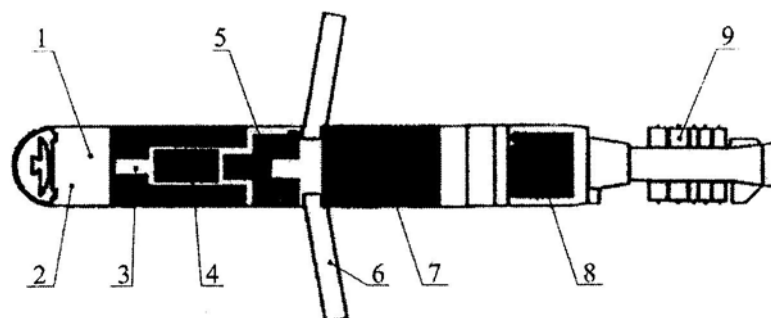


Рис. 6.8. Конструктивная схема 120-мм управляемой мины Griffin:

1 - активная радиолокационная ГСН миллиметрового диапазона (94 ГГц); 2 - датчик ускорений; 3 - блок пороховых микродвигателей для коррекции траектории; 4 - лидирующий заряд тандемной БЧ; 5 - блок электронной аппаратуры; 6 - складывающиеся крылья; 7 - основной заряд кумулятивной БЧ; 8 - маршевый двигатель; 9 - метательный заряд и хвостовик с удерживающими опорами.

Мина Griffin предназначена для борьбы с подвижными и неподвижными бронетанковыми объектами. При поиске подвижных целей ГСН мины Griffin сканирует поверхность площадью 500х500 м с высоты 900 м, и в том случае, если она не обнаруживает их, ведется поиск неподвижных целей, при этом площадь поиска сокращается до 150х150 м.

Годовая программа производства мин Griffin достигнет 5000 шт. при стоимости одной мины 20 000 долл., как рассчитывают представители фирмы Thomson-Brandt.

Мина Griffin, в отличие от мины Merlin, имеет тандемную кумулятивную БЧ большого боевого могущества, что позволит преодолевать динамическую защиту штатных и перспективных танков. Но так как указанная мина базируется на технических решениях мины Merlin, ей присущи недостатки самонаведения с активным РЛ самонаведением. Поэтому весьма вероятно, что широкому распространению мины Griffin будет препятствовать ее узкоспециализированной назначение, т.е. отсутствие у этой мины многоцелевого применения.

7. АРТИЛЛЕРИЙСКИЕ БОЕПРИПАСЫ С САМОПРИЦЕЛИВАЮЩИМИСЯ И САМОНАВОДЯЩИМИСЯ БОЕВЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

На Западе принято считать, что для борьбы с бронетанковыми средствами противника является целесообразным разработка систем управляемого касетного оружия, предназначенного для применения по целям, находящимся во втором эшелоне группировок войск.

За рубежом ведутся разработки 155-мм артиллерийских снарядов, предназначенных для борьбы с групповыми целями в виде подразделений бронетанковой техники находящихся вне видимости передового наблюдения. В этом случае акцент смещается на решение проблем повышения точности стрельбы при одновременном стремлении максимально увеличить ее дальность. Наибольшее распространение нашли два направления повышения точности наведения артиллерийских боеприпасов.

Первое направление предусматривает доставку в район цели поражающего элемента типа «ударного ядра», который автономно наводится на цель с помощью чувствительного элемента (датчика цели). Такие боеприпасы в отечественной литературе получили наименование боеприпасов с «самоприцеливающимися боевыми элементами» (СПБЭ)

Второе направление предполагает использование сигналов космической радионавигационной системы (КРНС) для коррекции траектории артиллерийского снаряда известными для управляемых ракет способами.

По мнению зарубежных специалистов, оба направления повышения точности стрельбы могут дополнять друг друга и дать новое качество при их удачном сочетании.

7.1. Артиллерийские боеприпасы без коррекции траектории с СПБЭ

Работы по созданию боеприпасов с самоприцеливающимися боевыми элементами проводились во многих зарубежных странах. К настоящему времени готовы к производству только система SADARM (США), система Smart (ФРГ) и Bonus (Франция совместно со Швецией). Все три системы имеют одинаковый принцип действия.

Концепция создания артиллерийского оружия с СПБЭ

Система артиллерийского оружия с СПБЭ включает в себя снаряд - носитель, оснащенный самоприцеливающимися боевыми элементами, огневые средства (артсистемы), средства разведки и систему управления огнем.

Идея создания артиллерийского противотанкового снаряда с СПБЭ зародилась в конце 1960-х годов, когда в США были приняты на вооружение 155мм и 203,2-мм касетные снаряды, содержащие кумулятивно-осколочные боевые элементы. Боеприпас получил название SADARM (Sense-and-Destroy Armor обнаружь и уничтожь бронированную цель). Идея сводилась к тому, чтобы на базе 203,2-мм снаряда создать касетный боеприпас, снаряженный самоприцеливающимися боевыми элементами. Предполагалось, что боевая работа бое-

припаса должна происходить следующим образом (рис. 7.1).

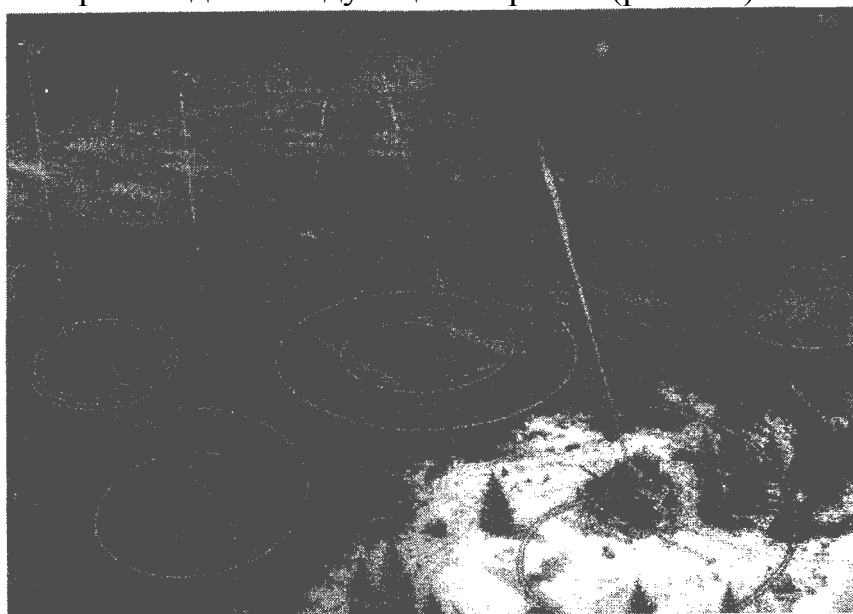


Рис. 7.1. Схема боевого применения боеприпаса с СПБЭ

1. После получения от средств разведки данных о координатах скопления бронетанковой техники производится залповая стрельба дивизионной артиллерии неуправляемыми кассетными снарядами в район сосредоточения боевых машин противника.

2. В районе цели из снарядов выбрасываются СПБЭ, которые с помощью парашюта опускаются и вращаются в горизонтальной плоскости, обеспечивая сканирование земной поверхности чувствительными датчиками, которые осуществляют поиск бронированных целей.

3. После обнаружения цели СПБЭ "выстреливает" в ее верхнюю, наиболее уязвимую поверхность формируемый взрывом бронебойный элемент ("ударное ядро"), который поражает либо башню, либо двигатель бронетехники в зависимости от типа используемого чувствительного датчика цели (миллиметрового или инфракрасного диапазона).

Однако в 60-е годы этот замысел не мог быть реализован ввиду отсутствия на тот период необходимой технологии для создания СПБЭ.

Осуществление идеи создания суббоеприпаса SADARM зависело от одновременного решения двух основных технических проблем:

- создание малогабаритных чувствительных датчиков миллиметрового или инфракрасного диапазона, надежно обнаруживающих цель в реальных боевых и погодных условиях;
- создание эффективных поражающих элементов типа "ударное ядро", обеспечивающих пробитие брони объекта бронетехники и зажигательное действие по топливу.

Лишь в конце 1970-х годов в США появились технические предпосылки решения указанных проблем и были проведены предварительные исследования, связанные с разработкой боеприпаса СПБЭ. Отсутствие внешних средств наведения и залповый способ доставки боеприпасов должны были обеспечить высокую эффективность таких систем с экономической точки зрения, несмотря

на более высокую их первоначальную стоимость. Предполагалось, что даже при 50%-ной вероятности попадания уничтожение одного танка противника системой данного вида будет, обходиться, по оценке западных экспертов, в 14 тыс. долл., в то время как при использовании УАС Copperhead приходится затрачивать 40 - 45 тыс. долл.

