

## РАЗРАБОТКА МАКЕТА ВЫСТРЕЛА ЗАМКНУТОГО ТИПА ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ В ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»

**М.Ю. Семашко**<sup>1</sup>, [semashkomi@susu.ru](mailto:semashkomi@susu.ru)  
**Н.Л. Кувшинова**<sup>1</sup>, [kuvshinovani@susu.ru](mailto:kuvshinovani@susu.ru)  
**А.А. Дорохова**<sup>2</sup>, [Nastya\\_dorohova@inbox.ru](mailto:Nastya_dorohova@inbox.ru)

<sup>1</sup> Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

<sup>2</sup> Акционерное общество «Сигнал», Челябинск, Россия

**Аннотация.** Задача совершенствования штатных выстрелов в отношении малозаметности, бесшумности и повышенного могущества является актуальной, поскольку позволяет, с одной стороны, повысить боевые возможности расчета на поле боя, а с другой – создать макеты выстрелов при обучении студентов по специальности 17.05.01 «Боеприпасы и взрыватели», позволяет привить навыки и компетенции разработки и производства современных средств поражения и боеприпасов.

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)», на основании накопленного научного и практического опыта, предлагает к рассмотрению макет конструкции бесшумного выстрела замкнутого типа из композиционных материалов, концепция которого разработана на основании патента RU 2741982 С1. В рамках учебного процесса по специальности 17.05.01 «Боеприпасы и взрыватели» разработан комплект конструкторской и технологической документации, выбраны материалы и технологическая оснастка для его изготовления.

Конструкция макета состоит из полимерных композитных элементов: головной и хвостовой частей. Боевая часть содержит малозаметные керамические готовые поражающие элементы. В хвостовой части располагается пороховой сменный метательный заряд.

Проведен обзор используемых в настоящее время зарубежных радиолокационных станций. Оценены баллистические и аэродинамические параметры разработанного макета выстрела, эффективность осколочного действия. Приведены результаты моделирования обтекания воздушным потоком и разлёта осколков.

Данный образец является иллюстрацией научно-методического подхода создания конструкций и технологий перспективных образцов средств поражения и боеприпасов для отрасли промышленности обычных вооружений, боеприпасов и спецхимии Российской Федерации.

**Ключевые слова:** миномётный выстрел, композиционные материалы, готовые поражающие элементы, конструирование, макет, выстрел, баллистика, эффективность

**Для цитирования:** Семашко М.Ю., Кувшинова Н.Л., Дорохова А.А. Разработка макета выстрела замкнутого типа из композиционных материалов в ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». 2024. Т. 24, № 1. С. 16–26. DOI: 10.14529/engin240102

## DEVELOPMENT OF A CLOSED-TYPE SHOT MODEL FROM COMPOSITE MATERIALS AT THE SOUTH URAL STATE UNIVERSITY

**M.Yu. Semashko**<sup>1</sup>, [semashkomi@susu.ru](mailto:semashkomi@susu.ru)  
**N.L. Kuvshinova**<sup>1</sup>, [kuvshinovanl@susu.ru](mailto:kuvshinovanl@susu.ru)  
**A.A. Dorokhova**<sup>2</sup>, [Nastyia\\_dorokhova@inbox.ru](mailto:Nastyia_dorokhova@inbox.ru)

<sup>1</sup> South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

<sup>2</sup> Joint Stock Company "Signal", Chelyabinsk, Russia

**Abstract.** The task of improving standard shots in terms of stealth, noiselessness and increased power is relevant, since it allows, on the one hand, to increase the combat capabilities of crews on the battlefield, and on the other, to create mock-ups of shots when training students in the specialty 05.17.01 "Ammunition and fuses", allows you to instill skills and competencies in the development and production of modern weapons and ammunition.

The Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "South Ural State University (National Research University)", based on accumulated scientific and practical experience, offers for consideration a design model of a closed-type silent shot made of composite materials, the concept of which was developed on the basis of a RU patent 2741982 C1. As part of the educational process in the specialty 17.05.01 "Ammunition and fuses", a set of design and technological documentation was developed, materials and technological equipment for its production were selected.

The design of the model consists of polymer composite elements: head and tail parts. The warhead contains inconspicuous ceramic ready-made submunitions. In the tail section there is a replaceable powder propellant charge.

A review of currently used foreign radar stations was carried out. The ballistic and aerodynamic parameters of the developed shot model and the fragmentation efficiency were assessed. The results of modeling the flow of air around and the dispersion of fragments are presented.

This sample is an illustration of the scientific and methodological approach to creating designs and technologies for promising samples of weapons and ammunition for the industry of conventional weapons, ammunition and special chemicals of the Russian Federation.

**Keywords:** mortar shot, composite materials, ready-made submunitions, design, layout, shot, ballistics, effectiveness

**For citation:** Semashko M.Yu., Kuvshinova N.L., Dorokhova A.A. Development of a closed-type shot model from composite materials at the South Ural State University. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Mechanical Engineering Industry*, 2024;24(1):16–26. (In Russ.) DOI: 10.14529/engin240102

### Миномёты в Российской армии

Минометы занимают важное место в номенклатуре вооружений Российской армии и решают широкий круг боевых задач [1]. Легко носимыми и наиболее эффективными являются минометы калибра 82 мм для непосредственной огневой поддержки пехоты, особенно в условиях труднодоступной местности. Они предназначены, прежде всего, для уничтожения (подавления) навесным огнем живой силы в средствах индивидуальной защиты и огневых средств противника, расположенных открыто и в укрытиях полевого типа, на обратных скатах высот и в глубоких ущельях, в лесных массивах [2]. Основным изделием этого класса стал носимый 2Б14 «Поднос» [3]. Он используется как в исходном исполнении, так и в сочетании с различными транспортными средствами, способными перевозить оружие с расчетом и боекомплектом. Также в калибре 82 мм представлен автоматический миномет 2Б9 «Василек». В 2011 г. был впервые представлен специальный миномет 2Б25 «Галл» [4]. Это 82-мм система под бесшумную мину ЗВО35Е, использующую принцип запираания пороховых газов. За счет этого выстрел из «Галла» производит минимальный шум [5].

