

03, март 2016

УДК 623.462

Концепция 152-мм дальнобойного управляемого артиллерийского снаряда (ДУАС)

Розанов Л. А., специалист

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Ракетные и импульсные системы»*

Научный руководитель: Смирнов В.Е., д.т.н., профессор

*Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Ракетные и импульсные системы»;*

начальник отделения - главный конструктор направления АО «НИМИ»

Россия, 125212, г. Москва, АО «НИМИ»

kafsm6@sm.bmstu.ru

За последние 20 лет в ряде передовых в военном отношении стран наметилась тенденция к разработке управляемых артиллерийских снарядов, обладающих повышенной дальностью и точностью по сравнению с неуправляемыми артиллерийскими боеприпасами[1, 2]. Стоит отметить, что в этой области вооружения не только проявляется интерес к созданию новых образцов (иллюстрируемый количеством проектов), но и достигнуты определённые успехи в данном направлении. Так, в США принят на вооружение снаряд *M982 Excalibur*. Полигонные испытания проходят снаряды *LRLAP*, *MS-SGP* (США) и *Vulcano* (Италия). Военными ведомствами этих стран планируется в скором времени принятие их на вооружение.

Из анализа проектов подобных образцов следует вывод, что дальнобойные управляемые артиллерийские снаряды (ДУАС) характеризуются:

1. Способностью поражать цели на дальностях, превышающих дальности стрельбы обычными артиллерийскими снарядами (которые составляют 30...50 км);
2. Высокой точностью попадания по сравнению с неуправляемыми снарядами (круговое вероятностное отклонение (КВО) составляет менее 25 м).

Эти показатели могут быть достигнуты следующими путями:

1. Установка в снаряде ракетного двигателя на твёрдом топливе (РДТТ) и/или донного газогенератора (ДГТ);

2. Применение подкалиберных снарядов;
3. Установка на снаряд аэродинамических поверхностей, создающих подъёмную силу;
4. Использование системы управления (СУ) для полёта по заданной траектории на требуемую дальность.

Необходимо отметить, что радикальное увеличение дальности (например, с <50 км у неуправляемого снаряда до 135 км у *LRLAP*) возможно именно при использовании системы управления. В роли органов управления выступают аэродинамические рули. С их помощью снаряд переходит с полёта по баллистической траектории на т.н. участок подпланирования, на котором угол наклона его траектории остаётся постоянным. Такой вид траектории реализуем при помощи относительно простой инерциальной системы наведения (ИНС), подобной установленной на отечественном управляемом артиллерийском снаряде (УАС) «Краснополь». Однако ИНС имеет склонность к накоплению ошибки при продолжительной работе, а также использование её не снимает требований по точной установке орудия для попадания в заданную точку. Для компенсации этих недостатков применяются различные способы.

Практика показала, что существуют три пути решения этой проблемы. Первый, хорошо отработанный на таких образцах, как 2К25 «Краснополь» и *M712 Copperhead* – использование наведения по отражённому лучу лазера на конечном участке траектории. Этот способ позволяет поражать движущиеся цели, однако обладает рядом недостатков, как то: необходимость присутствия в районе целей человека с дальномером-целеуказателем, высокие требования к погодным условиям, уязвимость к средствам противодействия (аэрозоли, дымовые завесы) и вероятность обнаружения целеуказателя противником по собственному лучу лазера.

Второй способ – применение автономных головок самонаведения, как правило, активных радиолокационных, пассивных инфракрасных и комбинированных. Этот способ не требует присутствия человека в районе целей и также обеспечивает поражение движущейся цели, он менее требователен к погодным условиям. Тем не менее, на сегодняшний день технология производства таких головок самонаведения не развита настолько, чтобы произвести надёжный, качественный и при этом доступный для широкого применения образец.

Третий способ, широко прорабатываемый зарубежными конструкторами – дополнение ИНС не головкой самонаведения, а средствами связи со спутниковой навигационной системой (СНС). Выходя на определённый участок траектории, система

управления снаряда получает от СНС данные о координатах цели и координатах самого снаряда с определённым временным интервалом. Из полученных данных системой управления вычисляется необходимая поправка по углу наклона траектории и углу поворота траектории. Этот способ не требует вмешательства человека после вылета снаряда из канала ствола и обладает малой чувствительностью к погодным условиям. Несмотря на то, что прямого попадания (как в двух предыдущих способах) достичь затруднительно, соответствующее ему $KBO < 25$ м позволяет поражать точечные неподвижные цели при оснащении снаряда соответствующей, как правило осколочно-фугасной, боевой частью (БЧ). Предполагается также, что аппаратура связи с СНС по стоимости находится в выигрышном положении по сравнению с головками самонаведения. Недостатком является уязвимость как снаряда, так и самой СНС к помехам и другим методам радиоэлектронной борьбы.