Однако, по мнению авторов, при этой оценке допущена серьезная ошибка, заключающаяся в том, что не были учтены реальные условия боевого применения боеприпаса типа "SADARM". К ним относятся:

- наличие ветрового сноса парашютной системы СПБЭ, учесть который в условиях гористой местности и морского побережья не представляется возможным;

- несоответствие конфигурации суммарного поля поражения СПБЭ при залповой стрельбе реальной конфигурации групповой цели (рассосредоточенные случайным образом танки или вытянутая в колонну рота танков);

- малый уровень поражающего действия по танку СПБЭ типа «ударное ядро» (вероятность поражения танка 0,2 - 0,35).

Проведем оценку экономической целесообразности применения для поражения бронетанковой техники боеприпасов, выполненных по традиционной схеме УАС (например, снаряд «Copperhead») и кассетных боеприпасов. При этом для кассетного боеприпаса рассмотрим два варианта - с СПБЭ и с самонаводящимися боевыми элементами (СНБЭ). В качестве критерия выбора рационального типа боеприпаса примем коэффициент эффективности

$$K_9 = \frac{C_0 P_{\Sigma i}}{C_i P_{\Sigma 0}},$$

где C_i и C_0 - стоимость выполнения боевой задачи рассматриваемым и базовым комплексом «Copperhead»;

$P_{\Sigma i}$ и $P_{\Sigma 0}$ - вероятность выполнения боевой задачи рассматриваемым и базовым комплексом;

$$P_{\Sigma} = P_n P_m P_c P_u P_z P_n$$

P_n - вероятность поражения одиночной цели при попадании в нее поражающего элемента;

P_m - вероятность попадания поражающего элемента в одиночную цель;

P_c - вероятность селекции цели, находящейся в поле зрения СПБЭ (СНБЭ или ГСН);

P_u - вероятность нахождения цели в поле зрения СПБЭ (СНБЭ или ГСН);

P_z - вероятность востреливания боеприпаса в расчетную зону;

P_n - вероятность безотказной работы боеприпаса.

Таблица 7.1

Данные для расчета $K_{эi}$

Характеристика	Тип боеприпаса		
	с СПБЭ	с СНБЭ	УАС
Калибр, мм	152	152	152
Количество поражающих элементов	2	1	1
Рассеивание боеприпаса (Д = 10 км):			
- техническое	24	22	20
- ошибки подготовки	42	42	42
- ветровое	145	14	12
Вероятность:			
- захвата цели	0,4	0,6	0,7
- поражения	0,2	0,6	0,9

Необходимые для расчета $K_{эi}$ данные, учитывающие конструктивные особенности боеприпасов представлены в табл. 7.1. Результаты оценки $K_{эi}$ и их составляющих (табл. 7.2) показывают нецелесообразность применения артиллерийских боеприпасов с СПБЭ из-за их чрезвычайно низкой боевой эффективности, которая объясняется малой вероятностью поражения бронированных целей, узким диапазоном высот сбрасывания «ударного ядра» и большим рассеиванием СПБЭ из-за подверженности ветровому сносу (см. табл. 7.1).

Таблица 7.2

Результаты оценки $K_{эi}$ и их составляющих

Характеристика	Тип боеприпаса		
	с СПБЭ	с СНБЭ	УАС «Краснополь»
Расход снарядов	45	18	12
Время поражения, мин	3,0	1,0	0,5
Коэффициент боевой эффективности	1,4	4,3	7,2

Меньшая боевая эффективность боеприпасов с СНБЭ по сравнению с классическим УАС обусловлена значительно меньшей (в 4 - 5 раз) массой боевой части СНБЭ, что требует большего расхода боеприпасов (см. табл. 7.1, 7.2).

Увеличение эффективности боеприпасов с СНБЭ достигается при размещении в одном боеприпасе нескольких СНБЭ. Но указанная схема может быть реализована для больших габаритов, например, снарядов РСЗО, а в артиллерийских боеприпасах ограниченных габаритов размещается не более одного СНБЭ. Таким образом, из рассмотренных вариантов конструктивного исполнения артиллерийских боеприпасов наибольшей боевой эффективностью обладают УАС, выполненные по традиционной схеме.

Позднее американские специалисты, очевидно, пришли к таким же выво-

дам, результатом чего стало прекращение программы «Sadarm».

Хотя программа «Sadarm» и прекращена, этапность разработки этого боеприпаса представляет определенный интерес. Ниже рассмотрены варианты боеприпаса, разрабатываемые различными фирмами.

Этапы разработки боеприпаса SADARM

Программа разработки боеприпаса SADARM с самоприцеливающимися боевыми элементами, предназначенного для борьбы с самоходной артиллерией и бронетанковыми группировками противника за передним краем района боевых действий, была начата в США в 1977 г. по заданию командования сухопутных войск. В осуществлении программы принимали участие три фирмы США: Honeywell, Avco и Aerojet.

Первоначально предполагалось, что доставка суббоеприпасов SADARM в район целей будет осуществляться только с помощью артиллерийского снаряда калибра 203,2 мм, выстреливаемого из штатных гаубиц M110A1 и M110A2. На этом направлении и были сосредоточены основные усилия разработчиков.

В 1986 г. армия США прекратила финансирование разработки 203,2-мм снаряда SADARM и было принято решение разработать боеприпас SADARM для стрельбы из 155-мм гаубицы M109. Кроме того, СПБЭ снаряда калибра 155 мм предполагалось использовать в РСЗО MLRS фирмы LTV (Даллас, шт. Техас). Принятое решение обосновывалось тем, что гаубицы M109 находятся на вооружении стран НАТО в большем количестве, чем 203,2 мм гаубицы M110.

В мае 1991 г. армия США выбрала для системы SADARM конструкцию СПБЭ фирмы Aerojet. Одна из основных проблем состояла в обоснованном выборе типа датчика цели СПБЭ.

Выбор типа датчика цели СПБЭ

В самоприцеливающихся боеприпасах применяются, как правило, ИК датчики, работающие в одном или двух спектральных диапазонах, и конструктивно более простые датчики миллиметрового диапазона, работающие в одном или двух поддиапазонах, с одним источником питания, одной антенной и дуплексным устройством передачи информации.

Фирма Avco при разработке суббоеприпаса SADARM для 155-мм снаряда использовала ИК-датчик цели, работающий в диапазоне 8-14 мкм. К преимуществам ИК-датчика, завершённость технологии его производства и более высокая помехоустойчивость по сравнению с датчиком мм-диапазона. В то же время в естественных условиях эксплуатации (туман, пыль, дым), или когда на входе датчика присутствуют тепловые помехи фона (например, в условиях пустыни) ИК-излучение может быть ослаблено.

Датчик миллиметрового диапазона, работающий в интервале от 30 до 300 ГГц с окнами прозрачности атмосферы на частотах 35, 98 и 140 ГГц, более приспособлен к условиям плохой погоды. По оценкам специалистов, на него мало оказывают влияние пыль, дым или нагретые объекты фона. Однако, такой датчик не имел в то время отработанной технологии и являлся более дорогостоящим, чем ИК-датчик. Кроме того, он более восприимчив к воздействию ор-

ганизованных помех и постороннего радиолокационного излучения. Его чувствительность снижается в результате применения противником специальных покрытий, поглощающих радиолокационное излучение.

Анализ сравнительных характеристик датчиков цели различных типов показывает, что для решения сложных задач, обусловленных разнообразием условий современного поля боя, целесообразно использовать одновременно преимущества датчики двух типов. В последнее время зарубежные фирмы активно ведут разработку комбинированных датчиков цели, в состав которых входят приемопередатчик, работающий в миллиметровом диапазоне, и ИК-приемник (рис.7.2).