### Зарубежные радиолокационные станции, используемые в артиллерийском бою

Используемые в артиллерийском бою радиолокационные станции (РЛС) работают в диапазонах следующих частот (см. таблицу): L (1–2 ГГц), S (2–4 ГГц), C (4–8 ГГц), X (8–12 ГГц) и могут обнаружить огневую позицию (ОП) артиллерии до 30 км, реактивной артиллерии и тактических ракет – до 80 км, минометов – до 20 км [6, 7].

Частотные диапазоны и длины волн  
Frequency ranges and wavelengths

Обозначение	Этимология	Частоты	Длина волны	РЛС, работающие в данном диапазоне
L	Long	1–2 ГГц	15–30 см	AN/TPQ-48 (США), AN/TPQ-50 (США), EL/M-2084 (Израиль)
S	Short	2–4 ГГц	7,5–15 см	AN/TPQ-37 (США), AN/TPQ-53 (США)
C	Compromise	4–8 ГГц	3,75–7,5 см	Cobra (Германия), Arthur (Швеция)
X	X band	8–12 ГГц	2,5–3,75 см	AN/TPQ-36 (США), Giraffe (Швеция)
Ku	Under K	12–18 ГГц	1,67–2,5 см	ACAR (Турция), MSTAR V6 (Великобритания)
K	Kurz	18–26,5 ГГц	1,67–1,13 см	–
Ka	Above K	26,5–40 ГГц	1,13–0,75 см	–

### Актуальность

В настоящее время продолжают исследования в отношении модернизации и разработки новых конструкций средств поражения и боеприпасов. Применение РЛС контрбатарейной борьбы в современном бою привело к необходимости изменения существующих конструкций штатных боеприпасов, поскольку высокая отражающая способность металлических материалов делает их заметными и демаскирует ОП. Другой проблемой, которая в явном виде присутствует в процессе выстрела, – шумовой эффект («хлопок») от прорвавшихся пороховых газов. Все эти факторы существенно демаскируют процесс выстрела.

В ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» предложена концепция макета бесшумного выстрела из композиционных материалов (патент RU 2741982 C1), технический результат которой заключается в повышении малозаметности, бесшумности, эффективности осколочного действия и концепция боевой части (патент RU 2 656 258 C1), технический результат которой заключается в повышении могущества и обеспечении радионезаметности на всей траектории полета.

### Конструкция макета выстрела

Особенностью изделий оборонной промышленности, в том числе боеприпасов, является их специфика, назначение и достаточно высокая степень необходимости совершенствования и смены в целях повышения обороноспособности страны. Для этого нужны методы совершенствования и обновления продукции, нужны методы, которые позволяют прогнозировать развитие такой продукции с выходом на качественно новый уровень. В качестве метода для модернизации конструкции выстрела был выбран структурно-функциональный анализ [8]. Таким образом, после работы над штатной конструкцией минометного выстрела с использованием инструментов структурно-функционального анализа были вычленены недостатки конструкции, а именно: металлические материалы корпуса обладают отражательной способностью, в силу этого принято решение использовать полимерные композиционные материалы, а также для сохранения осколочного поражающего действия – готовые поражающие элементы (ГПЭ) из керамики; шумо- и пламяподавление было осуществлено за счет запираания образующихся при выстреле от горения метательного заряда пороховых газов.

Разработана конструкция макета выстрела (рис. 1), которая содержит боевую часть (БЧ) 2 и хвостовую часть (ХЧ) 6. БЧ и ХЧ соединены между собой при помощи резьбы через переходное дно 3. В БЧ располагается бризантное взрывчатое вещество (ВВ) в оболочке, поверх которой укреплены ГПЭ, и взрыватель 1. В ХЧ размещаются сменный метательный заряд (МЗ) 4, поршень 5 и запорный конус 8. При выстреле поршень перемещается по внутреннему каналу корпуса ХЧ и заклинивается в запорном конусе, в результате перекрывается выход продуктов горения МЗ, от-

сутствуют дым, пламя и нет громкого хлопка. Для стабилизации изделия на траектории полёта предусмотрен стабилизатор 7.

БЧ (рис. 2) снабжена ГПЭ в виде двух типов осколочных колец 4 и 5, это значительно облегчает процесс изготовления и сборки ГПЭ. Внутренняя цилиндрическая оболочка заряда 7 выполнена из композиционного материала. Внутри оболочки заряда размещены шашки ВВ 8 и 9. На оболочку собираются осколочные кольца, которые фиксируются с двух сторон переходной втулкой 2 и переходным дном 6. ГПЭ выполнены из керамики и забандажированы при помощи намотки стеклопластиковой тканевой ленты. Намотка зацепляется за гребни в виде профилей упорной резьбы у деталей 2 и 6.

В качестве материала для изготовления переходной втулки и переходного дна выберем стержневой текстолит ГОСТ 5385-74 [9]. Для изготовления ГПЭ в виде осколочных колец используем оксидную минеральную керамику на основе оксида алюминия [10]. Намотка выполняется из стеклопластика на основе волокна АБС и связующего [11].

Осколочные кольца при сборке необходимо скрепить между собой герметиком УТ-34 [12]. Герметик УТ-34 представляет собой композицию из трех компонентов, один из которых содержит полисульфидный полимер, второй – вулканизирующий агент для сшивки полимерных цепей и третий – ускоритель вулканизации. После смешения компонентов происходит необратимый процесс перехода герметика в резиноподобный материал.

