

**Лариса Осипова**  
 Доктор технических наук,  
**Денис Парфенов,**  
**Владимир Никифоров**



*Larissa Osipova*  
 Doctor of Technical Science,  
*Denis Parfyonov,*  
*Vladimir Nikoforov*

## МОДЕРНИЗАЦИЯ 100 ММ ВЫСТРЕЛОВ С ОФС ДЛЯ ОБЪЕКТОВ БРОНЕТАНКОВОЙ ТЕХНИКИ

**В** настоящее время парк бронетанковой техники модернизируется и пополняется новыми образцами. В 2004 году на снабжение ВС РФ принята новая боевая машина десанта БМД-4, имеющая в своем составе 100-мм орудие-пусковую установку (ОПУ) для стрельбы управляемыми и неуправляемыми боеприпасами. Так же ОПУ 2А70 установлена и на БМП-3, которая благодаря уникальному составу вооружения снискала себе большую популярность на мировом рынке.

В боекомплект БМП-3 входит выстрел ЗУОФ17 с осколочно-фугасным снарядом (ОФС) 30Ф32, разработанным в 40-х годах XX века для высокобаллистической танковой пушки Д-10Т. Толстостенный корпус снаряда, использование стали 60С и низкий коэффициент наполнения обусловили неравномерное дробление корпуса при подрыве и малое количество убийных осколков. Поэтому боеприпас обладает низким могуществом. Кроме того, принятая технология не обеспечивает достаточной точности изготовления снаряда по массе: снаряды 30Ф32 имеют весовой допуск до  $\pm 4$  знаков (Н – нормальный вес). В связи с этим, в системе управления огнем машины необходимо вводить поправку на начальную скорость в зависимости от веса снаряда. Введение поправки достаточно сложно, поскольку в боеукладке машины (в ходе ведения боевых действий) могут находиться боеприпасы с разными весовыми

## UPGRADE OF 100-MM HIGH-EXPLOSIVE ROUNDS FOR ARMOUR

знаками. Это приводит к увеличению ошибок стрельбы по дальности. На минусовых температурах снаряд имеет недостаточный запас устойчивости. Недостаточная стабильность начальной скорости, определяемая качеством и конструкцией метательного заряда, а также разбросом масс снарядов, приводит к снижению кучности стрельбы.

Указанные недостатки выстрела ЗУОФ17 были устранены при разработке нового выстрела ЗУОФ19 с ОФ снарядом 30Ф70. Корпус снаряда изготовлен из высокоосколочной эвтектидной стали 80Г2С. За счет изменения конструкции и применения переходной втулки увеличен коэффициент наполнения (в 1,6 раза по сравнению с 30Ф32). Это позволило значительно увеличить могущество снаряда (так приведенная площадь поражения снаряда 30Ф70 в 2,3 раза больше, чем у 30Ф32). Уникальная технология изготовления снаряда позволила сократить количество весовых знаков с девяти до одного. Разработанный новый метательный заряд имеет стабильно малые характеристики по разбросу начальной скорости от выстрела к выстрелу (сама начальная скорость увеличена до 355 м/с). Выбранная аэродинамическая форма снаряда позволила при увеличе-

**T**he armoured vehicle fleet has been undergoing upgrade and fielding of advanced vehicles. 2004 saw the BMD-4 airborne infantry fighting vehicle (AIFV) enter inventory of the Russian Armed Forces. The BMD-4 mounts a 100-mm main gun/launcher to fire guided and non-guided ammunition. The same 2A70 gun/launcher fits the BMP-3 IFV that has been all the rage on the global arms market owing to its unique weapons suite.

The BMP-3's ammunition load comprises the ЗУОФ17 round with the 30Ф32 high-explosive projectile developed in the 1940s for use with the D-10T high-ballistics tank gun. The projectile's thick sides, 60S steel and low coefficient of charge cause the irregular fragmentation of its body during detonation and few lethal fragments. For this reason, the projectile's lethality is low. In addition, the technology does not ensure sufficient weight precision during manufacture, with 30Ф32 projectiles having a weight margin of  $\pm 4$  weight markings. In this connection, the vehicle's fire control system has to allow for the muzzle velocity depending on a particular projectile's weight. Entering the allowance on the battlefield is difficult enough because the weight markings of the rounds in the ammunition

stowage may differ. This results in under-shooting or overshooting. With negative ambient temperature, the projectile lacks stability. The insufficient stability of the muzzle velocity, which hinges on the quality and design of the propellant charge and projectile weight discrepancy, results in higher dispersion of shots.