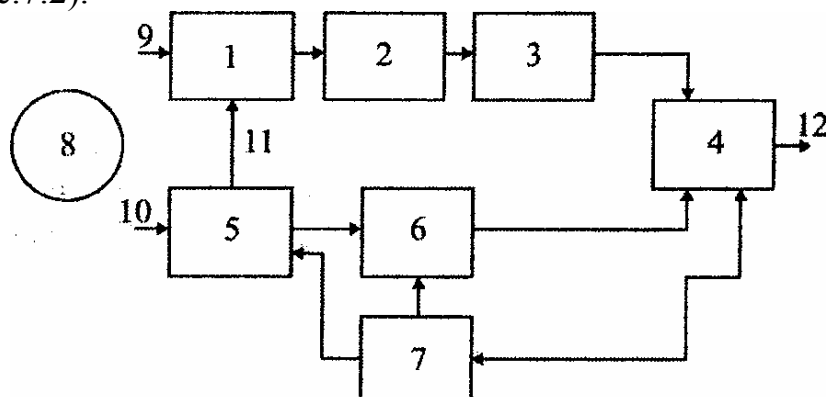


Рис. 7.2. Принципиальная схема комбинированного датчика цели:

1 - фотоприемное устройство; 2 - матрица фотоприемника; 3 - предусилитель; 4 - процессор комбинированных сигналов; 5 - антенна; 6 - понижающий преобразователь; 7 - источник и модулятор сигналов дальнометрирования; 8 - фоно-целевая обстановка; 9 - ИК-излучение; 10 - сигналы миллиметрового диапазона; 11 - отдельная или общая апертура; 12 - выходной сигнал (команда) датчика

При разработке комбинированных датчиков для боеприпаса SADARM было принято во внимание это обстоятельство. В качестве рабочих частот датчика миллиметрового диапазона, входящего в состав комбинированной системы, избираются обычно атмосферные окна прозрачности 35 и 98 ГГц. Что касается выбора рабочих длин волн для ИК приемника, то необходимо учесть, что лучшее пропускание в дыму, тумане и пыли обеспечивается в диапазоне 8-14 мкм, хотя оно и не достигает уровня, характерного для датчика цели миллиметрового диапазона. Совмещение этих двух типов датчиков должно было позволить защитить боеприпас SADARM от противодействия со стороны противника.

Конструктивные особенности снаряда SADARM фирмы Honeywell

203,2-мм кассетный противотанковый снаряд SADARM, получивший обозначение XM836 состоит из корпуса штатного снаряда M509A1, дистанционного взрывателя, вышибного заряда и трех СПБЭ.

Каждый СПБЭ (рис. 7.3) содержит:

- тонкостенный цилиндрический корпус;
- активный радиолокационный датчик, работающий в миллиметровом диапазоне волн (35ГГц) и пассивный двухспектральный ИК-датчик;

- аналого-цифровой микропроцессор;
- блок питания;
- предохранительно-исполнительный механизм;
- боевую часть с бронебойным элементом «ударное ядро»;
- устройство ориентации и стабилизации при спуске СПБЭ, состоящее из аэродинамического тормозного устройства RAID и ленточного вращающего парашюта.

Аэродинамическое тормозное устройство RAID (Ram Air-Intflated Device) предназначено для замедления скорости полета и вращения суббоеприпаса после его выброса из корпуса снаряда до величин, обеспечивающих нормальное функционирование ленточного вращающего парашюта. Оно выполнено в виде надувного элемента, который отстреливается после раскрытия парашюта.

Ленточный парашют (рис. 7.4) стабилизирует и поддерживает скорость снижения и вращения СПБЭ, обеспечивая необходимые условия работы датчиков.

Облицовка заряда ВВ (вогнутая металлическая пластина) предназначена для образования «ударного ядра» при подрыве БЧ. Она может быть выполнена из разных материалов, обладающих различным зажигательным действием: меди, тантала или обедненного урана, которые хорошо воспламеняют бензин (дизельное топливо воспламеняется только бронебойным элементом из обедненного урана и, в зависимости от условий, из тантала).

Предохранительно-исполнительный механизм предохраняет СПБЭ SADARM от инициирования в случае его падения на землю. Это устройство, по мнению представителей фирмы-разработчика, обеспечивает безопасность обращения с боеприпасом SADARM.

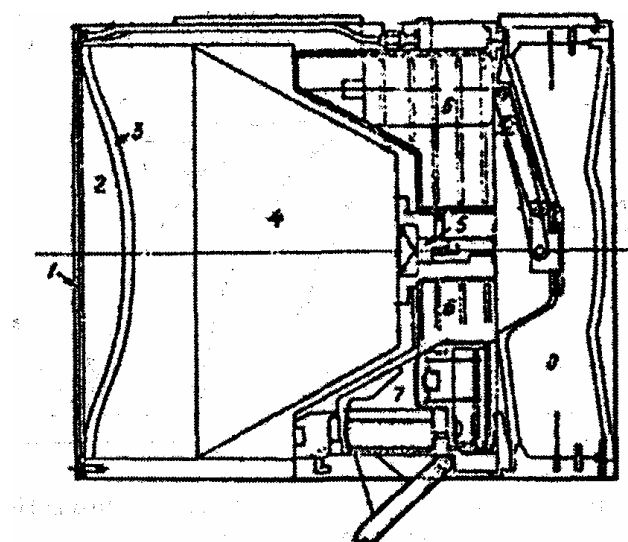


Рис. 7.3. Конструктивная схема СПБЭ снаряда SADARM фирмы Honeywell:

1 - антенна; 2 - пенопластовый наполнитель; 3 - облицовка заряда ВВ (вогнутая металлическая пластина); 4 - взрывчатое вещество; 5 - предохранительно-исполнительный механизм; 6 - электронный блок; 7 - ИК-датчик; 8 - устройство ориентации и стабилизации

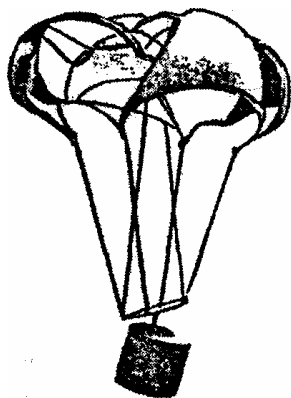


Рис. 7.4 СПБЭ снаряда SADARM при спуске

На рис. 7.5 показан принцип действия системы SADARM. Стрельба снарядами SADARM XM336 производится с закрытой ОП из штатных 203,2-мм самоходных гаубиц M110A1 и M110A2, находящихся на вооружении армии США и стран НАТО. Какой-либо специальной подготовки снаряда SADARM перед стрельбой, а также пристрелки, не предусматривается.

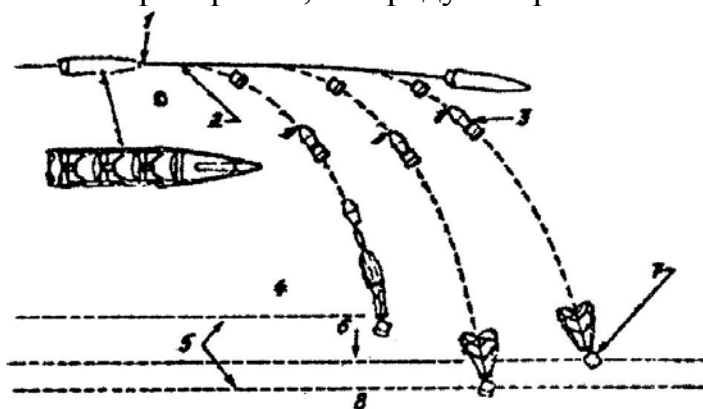


Рис. 7.5 Принцип действия системы SADARM фирмы Honeywell (калибр 203,2 мм):

1 - инициирование вышибного заряда временным взрывателем; 2-выброс СПБЭ; 3 - срабатывание устройства RAID (приведение в действие аэродинамического элемента); включение радиолокационного датчика; 4 - отстрел устройства RAID; раскрытие ленточного парашюта; радиометрический датчик продолжает работать; 5 - участок стабилизации скорости спуска; 6 - высота развертывания ИК - приемника, определяемая радиометрическим датчиком миллиметрового диапазона; 7 - развертывание ИК-приемника в рабочее положение; 8 - ввод ИК-датчика в режим поиска цели и переход РЛ-датчика на режим поиска цели.

На заданном участке траектории полета, когда снаряд SADARM достигает района цели, срабатывает установленный на определенное время взрыватель, и из корпуса снаряда в направлении противоположном полету с помощью вышибного устройства выбрасываются СПБЭ. Выбрасывание СПБЭ производится на высоте 500 - 800 м от земли, после чего они продолжают полет раздельно со скоростью 0,9М, одновременно вращаясь со скоростью 8000 об/мин. Реле времени приводит в действие аэродинамическое устройство RAID, которое замедляет скорость полета и вращение суббоеприпаса до величин, обеспе-

чивающих нормальное функционирование ленточного парашюта.

В момент раскрытия аэродинамического тормозного устройства происходит включение радиолокационного датчика, который до момента включения ИК-датчика работает в режиме высотомера, и микропроцессора, который до того же момента запрограммирован на выдачу функциональных команд в зависимости от высоты и времени. Через определенный промежуток времени, необходимый для гашения скорости падения и вращения СПБЭ, подается команда на отбрасывание тормозного устройства и раскрытие ленточного парашюта оригинальной конструкции. Конструкция парашюта обеспечивает наклон оси СПБЭ под углом 30° к вертикали, стабильную скорость снижения по сужающейся спирали, равную 9 м/с, и вращение СПБЭ вокруг вертикальной оси со скоростью 240 об/мин.

На высоте 150 - 200 м от поверхности земли подается команда на раскрытие из боковой поверхности подпружиненного зеркала ИК-датчика и его включение. С этого момента начинается действие ИК- и радиолокационного датчиков совместно с микропроцессором по идентификации цели. Датчики "осматривают" местность по кольцам, вписанным в сужающуюся спираль, диаметр которых уменьшается со 100 м до 75 м по мере снижения СПБЭ.