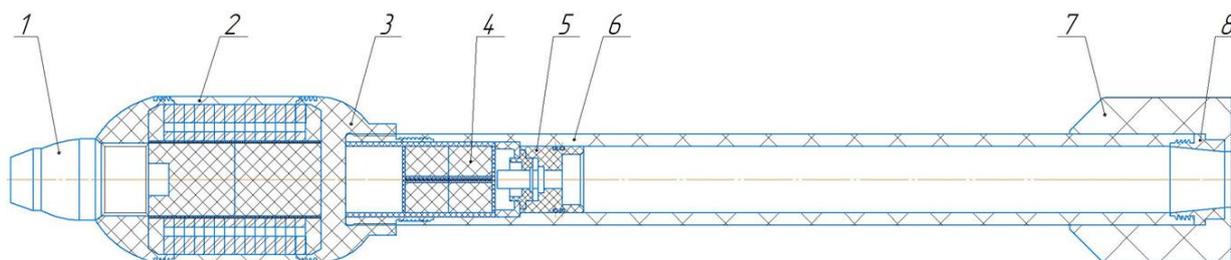


Рис. 1. Разработанный макет выстрела: 1 – взрыватель; 2 – боевая часть; 3 – переходное дно; 4 – сменный метательный заряд; 5 – поршень с инициирующим устройством; 6 – хвостовая часть; 7 – стабилизатор; 8 – запорный конус; 9 – взрывчатое вещество

Fig. 1. Developed mock-up of a mortar round: 1 – fuse; 2 – warhead; 3 – transitional bottom; 4 – replaceable propellant charge; 5 – piston with initiating device; 6 – tail section; 7 – stabilizer; 8 – shut-off cone; 9 – explosive

Материалом уплотнительной втулки 3 является пенопласт ПУ-101 ТУ 6-05-1768-76 [13]. Такой пенопласт устойчив к бензину, керосину и органическим маслам, морозостойкий. Пенопласты ПУ-101 применяются в качестве легкого заполнителя изделий конструкционного назначения.

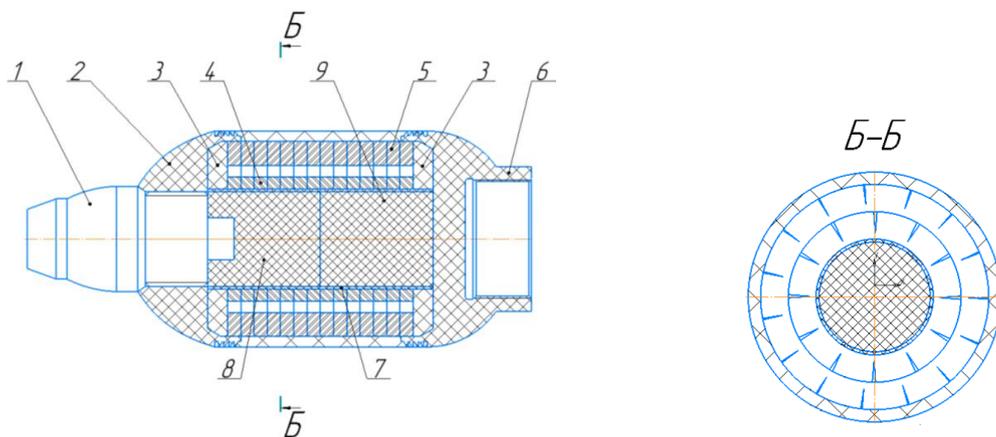


Рис. 2. Боевая часть: 1 – взрыватель; 2 – переходная втулка; 3 – уплотнительная втулка; 4 – кольцо осколочное № 1; 5 – кольцо осколочное № 2; 6 – переходное дно; 7 – оболочка заряда; 8, 9 – шашки взрывчатого вещества

Труба 6 (рис. 3) составляет основу ХЧ выстрела. Она выполнена при помощи намотки ленты из стеклопластика на основе волокна АБС и связующего [11] на две втулки – переднюю 1 и донную 14. Передняя втулка 1 имеет наружную резьбу для крепления с БЧ.

Сменный МЗ представляет собой модуль из двух или одного заряда с основным порохом. Снаряжение выстрела двумя зарядами обеспечит наибольшую дальность. Для меньшей дальности используется только один модуль МЗ. Для удобства сборки МЗ помещается в картонный корпус 9 с заглушками 7. Осевой воспламенитель 3 представляет собой навеску дымного ружейного пороха, помещенного в картуз 8.

Стабилизатор 13 прессуется из термореактивной стеклонаполненной пластмассы АГ-4В [15] и крепится к трубе и донной втулке на клей 51-К-45 ТУ 38 1051955-90 [14].

Для деталей 1 и 14 на основании прочностных характеристик материала принято решение использовать стержневой текстолит ГОСТ 5385-74 [9], который будет обрабатываться на токарно-фрезерном станке.

Материалы герметизирующего и теплозащитного покрытий трубы:

- резина марки 51-2110 ТУ 38.1051177-88 в качестве термозащитного слоя [16];
- пленка ВК-3А на основе каучука и фенольного лака в качестве герметизирующего и теплозащитного слоя [17].

Для прочного соединения материалов конструкции трубы выбран клей 51-К-45 [14].

Прочие материалы:

- картон прокладочный марки Б 1,0 мм ГОСТ 9347-74 в качестве заглушки;
- картон прокладочный марки Б 2,0 мм ГОСТ 9347-74 в качестве корпуса МЗ;
- резина 51-2110 в качестве прокладок, obtурирующих колец [16].