These deficiencies of the 3UOF17 round were dealt with in the course of developing the advanced 3UOF19 round with the 30F70 HE projectile. The projectile's body is made of the 80G2S high-fragmentation eutectoid steel. The coefficient of charge was increased by 1.6 times over the 30F32 through the use of design modifications and reducing bushing. This yielded a considerable increase in the projectile's lethality (thus, the 30F70's reduced kill zone is thrice as large as that of the 30F32). The unique manufacturing technology allowed the reduction in the number of weight markings from nine to one. The advanced propellant charge features low muzzle velocity variation from round to round, with the muzzle velocity itself having grown up to 355 m/s. With a velocity increase of 1.42 times characterised by retaining the max bore pressure, the projectile's aerodynamic shape ensured a range of fire of 7,000 m while preserving trajectory stability within the operational ambient temperature bracket.

In spite of the above strengths, the 30F70 projectile has sufficient upgradeability in terms of combat and economic requirements. Currently work is under way in the following fields:

- extending the max range by improving the projectile's shape;
- enhancing the projectile's lethality by means of proximity fusing;
- slashing the projectile's production costs by means of introducing latest manufacture technologies and modernising those used in production.

In addition, against the backdrop of limited funds for advanced R&D, production technique commonality for rounds and their components intended for use with various 100-mm weapons is very high on the agenda.

Let us touch upon the above approaches to upgrading and commonising HE projectiles based on the 30F70 in detail.

#### Extending the maximum range

The improvement of the shape of the 100-mm HE projectile for use with the 2A70 gun/launcher undertaken by the Design Bureau of Instrument Engineering (Russian acronym – KBP) has extended the range to 8,700 m.

The principal objectives were to reduce the drag coefficient without increasing the projectile's ballistics getting too sensitive to the elements and to preserve stability throughout the flight path.

The objectives were met by means of the following design solution: the aft-band section of the projectile was made as a hollow cone with perforations in its sides.

The aft-band hollow part of the projectile reduced the drag coefficient, thus increasing the maximum range and decreasing the perturbation

ни скорости в 1,42 раза (с сохранением предельного давления в канале ствола) достигнуть дальности стрельбы 7000 м, сохранив устойчивость на траектории в диапазоне эксплуатационных температур.

Несмотря на все указанные преимущества снаряд 30F70 имеет достаточный задел для модернизации в части предъявляемых к изделию боевых и экономических требований. В настоящее время ведутся работы по следующим направлениям:

- увеличение максимальной дальности стрельбы за счет усовершенствования формы снаряда;
- увеличение могущества снаряда за счет применения неконтактного взрывателя;
- снижение затрат на изготовление снаряда за счет применения новых и усовершенствования применяемых технологий в производстве.

Кроме того, на данный момент в условиях ограниченного финансирования новых разработок, крайне важен вопрос унификации изготовления выстрелов и их составных частей для различных 100-мм орудий.

Рассмотрим указанные пути модернизации и унификации ОФ снарядов на базе 30F70 более подробно.

#### Увеличение максимальной дальности стрельбы

Работы по усовершенствованию формы 100-мм ОФС для орудия-пусковой установки 2A70, проведенные в Государственном унитарном предприятии «Конструкторское бюро приборостроения» (ГУП «КБП»), позволили повысить дальность полета снаряда до 8700 м.

Основная задача при этом заключалась в снижении коэффициента лобового сопротивления без увеличения чувствительности баллистики снаряда к воздействию метеофакторов и сохранению устойчивости на всей траектории полета.

Поставленная задача была решена следующим конструкторским способом: запясковая часть снаряда выполнена в виде пустотелого конуса, на боковой поверхности которого имеются сквозные отверстия.

Наличие конической пустотелой запясковой части позволило снизить коэффициент лобового сопротивления, а, следовательно, увеличить максимальную дальность стрельбы и уменьшить чувствительность к возмущающим факторам, но введение кормы ведет к увеличению опрокидывающего момента. Задача обеспечения устойчивости полета этого варианта снаряда при стрельбе из ОПУ 2A70 решается, во-первых, за счет лучшего соотношения моментов инерции, полученного путем сокращения длины и уменьшения массы снаряда, во-вторых, уменьшение массы снаряда, в свою очередь, позволяет увеличить начальную скорость до 390 м/с. Кроме того, наличие отверстий (их площадь определяется из условия минимального влияния на коэффициент лобового сопротивления и максимального уменьшения опрокидывающего момента) на боковой поверхности пустотелого

конуса также позволяет уменьшить опрокидывающий момент снаряда

Проведенные испытания выстрела Э-3УОФ19 с новым ОФ снарядом (Э-30F70) подтвердили увеличение дальности стрельбы до 8700 м практически без снижения характеристик осколочности и рассеивания при стрельбе из ОПУ 2A70, с шагом нарезов ствола 22 клб, установленной на легкобронированной технике, что способствует решению принципиально новых задач данным видом вооружения.