ИК-приемник принимает излучение "горячих" точек на подстилающей поверхности или разность температур, обусловленную работой двигателя, нагревом брони солнечными лучами, нагревом механизмов в результате трения движущихся частей и т.п.

При обнаружении датчиком цели процессор подает команду на взрывное устройство. Поражение цели осуществляется самоформирующимся при подрыве БЧ бронебойным элементом («ударное ядро»), поражающим БТТ в верхнюю, наименее защищенную ее часть. Весь процесс от момента доставки снаряда SADARM в район цели до ее поражения составляет 10 с. В случае, если цель не обнаружена, при достижении СПБЭ земной поверхности происходит перепрограммирование процессора и СПБЭ действует как противотанковая противоднищевая мина.

Система, предложенная фирмой Honeywell, стала первой системой такого рода, прошедшей демонстрационные испытания и достигшей стадии технического проектирования.

Конструкция 155-мм боеприпаса SADARM фирмы Avco

155-мм снаряд SADARM XM898 фирмы Avco содержит корпус штатного снаряда M483A1 с взрывателем M577, вышибной заряд и четыре СПБЭ ESM (Enhanced Sensing Munition - боеприпас с датчиком повышенной чувствительности), получившие наименование Skeet.

Суббоеприпас Skeet имеет цилиндрический корпус диаметром около 100мм, внутри которого размещены пассивный ИК-датчик (в донной части), ИК-взрыватель (в верхней части), микропроцессор, блок питания и боевой заряд с медной облицовкой, обеспечивающий бронепробитие до 100 мм. Основное отличие суббоеприпаса Skeet от суббоеприпаса фирмы Honeywell заключается в том, что суббоеприпас Skeet оснащен не комбинированным, а ИК-датчиком цели, работающим в диапазоне 8-14 мкм, кроме того, замедление и

стабилизация суббоеприпаса после его выброса из корпуса снаряда происходят не с помощью парашюта, а с помощью бокового ленточного стабилизатора.

Боевое действие 155-мм боеприпаса SADARM осуществляется следующим образом. В заданной точке траектории с помощью временного взрывателя происходит выброс суббоеприпасов через донную часть снаряда вышибным зарядом. После выброса из корпуса суббоеприпасы Skeet стабилизируются вращением, полученным от снаряда, и с помощью бокового ленточного стабилизатора с грузиком снижаются донной частью вниз и осуществляют поиск цели ИК-датчиком по сужающейся спирали. При обнаружении цели ИК датчик подает команду на подрыв БЧ. Формируемый взрывом бронебойный элемент обеспечивает поражение цели с высоты 50-100 м.

Зарубежные специалисты высоко оценили характеристики суббоеприпаса Skeet, отмечая, что он проще и дешевле суббоеприпаса конкурирующей фирмы. Однако впоследствии оказалось, что по надежности вариант фирмы Avco существенно уступает варианту фирмы Honeywell, что связано, без сомнения, с ориентацией на использование датчика цели, работающего в одном диапазоне.

Конструктивные особенности снаряда SADARM фирмы Aerojet

Конструктивно 155-мм боеприпас SADARM фирмы Aerojet аналогичен 203,2-мм боеприпасу SADARM XM836 фирмы Honeywell, однако в отличие от него имеет два СПБЭ (вместо трех) диаметром 147 мм, длиной 200 мм и массой 12 кг каждый.

СПБЭ содержит:

- комбинированный (ИК + радиолокационный миллиметрового диапазона) датчик цели;
- аналого-цифровой микропроцессор;
- блок питания;
- предохранительно-исполнительный механизм;
- БЧ с самоформирующимся при подрыве бронебойным элементом;
- устройство ориентации и стабилизации СПБЭ при спуске с ленточным парашютом.

Одним из основных отличий боеприпаса SADARM фирмы Aerojet от 203,2-мм суббоеприпаса фирмы Honeywell является применение в СПБЭ многоспектрального датчика цели - пассивного ИК и активного радиолокационного миллиметрового, работающего в двух диапазонах длин волн.

Электроника этого СПБЭ герметично установлена в литом пластмассовом корпусе. ИК-датчик, находящийся на боковой стороне корпуса, имеет откидное зеркало. Радиолокационный датчик миллиметрового диапазона содержит плоскую антенну, установленную на торце боеприпаса.

Боевое действие боеприпаса SADARM фирмы Aerojet аналогично боевой работе 203,2-мм боеприпаса SADARM XM836 фирмы Honeywell.

Как отмечено выше, работы по созданию противотанкового кассетного боеприпаса SADARM в США прекращены в 2000 г., в связи с тем, что в ходе испытаний была выявлена его неспособность надежно функционировать и большая стоимость по завершению проекта.

Артиллерийский снаряд SMarT 155 (Sensor-fuzed Munition for Artillery)

разрабатывался специалистами германского промышленного объединения GIWS (Gesellschaft für Intelligente Wirsysteme) с 1990 г. Началом разработки послужила программа НАТО APGM (Autonomus Precision Guided Peojektile), предусматривающая создание артиллерийского снаряда высокой точности для союзных вооруженных сил. После закрытия программы АРОМ по финансовым соображениям ФРГ? в инициативном порядке продолжила работы по созданию системы SMArt 155 (DM702), в основу которой положены технические идеи системы «Sadarm».

Материальной базой реализации этой программы послужили инициативные разработки фирм «Диль» и «Рейнметалл», на базе которых впоследствии было создано объединение GIWS.

Снаряд SMArt (рис. 7.6) снаряжается двумя СПБЭ (рис. 7.7), каждый из которых имеет основной заряд с танталовой облицовкой, из которой формируется «ударное ядро», парашютное стабилизирующее устройство, датчик ИК и датчик миллиметрового диапазона длин волн (ММДВ), работающий на частоте 94 ГГц.

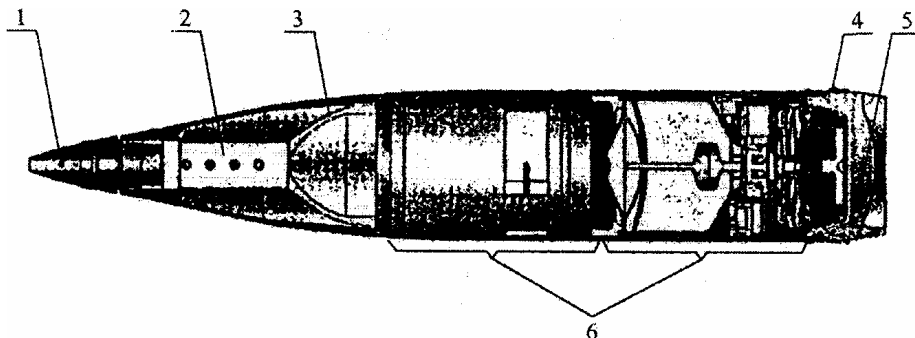


Рис. 7.6. Артиллерийский снаряд SMArt -155:

1 - дистанционный взрыватель; 2 - вышибной заряд; 3 - вышибной колпак; 4 - ведущий пояс; 5 - дно снаряда; 6 - СПБЭ

Дистанционный взрыватель снаряда срабатывает в районе цели на высоте 600 м, отстреливая поочередно два СПБЭ, которые сканируя на парашюте обнаруживают цель. Цель поражается на расстоянии 150 м «ударным ядром» со скоростью 2000 м/с.

Учитывая печальный опыт снаряда «Sadarm» по обеспечению надежности германские специалисты особое внимание уделяют этому вопросу. Итоговые испытания снарядов DM702 показали их высокую надежность. Из 24 СПБЭ цели поразили 15 (62,%), что по мнению разработчиков соответствует требованиям к боеприпасам такого класса. Следует заметить, что указанный показатель попадания получают в условиях полигона, где достоверно известны направления и скорость ветра и конфигурация групповой цели. Естественно, что в реальных условиях боевых операций показатель попадания будет в 2 - 3 раза ниже, что было отмечено в предыдущих разделах.

Артиллерийский снаряд BONUS с СПБЭ разрабатывается совместно фирмами Bofors (Швеция) и GIAT Industries (Франция). Полномасштабная разработка начата в 1993 г.

Отличительной особенностью конструкции BONUS является стабилизация СПБЭ за счет раскрывающихся «крыльев», а также отсутствие датчика миллиметрового диапазона волн. СПБЭ BONUS оснащены ИК-датчиком цели и лазерным дальномером. После отстрела СПБЭ на высоте 900 м выпускаются

тормозные плоскости («крылья»), обеспечивающие вращение элемента до 15 об/мин и скорость снижения до 45 м/с.