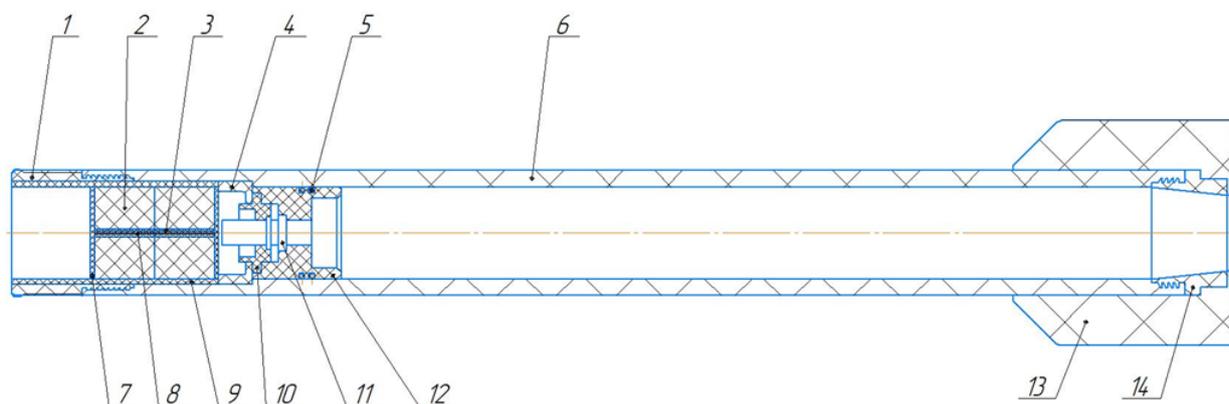


Рис. 3. Поперечный разрез хвостовой части выстрела: 1 – передняя втулка; 2 – сменный метательный заряд; 3 – воспламенитель; 4 – демпфирующая втулка; 5 – obtурирующие кольца; 6 – труба; 7 – заглушки; 8 – картуз; 9 – картонный корпус; 10 – внутренняя втулка; 11 – инициирующее устройство; 12 – внешняя втулка; 13 – стабилизатор; 14 – донная втулка

Fig. 3. Cross section of the tail of the shot: 1 – front bushing; 2 – replaceable propellant charge; 3 – igniter; 4 – damping bushing; 5 – obturating rings; 6 – pipe; 7 – plugs; 8 – cap; 9 – cardboard case; 10 – inner sleeve; 11 – initiating device; 12 – external bushing; 13 – stabilizer; 14 – bottom bushing

### Баллистические и аэродинамические параметры

Для оценки внутрибаллистических характеристик по методу проф. Дроздова были рассчитаны величины пиродинамических элементов [18, 19]. Для получения большей дульной скорости подбиралась марка [20] и навеска пороха для одной и двух секций МЗ. Расчет по данному методу был автоматизирован в программе Microsoft Excel для одной и двух секций МЗ. Для одного МЗ получили давление 120 МПа, скорость – 125 м/с и при двух МЗ давление – 600 МПа, скорость – 200 м/с.

Для разработанного макета конструкции выстрела рассчитаны траектории максимальной дальности для одной и двух секций сменного МЗ. Наиболее распространенные способы вычисления траектории – метод Сиаччи, Шапиро, приближенный, табличный, параболической теории. Для расчета в данной работе используем более точный метод – метод численного интегрирования Адамса–Крылова [21]. Определение внешнебаллистических данных было автоматизировано

в программе Microsoft Excel. Для одного МЗ дальность получилась 1260 м, высота – 350 м и при двух МЗ – 2480 м, высота 766 м.

Расстояние между центром масс  $L_{цм}$  и центром давления  $L_{цд}$  [22]

$$z = L_{цд} - L_{цм} = 346,9 - 201,5 = 145,4 \text{ мм.} \quad (1)$$

Коэффициент устойчивости определяется по формуле

$$\xi = \frac{z}{L_k} \cdot 100 \% = \frac{145,4}{596} \cdot 100 \% = 24,4 \%, \quad (2)$$

где  $L_k$  – полная длина окончательно снаряженного изделия.

Запас устойчивости принимается равным  $20 \% < \xi < 50 \%$ .

При  $\xi = 24,4 \%$  условие выполняется, следовательно, проектируемое изделие стабильно в полете.

#### Моделирование обтекания воздушным потоком

В программе ANSYS (Fluent) промоделировано обтекание выбранной формы макета выстрела воздушным потоком при скорости 200 м/с. В результате получили:

1. Изменение скорости воздушного потока (рис. 4) с максимальным значением 317,2 м/с.
2. Изменение давления воздушного потока (рис. 5) с максимальным значением 0,03073 МПа.
3. Изменение температуры воздушного потока (рис. 6) с максимальным значением 319 К.