Рассматривая возможность создания отечественного образца ДУАС, следует коснуться вопроса о целесообразности его применения в ВС РФ. В качестве базового варианта будет рассматриваться образец калибра 152 мм, оснащённый осколочно-фугасной (ОФ) БЧ, по массе сравнимой с аналогами («Краснополь», *M982* и т.д.), имеющий дальность полёта свыше 120 км (т.е. сравнимую с наибольшей дальностью действия зарубежных ДУАС) и оснащённый ИНС с коррекцией траектории по СНС, обеспечивающей КВО на уровне аналогов. В качестве задач, решаемых ДУАС, приняты: поражение открытой и укрытой живой силы и точечных целей (авиация на аэродромах, пусковые установки ОТР и ЗУР, объекты промышленности и инфраструктуры, ДОТы, ДЗОТы и т.д.).

Отличительными особенностями данного образца вооружения являются высокая дальность и точность стрельбы при возможности применения из распространённых 152-мм орудий (например, «Гиацинт-Б» и «Гиацинт-С»). Ниже будут рассмотрены их положительные стороны и возможности, которые ДУАС предоставляют сухопутным артиллерийским системам.

Обеспечение высокой точности попадания значительно сокращает расход снарядов и огневых средств на поражение той или иной цели по сравнению с неуправляемыми снарядами. При этом становится возможным применять огонь артиллерии по целям, находящимся в непосредственной близости от дружественных подразделений, мирного населения и объектов промышленности и инфраструктуры, повреждение которых нежелательно. Отсутствие потребности в целеуказателе повышает гибкость применения. Также, как показали работы по *M982*, управление по СНС позволяет снизить жёсткость

требований к установке орудия для стрельбы – было продемонстрировано, что снаряд способен поразить цель при отклонении оси канала ствола орудия от линии «орудие-цель» на 5 градусов[7]. Помимо этого, оно в перспективе может позволить перенацелить снаряд в полёте в другую точку.

Высокая дальность обеспечивает неуязвимость для контрбатарейного огня противника и большую по сравнению с неуправляемыми снарядами глубину поражения целей. Также стоит отметить, что большая дальность стрельбы выгодна не только при стрельбе «вглубь» линии фронта, но и «вдоль» неё. Таким образом, одно орудие или батарея, оснащённые ДУАС, могут оказывать огневую поддержку и поражать цели на существенно более протяжённом участке линии соприкосновения с противником, что уменьшает количество потребных для этого огневых средств, как показано на рис. 1.

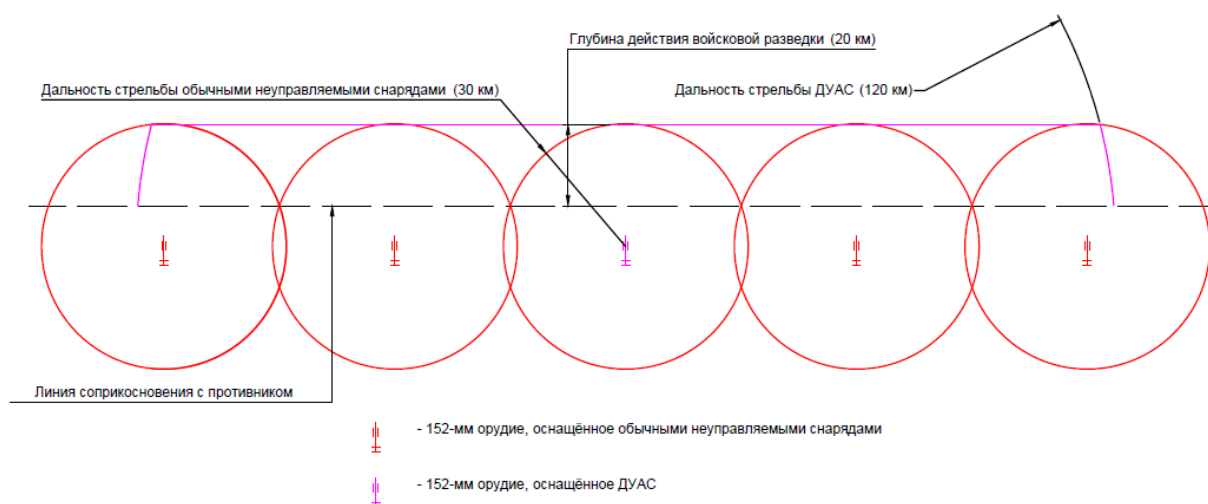


Рис. 1. Схематическая иллюстрация влияния дальности ДУАС на количество орудий, потребных для оказания поддержки на отдельно взятом участке линии соприкосновения

Ещё одной положительной чертой ДУАС является распространённость пусковых установок, в данном случае 152-мм орудий. Согласно Военной доктрине РФ[8], в вооружённом конфликте большая роль уделяется высокоточному оружию (ВТО). В настоящее время в ВС РФ таким оружием являются авиационные управляемые ракеты (АУР) и оперативно-тактические ракеты (ОТР). Количество его носителей относительно мало, что может негативно сказаться на возможности его применения. С другой стороны, 152-мм орудия широко распространены в ВС РФ. ДУАС, таким образом, способен в перспективе серьёзно увеличить количество носителей высокоточного оружия. К тому же, его внедрение позволит внести высокоточное оружие «в массы», так как для задействования авиации или оперативно-тактического ракетного комплекса (ОТРК)

требуется согласование на более высоком командном уровне, чем для применения артиллерии дивизионного уровня.