Отсутствие датчика цели миллиметрового диапазона длин волн не позволяет применять такие снаряды в плохих метеорологических условиях.

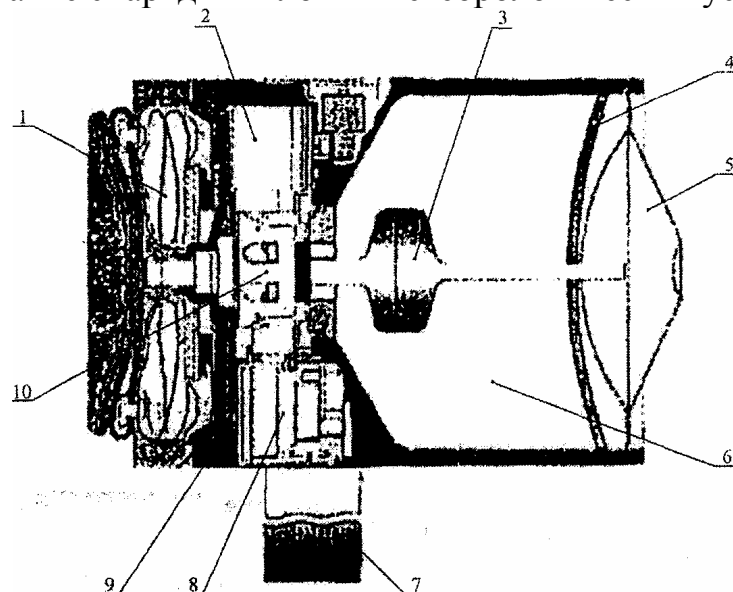


Рис. 7.7 Самоприцеливающийся боевой элемент снаряда SMArt - 155:

1 - парашют; 2 - батарея; 3 - модуль мм-диапазона; 4 - облицовка; 5 - антенна; 6 - основной заряд; 7 - стабилизатор; 8 - ИК-датчик; 9 - блок обработки сигналов; 10 — предохранительное устройство

Таблица 6.1.

Тактико-технические характеристики боеприпасов
с СПБЭ без коррекции траектории

ТТХ	Наименование боеприпаса и фирмы разработчика	Варианты боеприпаса SADARM				Bonus	SMArt	ACED
		Фирма Honeywell	Фирма Avco	Фирма Aerojet		Фирма Bonfor (Швеция)	Фирма GIWS (Германия)	Фирмы Toomson CSF, SAT, GIAT- (Франция)
Средство доставки суббоеприпасов		Снаряд XM836	Снаряд XM898	Снаряд M898	Ракета PC30 MLRS	Снаряд Bonus	Снаряд SMArt (DM702)	Снаряд ACED
Максимальная дальность стрельбы, км		22,5	22-24	30-40	45	21-24	24	25
Калибр снаряда (ракеты), мм		203,2	155	155	227	155	155	155
Длина снаряда (ракеты), мм		1140	850	850-900	3940	-	899	810
Масса снаряда (ракеты), кг		90	-	46,5	250	42,5	46,5	46,5
Количество суббоеприпасов в носителе, шт.		3	4	2	6	2	2	3
Диаметр суббоеприпаса, мм		175	100	147,3	175,3	120	140	130
Длина суббоеприпаса, мм		196	200	200	- 203,2	-	200	-
Масса суббоеприпаса, кг		14,5	13	12,25	13,6	12	12	-
Дальность действия бронебойного элемента (max/min), м		150/20		152	150	150	150	100
Величина бронепробития, мм		60-80	-	100	100	108	150	150
Вероятность поражения цели		Не менее 0,25	-	-	-	-	0,62	0,3-0,4
Тип датчика цели		Пассивный двухспектральный ИК+ активный радиолокационный мм-диапазона, 35 ГГц	ИК (8-14 мкм)	Пассивный ИК+ активный радиолокационный мм- в двух диапазонах волн		ИК	Датчик миллиметрового диапазона длин волн, 94ГГц	Пассивный ИК (3-5мкм)+ пассивный ик (8-12мкм)+ миллиметровый датчик
Начало разработки, год		1977	1980	1977	1977	1983	1990	начало 1980-х

7.2. Кассетные боеприпасы с коррекцией траектории

Если кассетные боеприпасы с самоприцеливающимися боевыми элементами реальная действительность, то боеприпасы с корректируемой траекторией (БКТ) - находятся на начальной стадии разработки. Команды управления изменением траектории полета снаряда формируются при использовании сигналов от КРНС. Данная система обеспечивает определение реальных координат снаряда, которые сравниваются с вычисленными перед выстрелом параметрами траектории.

Первые испытания снарядов с наведением с помощью КРНС NAVSTAR были проведены в научно-исследовательской лаборатории сухопутных войск США в конце 80-х годов.

Американской фирмой Raytheon с 1998 г. разрабатывается управляемый кассетный артиллерийский 155-мм снаряд следующего поколения с повышенной дальностью стрельбы (рис. 7.8) и получивший наименование Excalibur (XM982). Он предназначен для использования в артиллерийских системах СВ и морской пехоты США. В его состав входят приемник глобальной спутниковой системы навигации (GPS) и бортовой блок инерциальных измерений (IMU), которые предназначены для определения пространственной ориентации боеприпаса, его текущих координат, а также формирования команд для аэродинамических рулей управления. Это обеспечивает наведение снаряда на цель на дальности до 50 км с вероятной круговой ошибкой 20 м.

По утверждению разработчиков, основным тактическим предназначением снаряда является поражение групповых бронированных целей, пунктов управления, живой силы и огневых средств, а также инженерных сооружений и других важных целей на дальностях:

- при стрельбе из орудий с длиной ствола 39 клб - 40 км;
- при стрельбе из орудий с длиной ствола 52 клб - 50 км.

Увеличение дальности стрельбы предполагается добиться не за счет газогенератора и маршевого двигателя (как планировалось на ранних этапах разработки, рис. 6.9), а благодаря использованию хвостового оперения и аэродинамических поверхностей, т.е. за счет эффекта планирования.

Модульная конструкция снаряда позволяет размещать различные типы БЧ (рис. 7.10), что делает снаряд Excalibur многоцелевым артиллерийским боеприпасом:

- кассетным, снаряжаемым 64 кумулятивно-осколочными боевыми элементами (КОБЭ) XM80 или многоцелевыми боевыми элементами DPICM (Dual-Purpose Improved Conventional Munition) XM85 с устройствами самоликвидации;
- кассетным снарядом, снаряжаемым двумя СПБЭ SADARM;
- кассетным с унитарной БЧ для поражения заглубленных объектов.

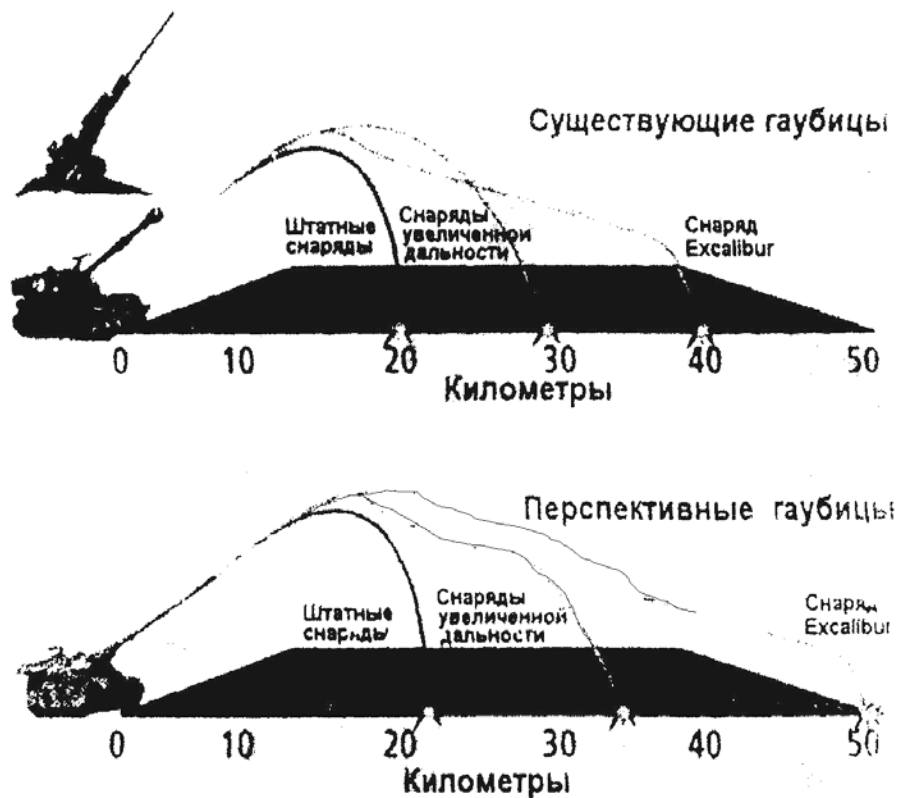


Рис. 7.8. Способ стрельбы снарядом Excalibur (XM982)