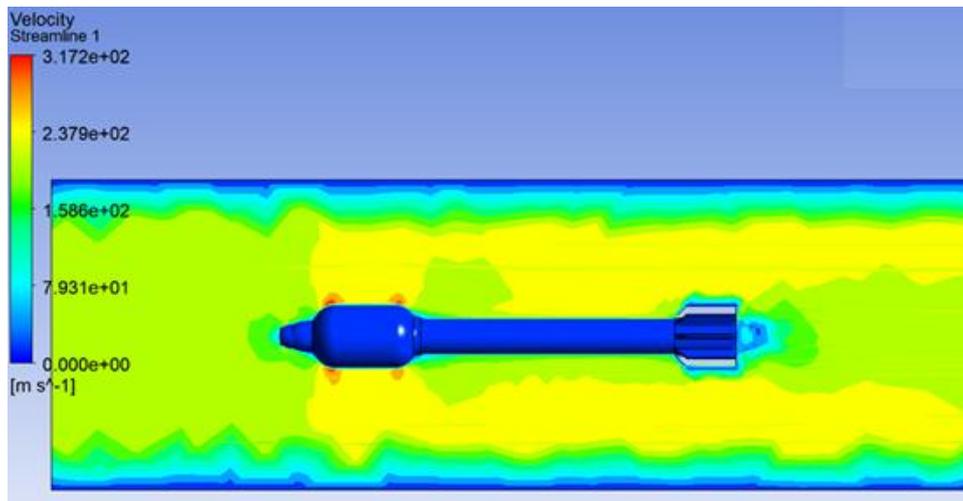


Рис. 4. Изменение скорости потока  
Fig. 4. Changing the flow rate

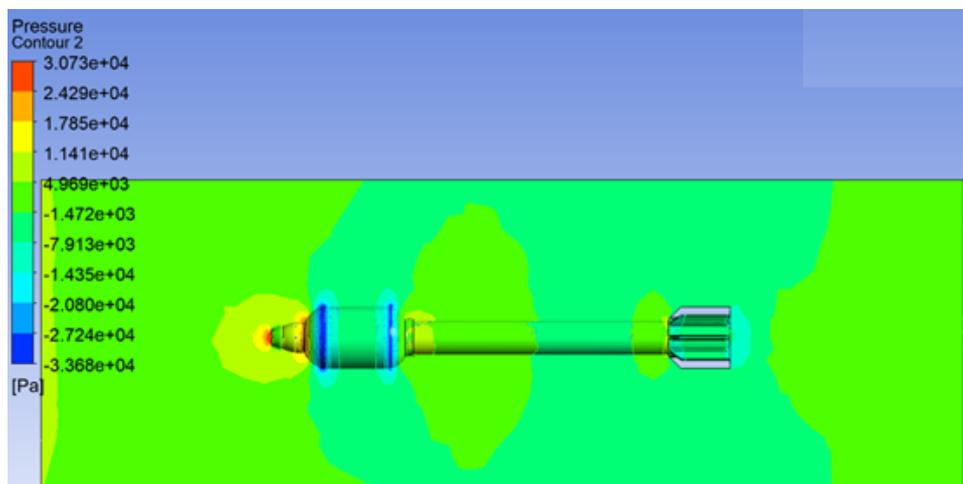


Рис. 5. Изменение давления потока  
Fig. 5. Change in flow pressure

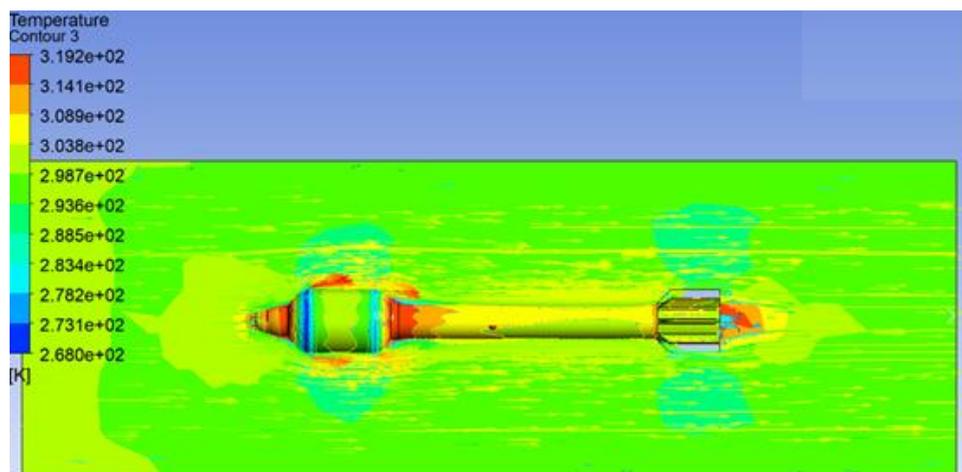


Рис. 6. Изменение температуры потока  
Fig. 6. Flow temperature change

### Расчёт эффективности осколочного действия

В работе был произведен расчет величины убойной дальности и убойной скорости по незащищённой живой силе и легкобронированной цели для оценки эффективности осколочного действия [23].

Убойная дальность для ГПЭ от осколочных колец по незащищённой цели составила 47–50 м и убойная скорость – 410–480 м/с. Убойная дальность для ГПЭ от осколочных колец по легкобронированной цели составила 25–28 м и убойная скорость – 960–1130 м/с.

Таким образом, преимущество применения ГПЭ из керамических материалов в осколочных боеприпасах – это стабильная масса, высокие прочностные характеристики и эффективность действия у цели.

### Моделирование разлёта осколков

В программе ANSYS (Explicit Dynamics) промоделированы взрыв и разлёт осколков.

В результате моделирования напряжение на момент разрушения оболочки составляет 1998 МПа (рис. 7) и превышает предел прочности материала оболочки 1670 МПа [11]. Из рисунка видно, что разрыв оболочки будет происходить по кругу и не будет препятствовать разлету ГПЭ.

Максимальное напряжение сжатия ГПЭ в момент начала разрушения оболочки составляет 3533 МПа (рис. 8) при пределе прочности керамики на сжатие 3200 МПа [10]. Из этого следует, что разрушение в осколочном кольце будет происходить по насечкам.

Максимальная скорость при разлёте осколков составляет 2672,9 м/с (рис. 9). Это значение близко к полученному аналитическим расчетом (2960 м/с), что свидетельствует о правильности вычислений.

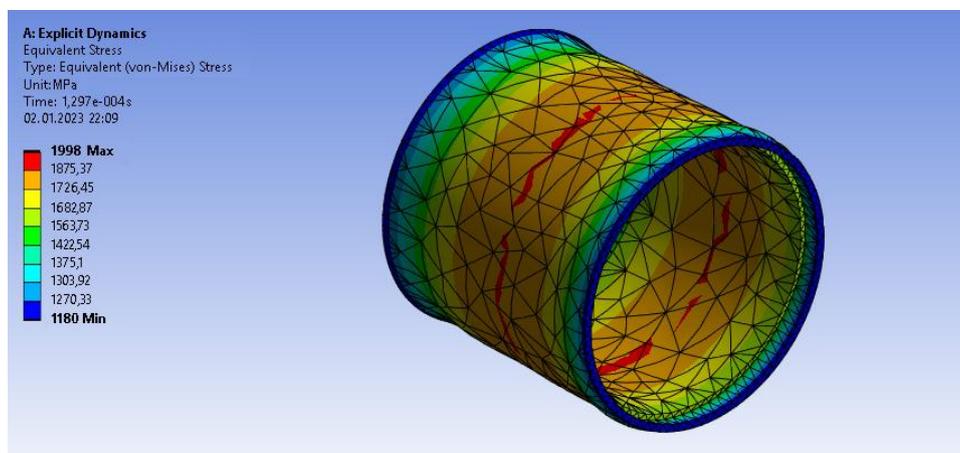


Рис. 7. Эквивалентное напряжение в момент начала разрушения оболочки  
Fig. 7. Equivalent stress at the moment the shell begins to fail