Немаловажной деталью является и заметность существующих носителей высокоточного оружия для противника. Современными средствами разведки легко обнаружить перемещение самолёта или машины ОТРК, что может привести к раскрытию планов командования и потере фактора внезапности. 152-мм орудия же являются гораздо более распространённым на театре военных действий видом вооружения, и их перемещение и развёртывание не вызовет у противника подозрений о возможности применения высокоточного оружия. Тем самым обеспечивается большая скрытность применения ВТО.

Распространённость 152-мм орудий, каждое из которых потенциально является пусковой установкой ВТО, делает ДУАС инструментом нанесения противнику ущерба не только прямым, но и косвенным путём. Если противник будет осведомлён о наличии на вооружении артиллерии ДУАС, но не будет знать, из какого именно орудия он будет выпущен, это заставит его рассматривать каждое орудие как способное применять ВТО. Тем самым арсенал его манёвров и тактических действий будет более скудным и предсказуемым. Это же заставит его затрачивать ресурсы на разработку и внедрение средств противодействия ДУАС.

Наиболее уязвимым местом концепции ДУАС является необходимость поддержки связи с СНС для обеспечения точности. Причём речь идёт не о постановке помех в районе цели (что незначительно снизит точность попадания), а о выведении из строя группировки спутников. На данный момент единственной страной в мире, обладающей средствами ведения войны в космосе, являются США. Вопрос о возможности конфликта, в котором США будут готовы применить такие меры против РФ, является спорной темой и его освещение выходит за рамки этой статьи. Следует лишь отметить, что это наиболее вероятно в ходе глобального конфликта, в котором из-за его масштабов роль многих родов войск ВС РФ (включая артиллерию) будет несоизмерима мала по сравнению с ролью ракетных войск стратегического назначения.

Этот факт на первый взгляд ограничивает применение ДУАС конфликтами такой интенсивности, при которой удар по группировке спутников СНС маловероятен. Тем не менее, даже в глобальном конфликте может быть найдено применение для ДУАС. Невозможность связи с СНС означает использование только инерциальной навигационной системы, что отрицательно сказывается на точности попадания снаряда. От этого недостатка можно избавиться несколькими путями.

Во-первых, применение оружия в космосе вполне может стать шагом, провоцирующим применение и ядерного оружия. Известно, что 152-мм снаряды могут оснащаться специальными БЧ с ядерным зарядом мощностью до 2.5 кт в тротиловом эквиваленте (например, ЗБВЗ). При установке такой БЧ на ДУАС это снижает требования к точности попадания, при этом за счёт управляемого полёта сохраняется увеличенная дальность поражения целей.

Во-вторых, применение в снаряде модульной компоновки позволит оперативно заменить блок СНС, расположенный, как и у аналогов, в носовой части, на полуактивную лазерную ГСН. Этот шаг позволит вернуть точность на уровень, соответствующий применению СНС, и даже повысить её. Однако для этого потребуются подсветка цели дальномером-целеуказателем.

Существует ещё одно слабое место этой концепции, затрудняющее полную реализацию её возможностей. Известно, что войсковая разведка способна вести деятельность на удалении не более чем 20 км от линии фронта. При отсутствии связи с СНС и невозможности аэрофотосъёмки это, казалось бы, делает большую дальность ДУАС избыточной. Но при анализе образцов артиллерийских боеприпасов видно, что только существенное увеличение дальности полёта снаряда обеспечит защиту от контрбатарейного огня. Допустим, что разведка обнаружила цель на расстоянии 20 км от линии фронта. По ней открывает огонь 152-мм орудие, имеющее неуправляемые снаряды с дальностью полёта 50 км. Очевидно, что при этом орудие расположено на 30 км от линии фронта вглубь дружественной территории. Такое расположение делает его уязвимым для контрбатарейного огня, к примеру, неуправляемыми 155-мм снарядами типа *V-LAP* с дальностью в 60...70 км. Применение же ДУАС в таком случае позволит расположить орудие в более чем 100 км от линии фронта, в безопасности от артиллерийского огня противника. Более подробно это иллюстрирует рис. 2.

