

УДК 623.45:623.56

doi: 10.53816/20753608\_2025\_2\_99

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МОГУЩЕСТВА ДЕЙСТВИЯ БОЕПРИПАСОВ С УПРОЩЕННОЙ КОНСТРУКЦИЕЙ

### COMPARATIVE ANALYSIS OF THE POWER OF AMMUNITION WITH A SIMPLIFIED DESIGN

*По представлению чл.-корр. РАН А.И. Михайлина*

*Д.П. Левин, С.С. Меньшаков, Д.А. Оганесян*

*МГТУ им. Н.Э. Баумана*

*D.P. Levin, S.S. Menshikov, D.A. Oganesyanyan*

Проведен сравнительный анализ боеприпасов упрощенной конструкции по могуществу их действия, оцениваемого по приведенной площади поражения и координатному закону поражения. Показано, что могущество их действия находится на уровне штатных изделий и они могут применяться для массового производства в целях устранения дефицита специализированных средств для беспилотных летательных аппаратов.

**Ключевые слова:** боеприпас, аддитивные технологии, готовые поражающие элементы, тротиловая шашка, координатный закон поражения.

A comparative analysis of ammunition of a simplified design is carried out according to the power of their action, estimated by the reduced area of damage and the coordinate law of damage. It is shown that the power of their action is at the level of standard products and they can be used for mass production in order to eliminate the shortage of specialized means for unmanned aerial vehicles.

**Keywords:** munition, additive technologies, preformed fragment, numerical simulation, damaging effect, target destruction coordinate law.

#### Введение

Опыт современных конфликтов показал существенное влияние различных беспилотных систем на ход боевых действий. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) различных типов, размеров и форм применяются для нанесения ударов, разведки, в виде ложных целей для перегрузки систем противовоздушной обороны, ретрансляции сигналов, доставки грузов, разминирования и т.д. Одним лишь барражирующим боеприпасом «Ланцет» к ноябрю 2024

года было совершено более 2500 ударов, большая часть из которых привела к полному уничтожению или существенному повреждению цели [1].

Широкое применение в боевых действиях получили БПЛА-камикадзе типа FPV, оснащенные камерой, передающей изображение на очки оператора (рис. 1) [2]. Масса переносимой ими полезной нагрузки достигает 5 кг. БПЛА-камикадзе типа FPV отличаются низкой стоимостью и, как следствие, массово применяются для поражения широкого круга целей на

малых дальностях. Согласно заявлению министра обороны Российской Федерации, в интересах Вооруженных Сил Российской Федерации производится как минимум четыре тысячи «FPV-дронов» ежедневно [3].

В результате проведенного авторами анализа сбрасываемых с БПЛА боеприпасов (БП) и боевых частей (БЧ), работающих по принципу «камикадзе», было выявлено, что в основном для поражения целей используются БП других штатных комплексов вооружения (например, гранаты для РПГ-7) или БП кустарного производства (рис. 2) [4, 5], в производстве которых активно используются аддитивные технологии — с их помощью производятся корпуса, элементы взрывательных устройств, системы подвеса, стабилизаторы и т.д.

Основным недостатком применения адаптированных БП других штатных комплексов вооружения является их очевидный проигрыш по критерию «эффективность — стоимость» для случая применения этого БП в штатном комплексе по сравнению с БПЛА. Снижение эффективности возникает из-за более широких возможностей БПЛА при его существенно меньшей стоимости. Кроме того, штатные взрывательные устройства обычно не могут применяться с БПЛА, поскольку требуют специфических видов нагрузок для взведения взрывателя, характерных для работы штатного комплекса.

Для БП кустарного производства наиболее уязвимым к уровню технологии элементом является заряд взрывчатого вещества (ВВ). Проведение операции снаряжения корпуса БП взрывчатым составом требует сложного и дорогостоящего технологического оборудования для получения разрывного заряда высокого качества. Применение упрощенных кустарных технологий снаряжения и отсутствие контроля качества разрывного заряда приводит к возникновению усадочных раковин и разным размерам кристаллов при заливке, трещин и разноплотности заряда при прессовании. В результате происходит непредсказуемое снижение могущества действия БП, вплоть до полной потери эффективности. К аналогичным результатам приводят недостаточная инженерная грамотность конструкторов самодельных БП и слабое понимание ими физических процессов, сопровождающих функционирование взрывных устройств.