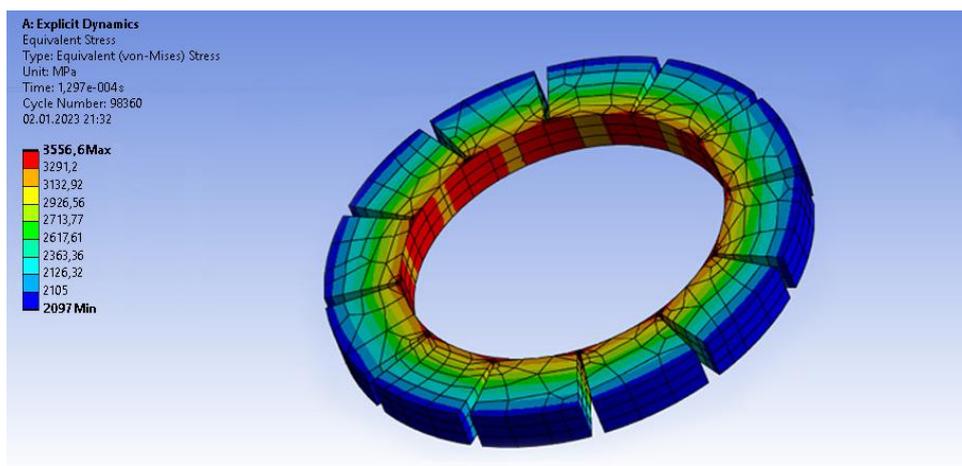


Рис. 8. Напряжение сжатия осколочного кольца  
Fig. 8. Compressive stress of fragmentation ring

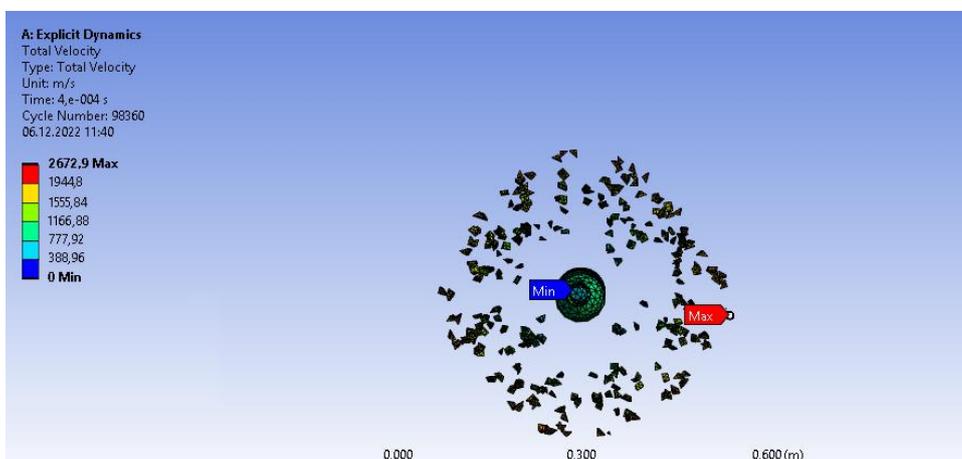


Рис. 9. Скорость разлета осколков  
Fig. 9. Fragment speed

## Вывод

На основании патента RU 2741982 C1 разработана конструкция макета бесшумного выстрела из композиционных материалов с готовыми поражающими элементами для изучения конструкции, технологии его изготовления, а также физических явлений, сопровождающих процесс выстрела, полёта и боевого действия у цели, по специальности 17.05.01 «Боеприпасы и взрыватели».

## Список литературы

1. Минометы российской армии. Сегодня и завтра // Военное обозрение. URL: <https://topwar.ru/185540-minomety-rossijskoj-armii-segodnja-i-zavtra.html> (дата обращения: 5 июня 2023).
2. Простота и эффективность // Простота и эффективность. URL: <https://2009-2020.obo-rona.ru/includes/periodics/defense/2012/0625/20508599/print.shtml> (дата обращения: 5 июня 2023).
3. 82-мм миномет 2Б14-1 // Техническое описание и инструкция по эксплуатации. URL: <https://coollib.com/b/372070/read> (дата обращения: 5 июня 2023).
4. Бесшумный миномет 2Б25 Галл. URL: <https://kovi.ru/besshumnyu-minomet-2b25-gall/> (дата обращения: 5 июня 2023).
5. Патент РФ № 2 494 337 Миномётный бесшумный выстрел / В.А. Авенян, В.В. Алексеев, А.Н. Бирюков, В.П. Власов, Т.Б. Волкова и др. Заявитель и правообладатель: Российская Федерация, от имени которой выступает Министерство обороны Российской Федерации, ОАО «ГосНИИмаш». Бюл. № 6, 27.02.2013.