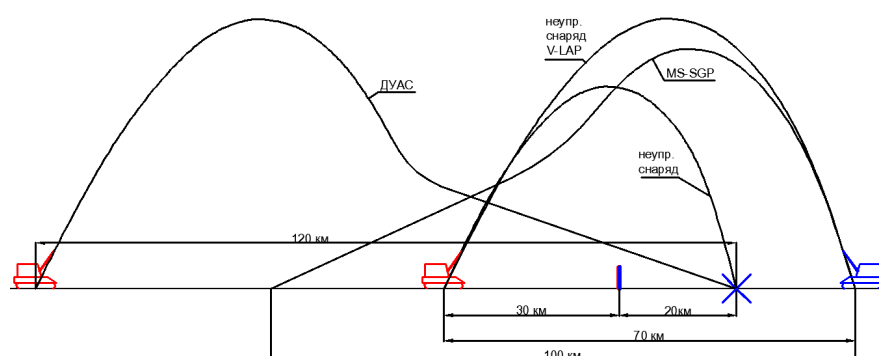


Рис. 2. Иллюстрация преимуществ ДУАС в защищённости от контрбатарейного огня при условии поражения цели на глубине 20 км от линии фронта

Таким образом, учитывая как положительные, так и отрицательные стороны концепции ДУАС вкупе со способами их компенсации, можно говорить о том, что данный вид вооружения является перспективным направлением для конструкторской проработки.

Помимо характеристик, указанных выше, при проектировании образца следует учитывать требования по максимальному давлению в канале ствола орудия (не более 400 МПа при $t=+50\text{ }^{\circ}\text{C}$) и по уровню начальной скорости снаряда ($V_0=800\pm 25\text{ м/с}$, т.е. на уровне *M982* и *LRLAP*).

Очевидно, что при наличии в составе образца СУ, БЧ и ДУ, вместить его в габариты штатного артиллерийского снаряда при сохранении характеристик всех трёх компонентов на достаточно высоком уровне является чрезвычайно сложной задачей. С опорой на УАС 2К25 «Краснополь», в котором проблема превышения габаритов штатного снаряда была решена путём разделения образца на два собираемых перед выстрелом отсека, было принято решение проектируемый ДУАС также разделить на два отсека: носовой и хвостовой.

В качестве артиллерийской системы-пусковой установки выбрана 152-мм самоходная пушка 2С5 «Гиацинт». Основанием для выбора послужили, во-первых, хорошие баллистические показатели орудия; во-вторых, безбашенная компоновка артиллерийской установки, облегчающая подготовку расчётом снарядов к выстрелу без влияния стеснённого внутреннего пространства башни; в-третьих – возможность продлить срок службы данных орудий в ВС РФ за счёт придания им возможности применения ВТО.

Требования по достижению большой дальности полёта достигались за счёт как применения системы управления и управляющих аэродинамических поверхностей, так и установки на снаряд РДТТ и ДГГ по схеме снаряда *V-LAP*. Вращение снаряда в полёте с частотой, соответствующей неуправляемому снаряду, нежелательно по причине ограничений, накладываемых системой управления, таким образом для стабилизации снаряда применяются аэродинамические поверхности, а для снижения частоты вращения до 6-10 об/с – проворачивающийся обтюрирующий пояс.

Масса снаряда определялась согласно требованию по невыпадению максимального значения продольной перегрузки при выстреле (формула (1)). Данные для расчёта были получены в результате решения задачи внутренней баллистики для артиллерийского орудия[5]. В качестве максимального значения перегрузки было принято 12500 на основании данных об успешных испытаниях *M982* при перегрузке в 12000[7].

$$q = \frac{S \cdot p_{сн}}{n \cdot g}, \quad (1)$$

где $S=0.01875 \text{ м}^2$ – площадь дна снаряда, $p_{сн}=425 \text{ МПа}$ – давление на дно снаряда при $+50 \text{ }^\circ\text{C}$, n – перегрузка. Согласно формуле (1), масса снаряда q равна 65 кг.

Полученная масса снаряда превышает ограничение по массе для стандартных снарядов, однако при использовании компоновочной схемы снаряда, состоящей из двух собираемых перед выстрелом частей, неудобства при обращении с более тяжёлым чем стандартные снарядом будут уменьшены за счёт того, что каждая из частей будет весить меньше, чем стандартный снаряд. Распределение массы принималось следующим: передний отсек – 30 кг (22 кг БЧ + 8 кг СУ), задний отсек – 35 кг (РДТТ, донный газогенератор, система крепления обтюрирующего пояса).

После определения массы снаряда был проведён расчёт толщины стенок корпуса снаряда для обеспечения условия прочности при выстреле. Расчёт вёлся по методу А.Ф. Бринка[6]. Также проводился расчёт резьбовых соединений на прочность по методике НИМИ. Определение толщины стенок камеры РДТТ и проработка места крепления пояса позволили найти значение коэффициента конструктивно-массового совершенства ДУ и газогенератора, из чего были получены значения масс топлива РДТТ и ДГГ соответственно.