Сравнительные характеристики выстрелов 3УОФ17, 3УОФ19 и Э-3УОФ19 приведены в таблице 1. Внешний вид выстрелов представлен на рисунке 1.

#### Повышение могущества снаряда 30F70 за счет использования неконтактного взрывателя (НВ)

Эффективность действия выстрела у цели (могущество) является его основной боевой характеристикой. Значительные резервы повышения могущества ОФ снарядов состоят в совершенствовании взрывательных устройств. Сюда относится, прежде всего, возможность увеличения зоны приведенной площади поражения за счет разработки взрывателя, обеспечивающего высотный подрыв. В этом случае обеспечивается не только повышение зоны приведенной площади поражения ( $S_{пр}$ ), но и качественно новое свойство – поражение цели сверху, что существенно расширяет тактические возможности объекта, в составе которого применяется боеприпас и номенклатуру поражаемых им целей (укрытую в окопах, траншеях, за складками местности живую силу, бронированную технику). Возможность поражения бронированной техники и, в первую очередь, БМП и БТР противника сверху, в



Э-3УОФ19  
E-3УОФ19

3УОФ19  
3УОФ19

Э-3УОФ17  
E-3УОФ17

рис. 1 fig. 1



**Выстрелы ЭУОФ19 и Э-ЗУОФ19 могут использоваться в боекомплекте БМД-4**  
*3UOF19 and E-3UOF19 rounds can be fired by the BMD-4 airborne infantry fighting vehicle*

наименее защищенную проекцию, объясняется резким увеличением площади поражения при воздушном подрыве, что позволяет компенсировать ошибки стрельбы, а также более благоприятными условиями срабатывания взрывателя по металлическим целям.

Применение перспективных технологий и новых конструкторских решений позволили создать взрыватель с характеристиками, обеспечивающими высоту подрыва снаряда 30Ф70 над поверхностью  $3 \pm 1,5$  м.

При указанной высоте срабатывания обеспечивается значительное увеличение  $S_{пр}$  (в 2–2,5 раза) по сравнению с контактным подрывом.

### Снижение трудоемкости изготовления снаряда.

Для обеспечения конкурентоспособности в условиях рыночной экономики существует постоянная необходимость поиска путей снижения материальных затрат (без снижения качества) при изготовлении продукции и как следствие уменьшение цены изделия. Один из путей решения этого вопроса был предложен открытым акционерным обществом «Тулский научно-исследовательский технологический институт» (ОАО «ТНИТИ») совместно с Федеральным Государственным унитарным предприятием «Серовский механический завод» (ФГУП «СМЗ») и ГУП «КБП» – выполнение снарядов с корпусами, имеющими ведущий и обтюрирующий пояски, изготовленные методом наплавки.

Данный способ позволяет не выполнять проточек на корпусе в виде «ласточки хвоста», не проводить накатку рифления в проточке, кроме того, не требуется изготавливать заготовки поясков и их запрессовку в канавки корпуса.

Предлагаемый способ позволяет уменьшить расход дорогостоящего медного сплава приблизительно в 2 раза, а также значительно снизить трудоемкость за счет ликвидации механических операций расточки канавок под запрессовку (как следствие уstra-

sensitivity. However, its introduction leads to an increase in the tilting moment. When fired through the organic barrel, this version of the projectile is stabilised, firstly, by means of a better inertia moment ratio obtained through reducing the length and weight of the projectile. Secondly, the reduction in the projectile's weight allows a muzzle velocity increase to 390 m/s. In addition, the perforations in the sides of the hollow cone (their area is determined based on minimising the impact on the drag coefficient and minimising the tilting moment) facilitate a reduction in the projectile's tilting moment.

The trials of the E-3UOF19 round with the advanced E-30F70 projectile have proven the 8,700-m range increase without deterioration of the fragmentation and scattering characteristics when fired by the 2A70 main gun mounted on lightly armoured vehicles and featuring the 22-calibre rifling pitch. This enables the weapon to take on radically new missions on the battlefield.

See Table 1 for comparative characteristics of the 3UOF17, 3UOF19 and E-3UOF19. The rounds proper are shown in Fig. 1.