6. Радиолокационные станции контрбатареи борьбы основных зарубежных стран (2010). URL: [http://factmil.com/publ/strana/belgija/radiolokacionnye\\_stancii\\_kontrbatarejnoj\\_borby\\_osnovnykh\\_zarubezhnykh\\_stran\\_2010/53-1-0-254](http://factmil.com/publ/strana/belgija/radiolokacionnye_stancii_kontrbatarejnoj_borby_osnovnykh_zarubezhnykh_stran_2010/53-1-0-254) (дата обращения: 09.02.2024)
7. Карпенко А.В. Оружие отечества. Лёгкие антиминетные радарные системы / Военно-технический сборник «Бастион» – URL: <https://bastion-opk.ru/lcmr/> (дата обращения: 09.02.2024)
8. Применение функционально-стоимостного анализа и теории решения изобретательских задач при проектировании и производстве боеприпасов: учебное пособие / М.Ю. Семашко, Ю.Ф. Прохоров, С.И. Кухаренко, Е.А. Хмельников. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2020. 206 с.
9. Текстолит // Формопласт. URL: <https://www.formoplast-spb.ru/tekstolit/> (дата обращения: 5 июня 2023).
10. Аунг Чжо Мо, Композиционная керамика на основе электроплавленного корунда с эвтектическими добавкам в системах  $Al_2O_3-TiO_2-MnO$ ,  $Al_2O_3-MgO-MnO$ ,  $Al_2O_3-MgO-SiO_2$ ,  $Al_2O_3-SiO_2-TiO_2$ : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.17.11/10. М., 2020. 16 с.
11. Комков М.А., Тарасов В.А. Технология намотки композитных конструкций ракет и средств поражения: учеб. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 431 с.
12. Герметик УТ-34 трехкомпонентный // Химстройинжиниринг. URL: <https://himstroy.ru/catalog/germetiki-spetsialnogo-naznacheniya/germetik-ut-34/> (дата обращения: 5 июня 2023).
13. Пенопласт ПУ-101 ТУ 6-05-1768-76 // Полипласт. URL: <http://www.polimerportal.ru/ads/pe-noplast-poliuretanovuj-marki-pu-101/> (дата обращения: 5 июня 2023).
14. Клей 51-К-45 // Завод химических компонентов ЭКОТЕК. URL: <https://www.eko-tec.ru/product/5167992/> (дата обращения: 5 июня 2023).
15. Официальный дилер пресс-материала АГ-4В ГОСТ 20437-89 производства ООО «Стеклоизолит» // Экструзия. URL: <https://alesta-rnd.ru/каталог-товаров/пресс-материалы/пресс-материал-аг-4в/> (дата обращения: 5 июня 2023).
16. Воробей В.В., Маркин В.Б. Основы технологии и проектирования корпусов ракетных двигателе. Новосибирск: Наука, 2003. 164 с.
17. Пленки марки ВК (ВК-3, ВК-3А, ВК-32-200, ВК-25) // Завод химических компонентов ЭКОТЕК. URL: <https://www.eko-tec.ru/product/5164348/> (дата обращения: 5 июня 2023).
18. Семашко М.Ю., Кувшинова Н.Л., Фирстова С.В. Основы баллистики и аэродинамики средств поражения и боеприпасов: учебное пособие. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2019. 236 с.
19. Серебряков М.Е. Внутренняя баллистика ствольных систем и пороховых ракет: учебник. М.: Оборонгиз, 1962. 238 с.
20. Хмельников Е.А., Деробенко Е.В., Лагутина А.В. Решение основной задачи внутренней баллистики: учебное пособие. Нижний Тагил: ФКП «НТИИМ», 2000. 99 с.
21. Голомбовский А.К., Чунаев Н.И. Сборник типовых задач по внешней баллистике. Пенза: Пензенское высшее артиллерийское инженерное ордена красной звезды училище, 1961. 112 с.
22. Куприянов В.М., Левин Д.П., Селиванов В.В. (ред.) Основы проектирования боеприпасов: учебник. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019. 128 с.
23. Рассоха С.С., Селиванов В.В. (ред.) Осколочное действие боеприпасов: учебное пособие. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. 209 с.

### References

1. *Minometry rossiyskoy armii. Segodnya i zavtra // Voyennoye obozreniye* [Mortars of the Russian army. Today and tomorrow // Military Review] (2023). URL: <https://topwar.ru/185540-minometry-rossijskoj-armii-segodnja-i-zavtra.html> (accessed 5 June 2023).
2. *Prostota i effektivnost' // Prostota i effektivnost'* [Simplicity and efficiency // Simplicity and efficiency] (2023). URL: <https://2009-2020.oborona.ru/includes/periodics/defense/2012/0625/20508599/print.shtml> (accessed 5 June 2023).
3. *82-mm minomet 2B14-1 // Tekhnicheskoye opisaniye i instruksiya po ekspluatatsii* [82-mm 2B14-1 mortar // Technical description and operating instructions] (2023). URL: <https://coollib.com/b/372070/read> (accessed 5 June 2023).