Указанные проблемы, безусловно, будут устранены при разработке и производстве боеприпасов профильными организациями по классической схеме, т.е. производстве, снаряжении взрывчатым составом и, возможно, окончательном снаряжении БП на производстве и последующей эксплуатации в войсках. Однако условия эксплуатации БП для БПЛА, отсутствие существенных нагрузок при доставке к цели, и, как следствие, простота их конструкции позволяют



Рис. 1. Комплект управления FPV БПЛА



Рис. 2. Образцы боеприпасов для БПЛА-камикадзе типа FPV

рассматривать альтернативные схемы производства [6].

Целью данной работы является сравнительная оценка могущества действия боеприпасов с упрощенной конструкцией (БУК).

### Боеприпас с упрощенной конструкцией

Под приведенным термином авторы понимают БП или БЧ для БПЛА, работающих по принципу «камикадзе»:

– основные конструктивные элементы которого производятся с использованием аддитивных технологий или заменяются на готовые элементы других технических устройств, используемых по новому назначению;

– сборка которого может быть осуществлена вручную, без специального оборудования, и не требует специальных навыков и компетенций сборщика;

– снаряжаемый непосредственно перед применением штатным широко распространенным разрывным зарядом, а также окончательно снаряжаемый штатным детонатором (взрывателем) непосредственно перед применением.

Отличительной особенностью предлагаемой конструкции является применение штатной тротиловой шашки массой 200 г в качестве разрывного заряда и электродетонатора ЭДП в качестве средства взрыва. Предполагается, что боеприпас будет поставляться в войсках в виде комплекта, в который будут входить: корпус, крышка и готовые поражающие элементы (ГПЭ) в виде шариков диаметром ~ 5 мм. Шашка разрывного заряда и электродетонатор будут поставляться отдельно через инженерные войска. Непосредственно перед применением можно осуществить сборку БП, снарядить его (вложить шашку разрывного заряда) и привести в окончательное снаряжение (установить электродетонатор).

Описанный подход к построению БУК существенно снижает экономические и временные затраты на изготовление, доставку и эксплуатацию БП, поскольку сборка БУК происходит непосредственно на передовой.

Рассматриваемые варианты конструкций БУК представлены на рис. 3.

Различия в конструкциях обусловлены формой шашки ВВ и ее размещением в корпусе.