### Enhancing lethality of 30F70 projectile by means of proximity fuse

The round's effectiveness on target (lethality) is its primary combat characteristic. A considerable margin for enhancing the lethality of HE/fragmentation projectiles lies in improving fuses. This includes, first and foremost, increasing the reduced kill zone by developing a proximity fuse to detonate projectiles over the target. In such a case, not only the reduced kill zone (Sred.) increases, but a radically novel ability – that of killing the target from above – emerges as well, which provides a considerable boost to the tactical capabilities of the weapon firing the round and multiplies the types of targets the round is lethal to (manpower in trenches and shelters, armoured vehicles). The ability to eliminate armour, first and foremost, IFVs and APCs, by hitting their Achilles' heel is due to a drastic increase in the area of air burst, which makes up for firing errors, and owing to a better operation of the fuse against metal targets.

Cutting-edge technologies and unorthodox design solutions have resulted in a fuse detonating the 30F70 projectile  $3 \pm 1.5$  m above the surface.

This height of the burst provides a sizeable increase in the reduced kill zone by 2–2.5 times over the impact fuse

### Reduction in projectile manufacture labour-intensiveness

To ensure competitiveness on the market, ways to reduce production costs while improving quality and, hence, reduce prices has to be sought. A way to achieve the above has been proposed jointly by the Tula Scientific Research Technological Institute (TNITI), Serov Mechanic Plant (SMZ) and KBP: projectiles should be fitted with both driving and obturating bands applied by surfacing.

The technique allows dovetail grooves in the projectile body and the knurling of the grooves

### СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫСТРЕЛОВ Э-ЗУОФ19, ЗУОФ19 И ЗУОФ17

Тип выстрела	Э-ЗУОФ19	ЗУОФ19	ЗУОФ17
Масса выстрела, кг	15,1	15,9	18,1
Индекс снаряда	Э-30Ф70	30Ф70	30Ф32
Масса снаряда (со взрывателем), кг	12,47	13,41	15,6
Начальная скорость снаряда, м/с	390	355	250
Дальность стрельбы, м	8700	7000	4000
Приведенная площадь поражения, м <sup>2</sup> ( $S_{ц}=0,23$ м <sup>2</sup> , $E_{уб}=10$ кгс/см <sup>2</sup> , $D=2000$ м)	340	368	160
Количество весовых знаков	1 (н)		9 (н±4)
Наличие конуса донного	имеется	отсутствует	отсутствует
Кучность стрельбы:			
по ширине на $D = 1000$ м	$B_{в} = B_{д} d 0,3...0,4$ тд		$B_{в} d 0,5$ тд; $B_{д} d 0,4$ тд
по местности	на $D_{max} B_{д}/x = 1/250 ... 1/500$		на $D_{max} B_{д}/x = 1/200$

### COMPARISON CHARACTERISTICS OF E-3UOF19, 3UOF19 AND 3UOF17 ROUNDS

Round	E-3UOF19	3UOF19	3UOF17
Weight of round, kg	15.1	15.9	18.1
Index of projectile	E-30F70	30F70	30F32
Weight of projectile with fuse, kg	12.47	13.41	15.6
Muzzle velocity, m/s	390	355	250
Range, m	8,700	7,000	4,000
Reduced kill zone, м <sup>2</sup> ( $S_{tgt}=0.23$ м <sup>2</sup> , $E_{lethality}=10$ kgf/cm <sup>2</sup> , Range=2,000 m)	340	368	160
Weight markings	1 (n*)		9 (n*±4)
Base cone	available	not available	not available
Accuracy:			
against a board at 1,000 m	$B_{height} = B_{lateral} d 0.3...0.4$ mil		$B_{height} d 0.5$ mil $B_{lateral} d 0.4$ mil
at terrain	at max range $B_{range}/B = 1/250 ... 1/500$		Range <sub>max</sub> $B_{range}/B = 1/200$

\* normal



**Танки Т-55 продолжают стоять на вооружении не одного десятка стран мира**  
*T-55 tanks remain in service with dozens of armies throughout the world*

to be dumped. The same goes for manufacture of band blanks and press-fitting them into the grooves in the body of the projectile.

The technique promises a nearly twofold reduction in the expensive copper alloy and a considerable drop in labour-intensiveness through abandoning the boring of press-fitting grooves (hence, special tools and equipment costs are eliminated as well), making band blanks and press-fitting operation.

The economic analysis has shown that the technique would result in a reduction in production labour-intensiveness and, hence, the projectile body's cost reduction at least by 10 per cent.