Затем было проведено решение прямой задачи внутренней баллистики РДТТ для ряда давлений в камере сгорания двигателя с целью получить значения времени работы и тяги при этих давлениях[4]. В последующем при решении задачи внешней баллистики был подобран уровень давления в камере РДТТ, соответствующий полёту на наибольшую дальность. Для ДГГ заданными параметрами являлись масса топлива и расход газов через сопло, значение которого было взято из работ кафедры СМ-6 и НИМИ по соответствующим образцам. На основании этих параметров был проведён расчёт внутренней баллистики ДГГ и получено время его работы. Топлива для РДТТ и ДГГ подбирались из условия высокой плотности и скорости горения (высокой для РДТТ и низкой для ДГГ). В качестве топлив были выбраны СУН и ВО-1 для РДТТ и ДГГ соответственно.

Решение прямой задачи внешней баллистики[3] образца было проведено согласно системе уравнений (2)

$$\begin{pmatrix} \frac{dV}{dt} \\ \frac{dy}{dt} \\ \frac{d\theta}{dt} \\ \frac{dx}{dt} \\ \frac{d\mu}{dt} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\eta_0}{(1-\mu)} \cdot g + \frac{\eta_0 \cdot (1 - \Pi(y))}{\left(f(V, y) \cdot \frac{p_{00}}{p_{h0}} - 1\right) \cdot (1 - \mu)} \cdot g - \frac{i \cdot C_{x43}(M(V, y)) \cdot K \cdot \Pi(y) \cdot M(V, y)^2}{q_m \cdot (1 - \mu)} \cdot g - g \cdot \sin(\theta) \\ V \cdot \sin(\theta) \\ C_y(M(V, y)) \cdot \frac{\rho(y) \cdot (V)}{2 \cdot m \cdot (1 - \mu)} \cdot S_{оп} + \frac{-g \cdot \cos(\theta)}{V} \\ V \cdot \cos(\theta) \\ \frac{g \cdot \eta_0}{I_{01}} \end{pmatrix} \cdot dt \quad (2)$$

На участке управляемого полёта для реализации планирующей траектории в систему уравнений были внесены изменения, учитывающие работу системы управления, и она приняла вид (3)

$$\begin{pmatrix} \frac{dV}{dt} \\ \frac{dy}{dt} \\ \frac{d\theta}{dt} \\ \frac{dx}{dt} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{i \cdot C_{x43}(M(V, y)) \cdot K \cdot \Pi(y) \cdot M(V, y)^2}{q_m \cdot (1 - \mu)} \cdot g - g \cdot \sin(\theta) \\ V \cdot \sin(\theta) \\ C_y(M(V, y)) \cdot \frac{\rho(y) \cdot (V)}{2 \cdot m \cdot (1 - \mu)} \cdot S_{оп} + C_{yРулей}(M(V, y)) \cdot \begin{bmatrix} \delta_{max} & \text{if } \theta < \theta_{plan} \\ 0 & \text{if } \theta = \theta_{plan} \\ -\delta_{max} & \text{if } \theta > \theta_{plan} \end{bmatrix} \cdot \frac{\rho(y) \cdot (V)}{2 \cdot (m_{plan})} \cdot S_p + \frac{-g \cdot \cos(\theta_{plan})}{V} \\ V \cdot \cos(\theta) \end{pmatrix} \cdot dt \quad (3)$$

В уравнении для угла наклона траектории учитывался член, зависящий от отличия угла наклона траектории от заданного значения. Если угол наклона траектории не равен заданному, рули отклоняются от нейтрального положения, создавая дополнительную подъёмную силу.

В результате решения задачи внешней баллистики были получены вид траектории снаряда, профиль скорости и дальность полёта. Дальность полёта составила 140 км при следующих условиях:

Масса снаряда: 65 кг;

Длина снаряда: 1480 мм;

Начальная скорость: 775 м/с;

Коэффициент формы: без раскрытых рулей 1.17, с раскрытыми рулями 1.25;

Угол возвышения ствола орудия: 55 градусов;

Задержка включения ДУ после выстрела: 5 с;
Масса топлива РДТТ: 7.55 кг;
Время работы ДУ: 12.4 с;
Тяга ДУ: 1460 Н;
Масса топлива ДГГ: 0.725 кг;
Время работы ДГГ: 17 с;
Площадь крыла: 0.02 м²;
Площадь руля: 0.01 м²;
Максимальный угол отклонения рулей: 15 градусов;
Ограничение по скорости подлёта к цели: 200 м/с.

Траектория полёта снаряда приведена на рис. 3, профиль скорости на рис. 4, а внешний вид самого ДУАС – на рис. 5. Вид ДУАС сбоку и его вид в разрезе изображены на рис. 6.