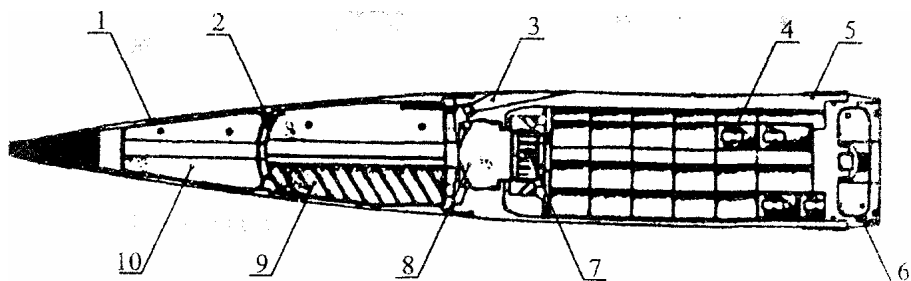
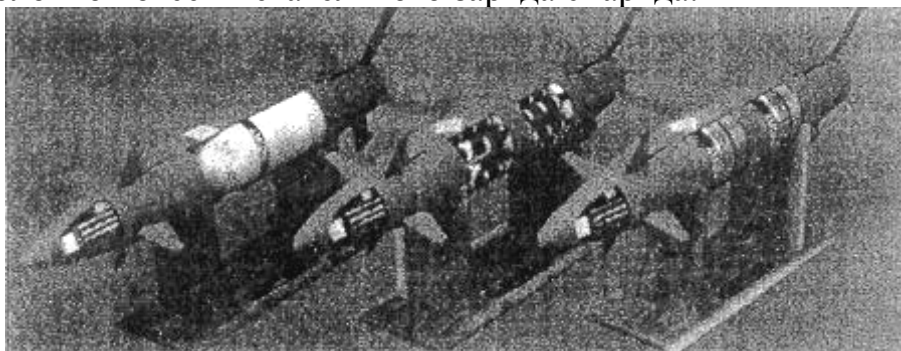


Рис. 7.9. Первоначальный вариант снаряда XM982:

1 - оживальная часть снаряда; 2 - воспламенитель метательного заряда головного отсека двигателя; 3 - сопло; 4 - кумулятивные суббоеприпасы XM80 (количество - 85 шт.); 5 - корпус; 6 - донный газогенератор; 7 - вышибной заряд; 8 - дистанционный взрыватель; 9 - второй отсек метательного заряда снаряда; 10 - головной отсек метательного заряда снаряда.



а)



б)

Рис. 7.10 Варианты снаряда XM982 с различными типами БЧ:

а) - внешний вид снарядов; б) - конструктивные схемы;

1 - помехозащищенная система навигации GPS/IMU; 2 - аэродинамические рули; 3 - устройство разбрасывания боеприпасов; 4 - обтюрирующий пояс; 5 - складывающееся хвостовое оперение; 6 - индукционный взрыватель.

Снаряд XM982, управляемый при помощи глобальной спутниковой системы навигации (GPS), должен обеспечивать высокую точность попадания при стрельбе из всех современных и перспективных самоходных и буксируемых гаубиц с цифровыми СУО M109A6 Paladin, M198, LW 155, Crusader и других, совместимых с ним артсистем. Оснащение подразделений огневой поддержки снарядом XM 982, по оценке западных специалистов, увеличит их эффективность в 3-6 раз и будет широко использоваться в XXI веке, включая период после 2010 г.

Параллельно с разработкой боеприпаса XM982 поражающего действия проводятся исследования, направленные на использование снаряда как источника информации в реальном масштабе времени о метеорологической обстановке (данные об атмосферном давлении, скорости и направлении ветра, температуре воздуха) не только в районе расположения огневых позиций, но и в районе цели. Это особенно важно для легких и объединенных формирований, так как позволяет не обременять их собственными средствами метеообеспечения. Изучается возможность создания пристрелочного снаряда для сил быстрого реагирования, который позволит артиллерийским подразделениям обходиться без разведки метеобстановки в тяжелых погодных условиях и ночью. Данные о расхождении параметров реальной и вычисленной траектории полета такого снаряда автоматически будут учитываться при определении установок для последующего (после пристрелочного) выстрела. Разработку снаряда с подобным принципом действия осуществляет и израильская фирма MLM.

Вместе с тем специалисты фирмы Raytheon разрабатывают для перспективного орудия корабельной артиллерии Mk45 Mod.4 (длина ствола 62 калибра) 127-мм снаряд ERGM (рис. 7.11), оснащенный приемником данных КРНС NAVSTAR. По мнению экспертов, дальность стрельбы таким снарядом (масса 54 кг, длина 1550 мм) составит 120 км, а КВО - не более 20 м. Для него предпо-

лагается создать БЧ кассетного типа, снаряженную 72 осколочно-кумулятивными боевыми элементами XM80. Принятие таких снарядов на вооружение ожидается после 2005 г.



Рис. 7.11 Перспективный 127-мм снаряд ERGM

В августе 1999 г. на полигоне СВ США в штате Юта англо-американская корпорация «Team STAR» успешно продемонстрировала технологию коррекции траектории по дальности. В январе 2000 года при финансовой поддержке со стороны ВМС страны была продемонстрирована система управления БКТ по дальности и направлению.

США и Великобритания разрабатывают снаряд с процессором обработки сигналов, размещаемым на снаряде. Такая конструкция обладает рядом преимуществ, но в то же время при расположении процессора на орудии или на наземном пункте управления огнем снаряды могли бы быть дешевле. Вот почему корпорация «Team STAR» следит за ходом работ по их созданию с процессором в наземном варианте.

Кроме того, Великобритания проводит самостоятельные исследования по созданию систем коррекции для 155-мм артиллерийских снарядов. Удачно, по заявлениям разработчиков, прошли испытания системы коррекции траектории полета снаряда, включающей процессор обработки сигналов и систему торможения. Снаряд L15, оснащенный системой коррекции траектории полета, на дальности 30 км мог бы иметь такое же рассеивание, как без коррекции на расстоянии 18 км. Ожидается, что первый снаряд со встроенным механизмом коррекции траектории по дальности благодаря использованию сигналов КРНС| NAVSTAR будет продемонстрирован в 2003 г., а принятие его на вооружение возможно к 2005 г.

Наряду с этим снарядом фирмой «Ройял орднанс» разрабатывается перспективный 155-мм снаряд, предназначенный для поражения живой силы, бронированной техники и фортификационных сооружений, получивший наименование «Поул-экс». Его особенностью должно стать применение композиционного материала для изготовления несущих элементов корпуса. Кроме того, к снаряду (масса 45 кг, длина 1620 мм, начальная скорость 945 м/с) предъявляются следующие основные требования: поражение целей в любых метеорологических условиях на дальности до 60 км с КВО не более 15 м; возможность применения из существующих и перспективных орудий полевой и корабельной артиллерии со стволом длиной 52 калибра.

Конструктивно боеприпас, выполненный по аэродинамической схеме «утка», будет состоять из трех основных частей: блока управления в носовой части, БЧ и реактивного двигателя в сборе с донным газогенератором. Блок управления, помимо модуля приемника данных КРНС NAVSTAR с антенной и электронным взрывателем, объединит в себе ИНС, вычислительный процессор и элементы питания. По оценкам военных специалистов, приемник системы

NAVSTAR будет устойчив к перегрузкам, возникающим при выстреле, обладать высоким быстродействием и помехозащищенностью. Это обеспечит непрерывный прием, преобразование и передачу на вычислительный процессор блока управления кодированных сигналов спутниковой системы для последующего определения текущих координат снаряда и скорости, сравнения их с заданными параметрами траектории и формирования управляющих команд на средства самокоррекции. Для этого снаряд предполагается оснастить аэродинамическими рулями управления или тормозными устройствами, меняющими лобовое сопротивление.

По решению разработчиков снаряд должен комплектоваться метательными модульными зарядами BMCS южноафриканской фирмы «Сомхэм», конструкция которых включает сгораемые корпуса модулей, холодного горящие пороха и специально разработанную систему воспламенителя. Снаряд планируется производить с различными типами БЧ: кассетной, снаряженной осколочными боевыми элементами; противотанковой (СПБЭ); осколочно-фугасной (бетоно-бойной), а также осветительной или дымовой. Принятие на вооружение снаряда ожидается после 2005 года.