The test firing of the rounds in question have shown that the basic characteristics (range and accuracy) of projectiles with welded-on driving and obturating bands are on a par with the organic 3UOF19 (3UOF19IN) round.

### Expanding operational envelopes and the future of 30F70 derivatives

Using the 30F70 projectile by other 100-mm artillery pieces is a way to expand its operational envelope.

The KBP design bureau has been deriving a new round from the 30F70 projectile for use with the D-10T main armament fitting the T-55 tank (Fig. 2). It is, obviously, a promising approach, since many an army worldwide operates T-55s with a sufficient residual service life, and an upgrade of their ammo loads would put them on a par with more advanced tanks at the minimum cost.

KBP's calculations confirm that firing the 30F70 projectile by high-ballistics tank guns is feasible and that the projectile, coupled with an advanced propellant charge, will enhance its lethality at least by 1.5 times as compared with the organic 30F32 projectile throughout the operational envelope.



**рис. 2 fig. 2**

няются затраты на изготовление специального оборудования и инструмента), изготовления заготовок под пояски, отсутствия операции по запрессовке.

Проведенный экономический анализ показал, что данный метод приводит к снижению трудоемкости изготовления и, как следствие, уменьшению стоимости корпуса не менее чем на 10 %.

Проведенные испытания выстрелов показали, что основные характеристики (дальность стрельбы, кучность) снарядов с напла-

вленными ведущим и обтюрирующим поясками не ниже штатных выстрелов 3УОФ19 (3УОФ19ИН).

### Расширение спектра применения и перспективы развития семейств боеприпасов на базе 30F70

Одной из возможностей расширить спектр применения снаряда 30F70 представляется за счет его использования в других артиллерийских системах калибра 100 мм.

В настоящее время ГУП «КБП» ведет работы по созданию на базе снаряда 30F70 нового выстрела для 100-мм танковой пушки Д-10Т, установленной на танке Т-55 (рисунок 2). Перспективность данного направления очевидна, так как на вооружении многих стран мира находятся танки Т-55 с достаточным ресурсом по подвижности и модернизация их боекомплектов позволит конкурировать с танками более поздних годов выпуска при минимальном вложении денежных средств.

Расчеты, проведенные в ГУП «КБП», подтверждают возможность применения снаряда 30F70 в пушках высокой баллистики, использование его в сочетании с новым метательным зарядом позволит повысить эффективность действия по цели не менее чем в 1,5 раза, по сравнению со штатным снарядом 30F32 во всем диапазоне применения.

#### СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫСТРЕЛОВ ТКБ-903 И 3УОФ10

Выстрел	ТКБ-903	3УОФ10
Снаряд	30F70	30F32
Применяемая гильза	54-Г-415с	
Взрыватель	РГМ-2М	
Капсюльная втулка	КВ-4	КВ-13У
Длина выстрела, мм	1084,84	1097,44
Масса выстрела, кг	24,57	27,91
Масса снаряда, кг	13,28	15,6
Начальная скорость, м/с	960	900
Срединное отклонение начальной скорости $r_{v0}$ , м/с	1,35	2,6
Масса ВВ, кг	2,24	1,69
Дальность стрельбы, м	14000	
Число эффективных осколков, шт	3393	1993
Средняя скорость разлета осколков, м/с	1420	1080
Приведенная площадь поражения ОЖС, м <sup>2</sup> ( $S_{\text{ж}}=0,23 \text{ м}^2$ , $E_{\text{ж}}=10 \text{ кгс/см}^2$ , $D=2000 \text{ м}$ )	325	100
Количество весовых знаков	1 (н)	9 (н±4)

#### COMPARISON CHARACTERISTICS OF ТКБ-903 AND 3УОФ10

Characteristics	ТКБ-903	3УОФ10
Round	30F70	30F32
Cartridge	54-G-415s	
Fuse	RGM-2M	
Primer	KV-4	KV-13U
Round length, mm	1,084.84	1,097.44
Round weight, kg	24.57	27.91
Projectile weight, kg	13.28	15.6
Muzzle velocity, m/s	960	900
Median muzzle velocity deviation $r_{v0}$ , m/s	1.35	2.6
Explosive filling weight, kg	2.24	1.69
Range, m	14,000	14,000
Number of effective fragments	3,393	1,993
Average fragment speed, m/s	1,420	1,080
Reduced kill zone, м <sup>2</sup> ( $S_{\text{ж}} = 0.23 \text{ м}^2$ , $E_{\text{ж}} = 10 \text{ kgf/cm}^2$ , Range – 2,000 m)	325	100
Weight markings	1 (n*)	9 (n*±4)

\* normal