4. *Besshumnyy minomet 2B25 Gall* [Silent mortar 2B25 Gall] (2023). URL: <https://kovi.ru/besshumnyy-minomet-2b25-gall/> (accessed 5 June 2023).
5. Avenyan V.A. et al. *Minomotnyy besshumnyy vystrel* [Mortar silent shot]. Patent RF, no. 2 494 337, 27.02.2013.
6. *Radiolokatsionnyye stantsii kontrbatareynoy bor'by osnovnykh zarubezhnykh stran* [Counter-battery radar stations of the main foreign countries] (2010). URL: [http://factmil.com/publ/strana/belgija/radiolokacionnyye\\_stancii\\_kontrbatarejnoj\\_borby\\_osnovnykh\\_zarubezhnykh\\_stran\\_2\\_010/53-1-0-254](http://factmil.com/publ/strana/belgija/radiolokacionnyye_stancii_kontrbatarejnoj_borby_osnovnykh_zarubezhnykh_stran_2_010/53-1-0-254) (accessed 9 February 2024).
7. Karpenko A.V. *Oruzhiye otechestva. Logkiye antiminometnyye radarnyye sistemy. Voenno-tekhnicheskii sbornik «Bastinon»* [Weapons of the Fatherland. Lightweight anti-mortar radar systems. Military-technical collection "Bastinon"] (2024). URL: <https://bastion-opk.ru/lcmr/> (accessed 9 February 2024).
8. Semashko M.Yu. *Primeneniye funktsional'no-stoimostnogo analiza i teorii resheniya izobretatel'skikh zadach pri proyektirovani i proizvodstve boyepripasov* [Application of functional-cost analysis and theory of solving inventive problems in the design and production of ammunition]. Chelyabinsk, 2020. 206 p.
9. *Tekstolit // Formoplast* [Textolite // Formoplast] (2023). URL: <https://www.formoplast-spb.ru/tekstolit/> (accessed 5 June 2023).
10. Aung K.M. *Kompozitsionnaya keramika na osnove elektroplavlenogo korunda s evtekticheskimi dobavkam v sistemakh  $Al_2O_3-TiO_2-MnO$ ,  $Al_2O_3-MgO-MnO$ ,  $Al_2O_3-MgO-SiO_2$ ,  $Al_2O_3-SiO_2-TiO_2$* . Kand. Diss. [Composite ceramics based on electrofused corundum with eutectic additives in systems  $Al_2O_3-TiO_2-MnO$ ,  $Al_2O_3-MgO-MnO$ ,  $Al_2O_3-MgO-SiO_2$ ,  $Al_2O_3-SiO_2-TiO_2$ . Abstract Cand. Diss.]. Moscow, 2020. 16 p.
11. Komkov M. A. *Tekhnologiya namotki kompozitnykh konstruksiy raket i sredstv porazheniya* [Winding technology for composite structures of missiles and weapons]. Moscow, 2011. 431 p.
12. *Germetik UT-34 trekhkomponentnyy // Khimstroyinzhiniring* [Three-component sealant UT-34 // Khimstroyengineering] (2023). URL: <https://him-stroy.ru/catalog/germetiki-spetsialnogo-naznacheniya/germetik-ut-34/> (accessed 5 June 2023).
13. *Penoplast PU-101 TU 6-05-1768-76 // Poliplast* [Foam plastic PU-101 TU 6-05-1768-76 // Polyplast] (2023). URL: <http://www.polimerportal.ru/ads/penoplast-poliuretanovyj-marki-pu-101/> (accessed 5 June 2023).
14. *Kley 51-K-45 // Zavod Khimicheskikh Komponentov EKOTEK* [Glue 51-K-45 // Chemical Components Plant EKOTEK] (2023). URL: <https://www.eko-tec.ru/product/5167992/> (accessed 5 June 2023).
15. *Ofitsial'nyy diler press-materiala AG-4V GOST 20437-89 proizvodstva OOO «Steklo-izolit» // Ekstruziya* [Official dealer of press material AG-4V State Standard 20437-89 produced by Steklo-izolit // Extrusion]. URL: <https://alesta-rnd.ru/каталог-товаров/пресс-материалы/пресс-материал-аг-4в/> (accessed 5 June 2023).
16. Vorobey V.V. *Osnovy tekhnologii i proyektirovaniya korpusov raketnykh dvigateley* [Fundamentals of technology and design of rocket engine housings]. Novosibirsk, 2003. 164 p.
17. *Plenki marki VK (VK-3, VK-3A, VK-32-200, VK-25) // Zavod Khimicheskikh Komponentov EKOTEK* [VK brand films (VK-3, VK-3A, VK-32-200, VK-25) // EKOTEK Chemical Components Plant]. URL: <https://www.eko-tec.ru/product/5164348/> (accessed 5 June 2023).
18. Semashko M.Yu. *Osnovy ballistiki i aerodinamiki sredstv porazheniya i boyepripasov* [Fundamentals of ballistics and aerodynamics of weapons and ammunition]. Chelyabinsk, 2019. 236 p.
19. Serebryakov M.E. *Vnutrennyaya ballistika stvol'nykh sistem i porokhovykh raket* [Internal ballistics of barrel systems and powder rockets]. Moscow, 1962. 238 p.
20. Khmel'nikov E. A. *Resheniye osnovnoy zadachi vnutrenney ballistiki: uchebnoye posobiye* [Solving the main problem of internal ballistics]. Nizhny Tagil, 2000. 99 p.
21. Golombovsky A.K. *Sbornik tipovykh zadach po vneshney ballistike* [Collection of typical problems on external ballistics]. Penza, 1961. 112 p.
22. Kupriyanov V.M. *Osnovy proyektirovaniya boyepripasov* [Fundamentals of ammunition design]. Moscow, 2019. 128 p.
23. Rassokha S. S. *Oskolochnoye deystviye boyepripasov* [Fragmentation effect of ammunition]. Moscow, 2018. 209 p.

*Информация об авторах*

**Семашко Марина Юрьевна**, доцент кафедры «Двигатели летательных аппаратов», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; semashkomi@susu.ru

**Кувшинова Наталья Львовна**, старший преподаватель кафедры «Двигатели летательных аппаратов», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; kuvshinovanl@susu.ru

**Дорохова Анастасия Алексеевна**, ведущий специалист системы менеджмента качества, АО «Сигнал», Челябинск, Россия; Nastya\_dorohova@inbox.ru

*Information about the authors*

**Marina Yu. Semashko**, associate professor of the Department of Aircraft Engines, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; semashkomi@susu.ru

**Natalya L. Kuvshinova**, senior lecturer of the Department of Aircraft Engines, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; kuvshinovanl@susu.ru

**Anastasia A. Dorokhova**, leading specialist of the quality management system, Joint Stock Company “Signal”, Chelyabinsk, Russia; Nastya\_dorohova@inbox.ru

*Статья поступила в редакцию 19.02.2024; принята к публикации 22.02.2024.  
The article was submitted 19.02.2024; accepted for publication 22.02.2024.*