Во Франции фирмы «Жиат», «Сектант авионик» и TDA по контракту с генеральной дирекцией по вооружениям Франции GA разрабатывают снаряд SAMPRASS с корректируемой траекторией полета. Данные КРНС NAVSTAR поступают на приемо-ретранслятор, расположенный на боеприпасе, и передаются для обработки на процессор, расположенный на артиллерийском оружии или в непосредственной близости от него. Процессор формирует команды на срабатывание баллистического тормоза (рис. 7.13), который изменяет дальность полета снаряда



Рис. 7.12. Общий вид баллистического тормоза снаряда SAMPRASS

Фирма «Жиат» предлагает кассетный артиллерийский снаряд «Пеликан». Максимальная дальность стрельбы 80 км, радиус рассеивания 15 м. Для достижения максимальной дальности предполагается использовать маршевый двигатель, который включается при выходе снаряда из канала ствола, при этом одновременно раскрываются стабилизаторы и управляющие поверхности. Последние получают команды управления от системы наведения, состоящей из инерциальной навигационной системы, приемника сигналов КРНС NAVSTAR и процессора. Снаряжение снаряда «Пеликан» составляет пять СПБЭ BONUS или 120 КОБЭ. Общая масса снаряда 54 кг при длине 1350 мм.

В Швеции специалисты фирмы «Бофорс» продолжают осуществлять проект TCM (Trajectory Correctable Munitions), направленный на создание од-

ноименного радиоуправляемого 155-мм снаряда (рис. 7.12). По соглашению между министерствами обороны Швеции и США к работам подключена американская фирма SAT для совместного исследования концепции и проведения испытательных стрельб ключевых компонентов перспективного боеприпаса.



Рис. 7.13 Радиоуправляемый 155-мм снаряд ТОМ

Снаряд ТОМ предназначен для поражения незащищенных и бронированных целей на дальности не менее 50 км при стрельбе из самоходных и буксируемых орудий со стволом длиной 52 калибра. При этом КВО, по оценкам шведских специалистов, составит не более 50 м. Его планируется разработать как модульный боеприпас улучшенной аэродинамической формы с расположенными в хвостовой части донным газогенератором и раскрывающимися после выстрела стабилизаторами. Для радиолокационного сопровождения и управления на траектории боеприпас предполагается оснастить комбинированной системой наведения, объединяющей модуль приемника системы NAVSTAR, ИНС и блок приема и передачи данных наземной многофункциональной РЛС, а также активизирующимися в определенный момент времени аэродинамическими рулями.

По замыслу разработчиков, снаряд будет выпускаться с БЧ различных типов: кассетной, снаряженной осколочно-кумулятивными элементами, противотанковой (СПБЭ типа «Бонус» или «Садарм»), бронебойно-фугасной, а также специального назначения. Принятие его на вооружение ожидается после 2006г.

НИОКР по созданию снарядов данного типа проводятся и в других странах. Так, фирма «Рейнметалл» в ФРГ приступила к разработке 155-мм снаряда с коррекцией по данным системы NAVSTAR, дальность стрельбы которого из 155-мм СГ PzH-2000 должна составить не менее 80 км, а КВО - 10 - 15 м. В настоящее время максимальная дальность стрельбы из гаубицы снарядом с донным газогенератором около 37 км.

По мнению немецких военных специалистов, новый снаряд будет иметь сходную с американским боеприпасом XM982 компоновку, снаряжаться БЧ различного типа и использоваться в автоматизированных системах заряжания орудий. Завершить разработку прототипа намечается к 2004 г.

Французские и шведские фирмы совместно проводят исследования по созданию снаряда с коррекцией траектории, но данные о параметрах реальной траектории его полета будут поступать не от КРНС NAVSTAR, а от баллистической станции (БС). Данный снаряд получил наименование «Бромса». В системе наведения снарядом предполагается использовать БС «Спасидо», разраба-

тываемую для перспективной французской 155-мм гаубицы СГ AUF2. «Бромса» будет иметь баллистический тормоз, выполненный в виде механизма увеличения носовой части, что способствует возрастанию сопротивления воздуха. По мнению разработчиков, данная система наведения будет обеспечивать в 5 раз меньшее рассеивание, чем неуправляемые 155-мм снаряды. Все элементы системы наведения, кроме тормозного механизма, выполнены в наземном варианте.

Министерство обороны Великобритании в соответствии с программой создания высокоточного управляемого артиллерийского снаряда (УАС) Indirect Fire Precision Attack (IFPA) планирует создание семейства снарядов: для поражения групповых бронированных целей (IFPA 1) и для поражения отдельных наиболее важных целей (IFPA 2).

Специалисты предусматривают поэтапное выполнение программы. На первом этапе IFPA 1 до 2003 г. предусматривается разработка 155-мм УАС с дальностью стрельбы до 30 км. На втором этапе до 2007 г. будет осуществляться разработка кассетных снарядов с самоприцеливающимися противотанковыми боевыми элементами (СПБЭ) с дальностью стрельбы до 70 км. Носителями боеприпасов нового поколения предполагаются самоходные гаубицы AS 90 и легкие буксируемые гаубицы Lightweight Mobile Artillery Weapon System (LI-MAWS), а также PC30 MLRS.

На последующих этапах модернизации полевой артиллерии до 2011г. специалисты МО Великобритании предполагают создание противотанковых боеприпасов с дальностью поражения до 120 км.

Разработку высокоточных боеприпасов для поражения малоразмерных важных целей IFPA 2 предполагается осуществлять по среднесрочной (до 2007г.) и долгосрочной (до 2011 г.) программам, предусматривающим создание как боеприпасов, так и перспективных носителей.

Зарубежные специалисты в области создания перспективных УАС исследуют возможности применения в системах управления приемных устройств радионавигационной сети GPS, которые обеспечат корректирование траектории полета снаряда в реальном времени. В этом случае предполагается замена головных взрывателей устройством с приемником GPS (рис. 7.14).

Исследуются также новые устройства и материалы для ГСН и датчиков цели. По оценкам экспертов, применение лазерного локатора вместо РЛ позволит снизить стоимость ГСН на 80%. Стоимость ИК-датчика из PISi (силицид платины) на 90% ниже стоимости штатного датчика, изготовленного из HgCdTe (ртуть-кадмий-теллур). Применение фазированной решетки в РЛ-ГСН снижает стоимость антенного устройства на 75% по сравнению с антенным устройством на кардановом подвесе.

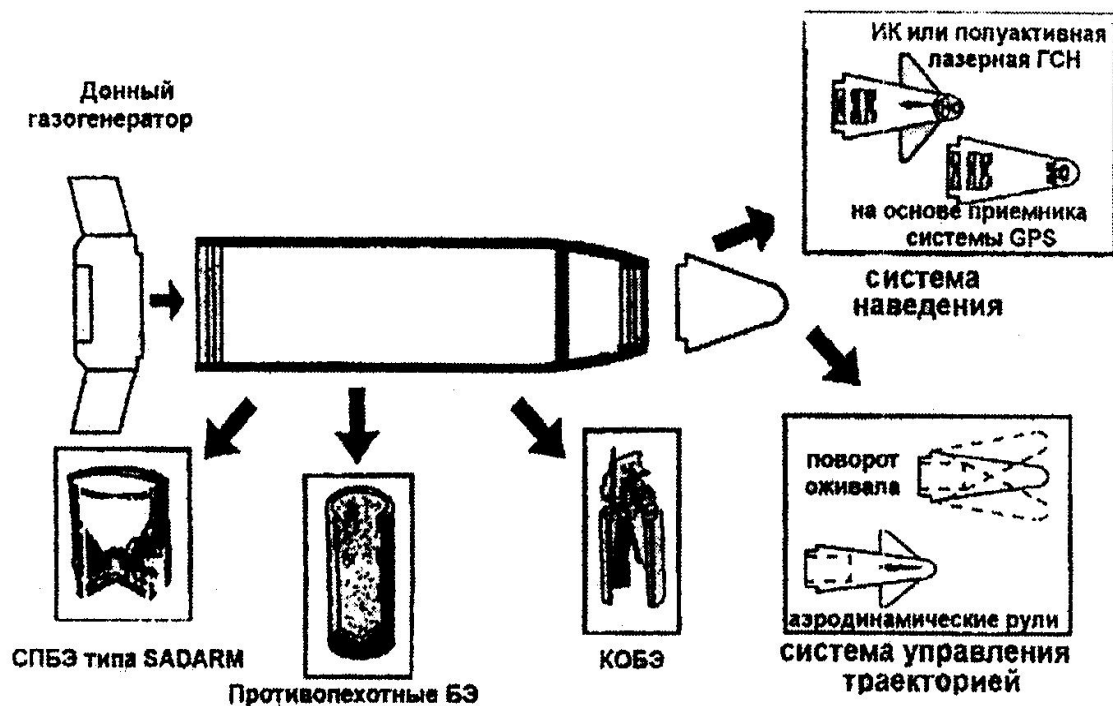


Рис.7.14. Западная концепция перспективного кассетного снаряда

Таким образом, по оценкам зарубежных военных специалистов, создание снарядов увеличенной дальности, использующих для коррекции траектории данные КРНС NAVSTAR, позволит подразделениям полевой артиллерии в ближайшем будущем успешно решать задачи по высокоточному огневому поражению как групповых, так и одиночных ненаблюдаемых целей в любых метеоусловиях при значительном сокращении расхода боеприпасов.