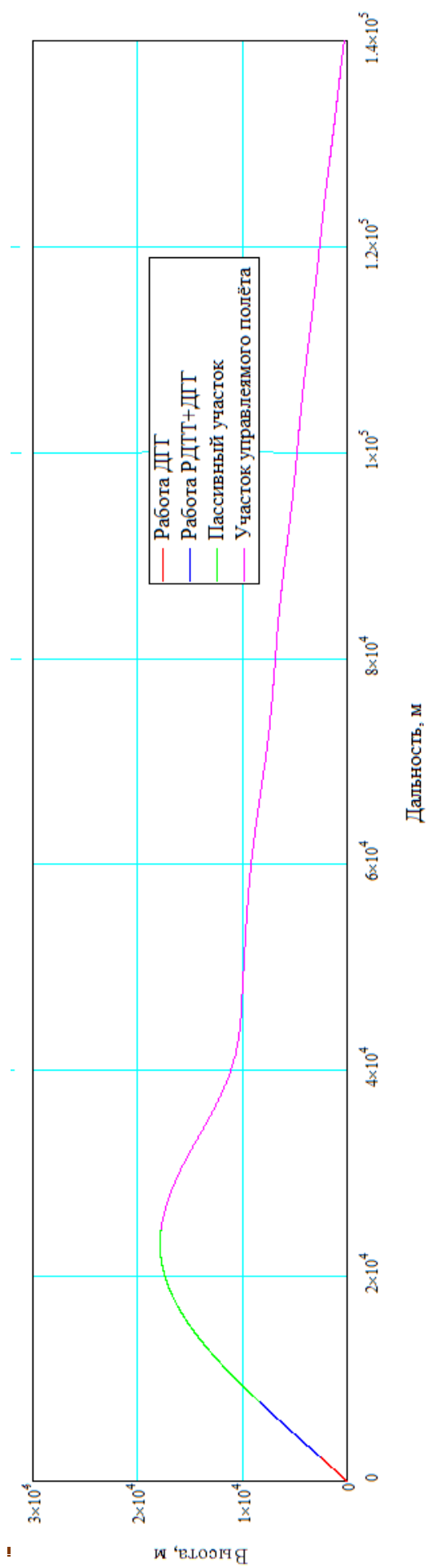


Рис. 3. Траектория полёта образца

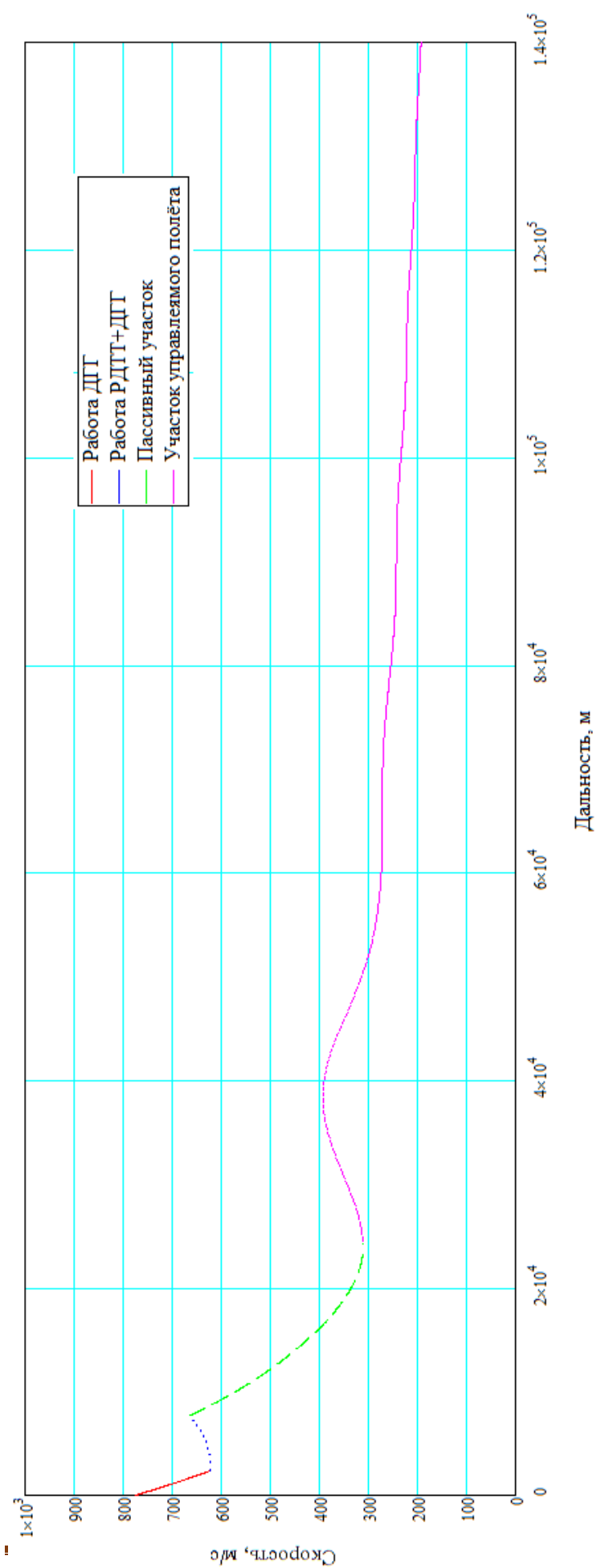


Рис. 4. Профиль скорости образца

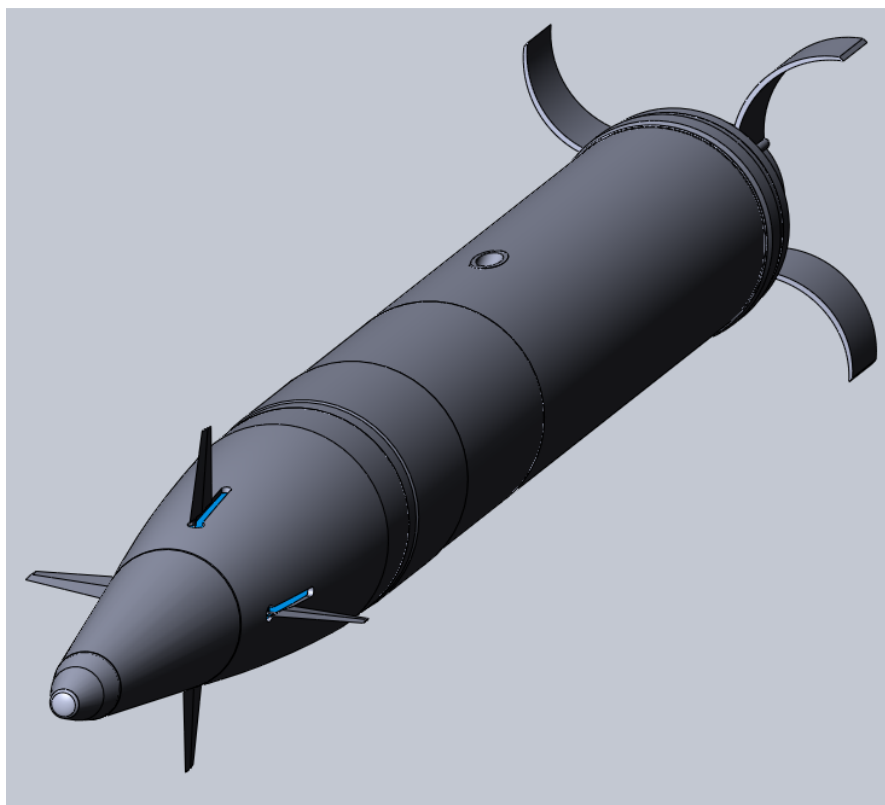


Рис. 5. Внешний вид ДУАС

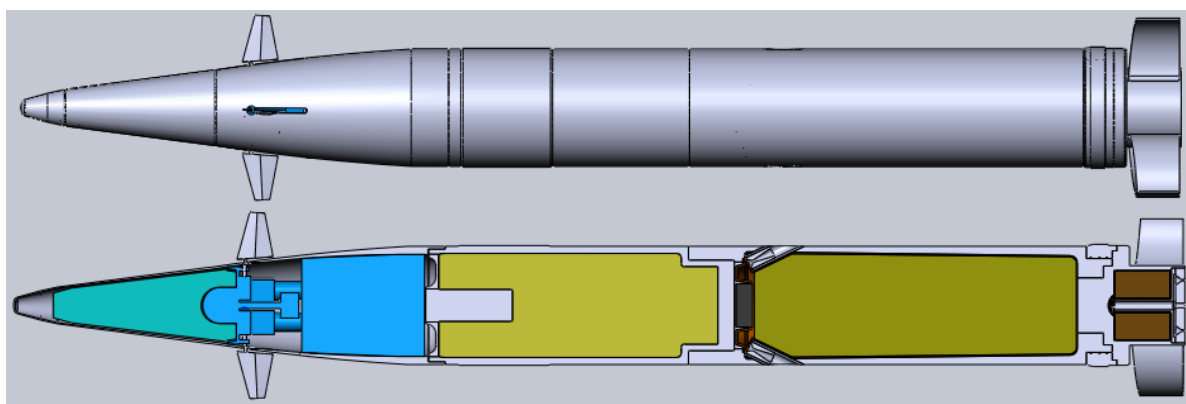


Рис. 6. Вид ДУАС сбоку и в разрезе

В процессе проектирования ДУАС была рассмотрена возможность использования в снаряде принципа модульной компоновки. Разделение на 2 части, необходимое для размещения в укладках для стандартных снарядов, облегчает замену модулей в зависимости от боевой задачи. К примеру, вместо РДТТ и ДГГ в качестве хвостового отсека возможно установить идентичный по массе отсек с дополнительной ОФ БЧ и ДГГ, как показано на рис. 7. Согласно внешнебаллистическим расчётам, при угле возвышения

в 55 градусов и начальной скорости 775 м/с снаряд в такой конфигурации достигает дальности 80 км.

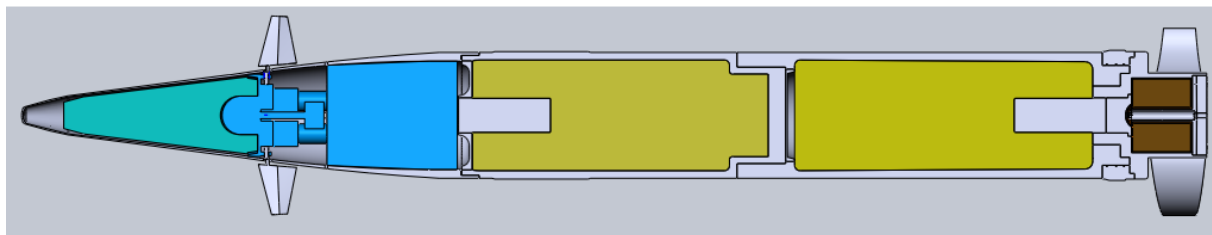


Рис. 7. ДУАС с модулем с дополнительной ОФ БЧ и ДГГ.

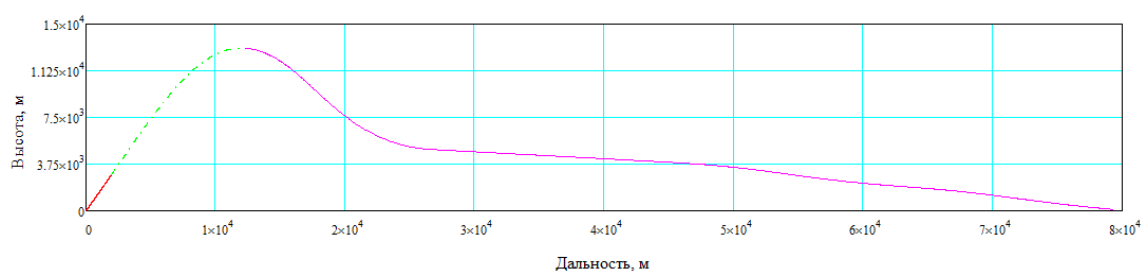


Рис. 8. Траектория полёта ДУАС с дополнительной ОФ БЧ

Модульная компоновка снаряда открывает широкие возможности для адаптации ДУАС к различным тактическим ситуациям. Различные типы ДУ и БЧ и их сочетания, а также возможность замены блока СНС в носовой части на головку самонаведения значительно повышают гибкость применения этого образца.

В ходе проделанной работы были подведены основания под концепцию 152-мм дальнобойного управляемого артиллерийского снаряда. Проведено проектирование образца, включающее в себя расчёт внутренней баллистики орудия при выстреле, расчёт на прочность, расчёт внутренней баллистики РДТТ и ДГГ, расчёт внешней баллистики и определение траекторных параметров.

Список литературы

- [1]. Зубов В.Н. 155-мм самоходная гаубица NLOS-C // Оружие. 2013. № 1. С. 50-63.
- [2]. Корр С. Military technology. Artillery in the digital age // DefenceToday. 2010. № 10. Р. 46-49.
- [3]. Лебедев А.А., Чернобровкин С.Л. Динамика полёта беспилотных летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1973. 615 с.
- [4]. Орлов Б.В., Мазинг Г.Ю. Термодинамические и баллистические основы проектирования ракетных двигателей на твёрдом топливе. М.: Машиностроение, 1968. 536 с.

- [5]. Алферов В.В., Бакулин А.И., Орлов Б.В., Светлицкий В.А., Топчеев Ю.И., Устинов В.Ф., Хворостин А.Е. Проектирование ракетных и ствольных систем: учебник для ВУЗов / под ред. Б.В. Орлова. М.: Машиностроение, 1974. 828 с.
- [6]. Третьяков Г.М., Сиротинский В.Ф., Шехтер Б.И. Курс артиллерии. В 2 т. Т. 2. Боеприпасы, пороха и взрывчатые вещества / под редакцией Г.М. Третьякова. М.: Государственное издательство оборонной промышленности, 1952. 484 с.
- [7]. XM982 Excalibur Precision Guided Extended Range Artillery Projectile. Available at: <http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/m982-155-program.htm>, accessed: 15.04.2015.
- [8]. Военная доктрина Российской Федерации // Российская газета. 30.12.2014. Режим доступа: <http://www.rg.ru/2014/12/30/doktrina-dok.html/> (дата обращения 15.04.2015).