ПОСЛЕСЛОВИЕ

В заключение отметим ряд положений, которые характеризуют современное состояние управляемого артиллерийского вооружения, перспективы его развития и совершенствования.

К настоящему времени УАС прочно вошли в номенклатуру высокоточного оружия (ВТО), как генеральная перспектива развития обычных видов вооружения. Наличие УАС в значительной мере меняет тактику применения артиллерии, существенно расширяет возможности ее эффективного использования и позволяет решать боевые задачи, значительно сокращая собственные потери и минимизируя несанкционированный ущерб. Относительно высокая стоимость управляемых боеприпасов позволит в ближайшее время применять УАС только для решения важнейших тактических задач по надежно разведанным целям.

Разработка и создание перспективных УАС требует сосредоточения интеллектуальных, технологических и финансовых усилий, масштабы которых по силам только крупным высокоразвитым научно-техническим фирмам и их объединениям, при этом уровень кооперации выходит на межгосударственный уровень, причем характерным остается глубокая специализация кооперирующихся фирм.

Перспективные разработки УАС связаны, как правило, с необходимостью использования штатных устройств автоматизации заряжания и подготовки выстрела к стрельбе. При разработке и производстве УАС характерно стремление использовать в новых и модернизированных образцах уже апробированные технические решения, а также максимально унифицировать их отдельные элементы, что позволит существенно снизить стоимость серийного производства управляемых боеприпасов. При этом просматривается тенденция создания УАС с широкой номенклатурой взаимно заменяемых боевых частей.

При новых разработках УАС широко планируется применять комбинированные головки самонаведения, имеющие несколько каналов поиска, захвата и наведения, что повысит помехозащищенность ГСН и обеспечит высокую боевую эффективность УАС. При этом главным направлением НИОКР является разработка активных радиолокационных датчиков цели миллиметрового диапазона и пассивных двухдиапазонных инфракрасных фотоприемников. Перспективные УАС в полной мере должны использовать такое достижение технологии, как "искусственный интеллект". В данном случае интеллектуальные ГСН должны будут идентифицировать цель в сложных метеорологических условиях, на фоне организованных помех, при маскировке и преднамеренном искажении ее теплового и радиолокационного облика. При этом точка попадания в бронированную цель должна будет выбираться исходя из предпосылки нанесения максимального ущерба.

Весьма важным аспектом совершенствования дальнобойных УАС является дальнейшее увеличение эффективной дальности их полета. Несомненно, будут совершенствоваться уже освоенные методы, такие, как повышение энергетики выстрела за счет новых порохов и увеличения относительной длины ствола; улучшение аэродинамического качества управляемых боеприпасов, включая введение элементов, изменяющих геометрию снаряда во время его по-

лета; использование эффективных вариантов РДТТ и донных газогенераторов; переход на нисходящей части баллистической траектории на траекторию планирования под оптимальным углом.

Весьма перспективным следует считать такое направление развития УАС, как управляемое минометное вооружение, которое крайне необходимо для успешного ведения боевых действий и антитеррористических операций в труднодоступной местности со сложным горным рельефом. В данном случае одним из важнейших свойств таких систем должна стать их хорошая транспортability и боевая маневренность, т.е. необходимо создание переносных и легко возимых комплексов управляемого минометного вооружения.

Для разработчиков танковых управляемых снарядов в ближайшее время может возникнуть вопрос о целесообразности перехода от лучевых систем управления к самонаведению. Здесь потребуется серьезное тактико-экономическое обоснование. Не исключено, что целесообразность такого перехода будет обоснована только для некоторых видов объектов бронетанковой техники. К ним, например, можно отнести танки, выполняющие боевые задачи в тылу противника. В этом случае скрытность и автономность выполнения операции является основным тактическим требованием.

Мы будем благодарны читателю, который найдет возможность поделиться своими мыслями по затронутым в книге вопросам, высказать пожелания, указать на замеченные недостатки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Аксенов Н., Шурыгин В. Российскую артиллерию на мировой рынок // Военный парад. - 1997. - № 9-10.
2. Александров В.А., Рахманов А.А. ВТО: Роль и место в вооруженных конфликтах. Основные тенденции развития // Военный парад. - 2003. - № 1 (55).-С. 16-18.
3. Анисимов В. Боеприпасы с высокоточными боевыми элементами //Зарубежное военное обозрение. - 1994. - № 10,11
4. Артиллерия XX века: Свыше 300 артиллерийских систем всех стран мира. Пер. с англ. - М.: 000 «Издательство АСТ», 2001.
5. Бабичев В.И. Высокоточные боеприпасы - основа новых боевых возможностей артиллерии // Горизонты КБП. - Тула, 1997.
6. Бабичев В.И. 155-мм управляемый снаряд «Краснополь-М» // Wehrtechnik. -1996.-№8.-С. 56-57.
7. Бабичев В.И. Снаряды точного наведения: новые возможности для артиллерии // Military Technology. Special Issue. KBP'96. - С. 32-33.
8. Бабичев В.И. Высокоточные боеприпасы ствольной артиллерии // Military Parade - 1996, июль-август. - С. 150-152,60-61
9. Военный энциклопедический словарь. - М.: Воениздат, 1983.
10. Ежов Г. Наши ракеты попадают точно в цель // Военный парад - 2001. -№7,8.
11. КБ приборостроения. Специальный выпуск каталога "Оружие России". - Тула, 1997.
12. Киреев В., Евтухов А., Шарендо Э. Совершенствование танковых боеприпасов осколочного действия // Военный парад. - 1998. - № 7-8.
- 13.Кондратьев А. Спутниковая навигационная система НАВСТАР // Зарубеж. воен. обозрение. - 1981. - №4.
14. Конструкторское Бюро Приборостроения. Под общей редакцией академика РАН А. Шипунова. - М.: «Военный парад», 2002. - 378 с.
15. Латухин А.Н. Противотанковое вооружение. - М.: Воениздат, 1974.
16. Лыков В., Аганов А., Передков С. Танковые боеприпасы зарубежных стран // Зарубеж. воен. обозрение. - 1997- № 5.
17. Орлов А.Р. основы устройства и функционирования снарядов реактивных систем залпового огня. - Тула: ТулГУ, 2002.
18. Слуцкий Е. Тенденции развития противоганковых средств // Зарубеж. воен. обозрение. -1995- № 8, 9.
19. Строев В. Кассетные боеприпасы с самоприцеливающимися боевыми элементами // Зарубеж. воен. обозрение. - 2000. - № 28.
20. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Выстрел ЗУБК 20 с УР 9М119М. ЗУБК20.00.00.000 ТО. - Тула: КБП.
21. Техническое описание и инструкция по эксплуатации, 152-мм выстрел ЗВОФ64 (ЗВОФ93) с осколочно-фугасным управляемым снарядом ЗОФ39. ЗВОФ64.00.00.000 ТО. - Тула: КБП.
22. Федосов Е.А. Авиация XXI века // Вооружение. Политика. Конверсия. -2002.-№3-С. 3-8.
23. Фесенко Ю.Н. Направления развития высокоточных боеприпасов //

Военная мысль. - 2003.-№ 2. - С. 17-25.

24. Шипунов А.Г., Бабичев В.И. Управляемый артиллерийский снаряд для артиллерийских систем 155-мм калибра // African Armed Forces - 1998, nov. -С. 29-30.

25. Шипунов А.Г., Бабичев В.И. Перспективы и проблемы развития высокоточного оружия ближней тактической зоны. // Сб. материалов науч-техн. конф. РАРАН «Актуальные проблемы развития вооружения». -М.: Вооружение. Политика. Конверсия. - 200. - С. 74-79.

26. Шипунов А.Г., Бабичев В.И. Краснополь покоряет Гималаи // Military Review - 2000. - № 3, май-июнь. - С. 44-45.

27. Шипунов А.Г., Бабичев В.И. «Грань» - новые боевые возможности минометного вооружения // Военный парад - 2002.— № 5. - С. 4-6.

28. Шипунов А.Г., Бабичев В.И., Игнатов А.В., Рабинович В.И. Мобильный комплекс высокоточного оружия «Грань»// Arms. -2003. -№1. - С. 34-37.

29. Шипунов А.Г., Березин С.М. Тенденции развития вооружения бронетанковой техники // Горизонты КБП. - Тула, 1997.