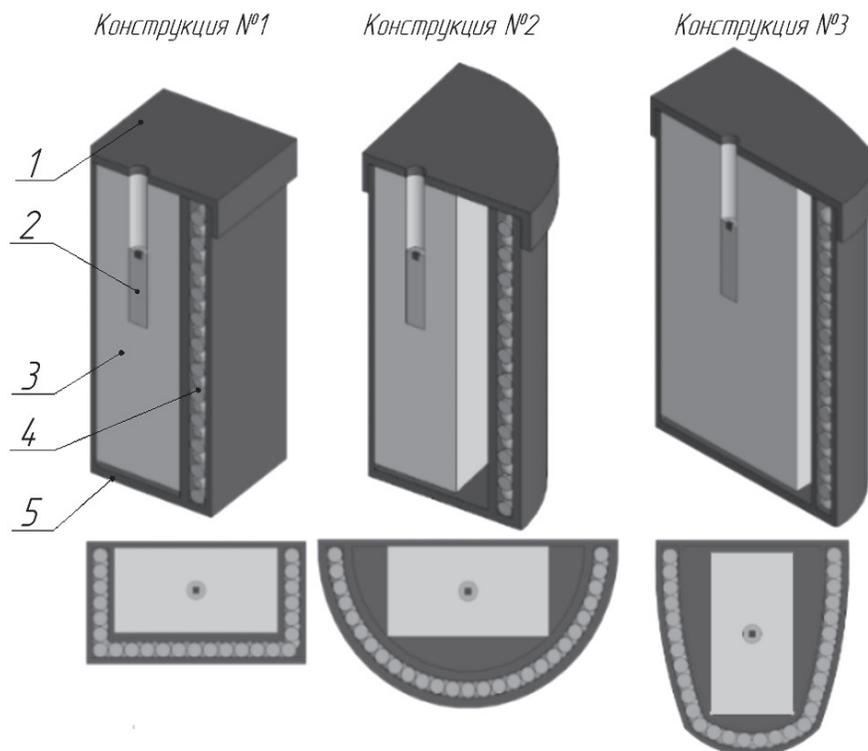


Рис. 3. Варианты конструкций БУК:

1 — крышка; 2 — электродетонатор ЭДП; 3 — тротиловая шашка; 4 — ГПЭ; 5 — корпус

Как известно, тротиловая шашка массой 200 г имеет форму параллелепипеда с размерами  $25 \times 50 \times 100$  мм с гнездом под электродетонатор типа ЭДП на стороне  $25 \times 50$  мм. В конструкции № 1 ГПЭ расположены по трем граням шашки, при этом предполагается, что конструкция направлена большей гранью на цель. Достоинством конструкции является отсутствие воздушных зазоров между ГПЭ и шашкой разрывного заряда, что должно привести к увеличению начальных скоростей разлета осколочных элементов и, возможно, к некоторой деформации их вследствие силового воздействия при отражении детонационной волны. Недостатком конструкции является наличие углов, которое должно приводить к резкому изменению направлений и значений начальных скоростей разлета элементов, и, как следствие, к образованию «слепых» зон.

В конструкции № 2 был учтен недостаток первой конструкции, и здесь ГПЭ были размещены вдоль плавной поверхности полусферического корпуса, накрывающего шашку ВВ. Однако это привело к образованию воздушных зазоров и соответственно, к уменьшению значений начальных скоростей разлета осколочных элементов, причем особо заметному в направлении середины большой грани как наиболее удаленной точки от шашки ВВ. Тем не менее было решено рассмотреть этот вариант конструкции, поскольку воздушные зазоры могут быть использованы в «полезных» целях при возможном заполнении их энергетическими материалами в виде порошков горючих металлов, что должно привести к увеличению фугасного и зажигательного действий при взрыве БУК данной конструкции.

Наконец, конструкция № 3 в идейном смысле близка к конструкции № 2 и ее форма определяется тем, что размещается она на системе подвеса БПЛА по малой грани БУК.

Сравнение могущества действия проведем по форме координатного закона поражения

(КЗП) и величине приведенной площади поражения  $s_{пр}$ .

Построение КЗП проводилось в программе Matlab по методике, приведенной в источнике [7]. Исходными данными для построения являются скорости и углы разлета ГПЭ, полученные с помощью численных расчетов в программе LS-Dyna в трехмерной постановке с использованием метода ALE (Arbitrary Lagrangian-Eulerian). ВВ моделировалось материалом \*MAT\_HIGH\_EXPLOSIVE\_BURN с уравнением состояния Джонса — Уилкинса — Ли — \*EOS\_JWL. Модель материала для воздуха — \*MAT\_NULL. В качестве уравнения состояния для воздуха использовалось линейное полиномиальное уравнение \*EOS\_LINEAR\_POLYNOMIAL. Модели материалов крышки, корпуса и ГПЭ — модель упругопластической среды с линейным упрочнением \*MAT\_PLASTIC\_KINEMATIC. В результате расчета были получены проекции скоростей ГПЭ на оси координат  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ . В качестве цели рассматривалась живая сила, оснащенная средствами индивидуальной бронезащиты (СИБ). Параметры цели приведены в табл. 1 [7].

БП устанавливается сверху БПЛА-камикадзе типа FPV, при этом ось симметрии боеприпаса находится под углом  $45^\circ$  к корпусу БПЛА. Угол атаки БПЛА равен также  $45^\circ$ , соответственно, в момент срабатывания, при контакте с поверхностью земли, БП находится в вертикальном положении по отношению к поверхности земли (рис. 4). КЗП для рассматриваемых конструкций представлены на рис. 5. Линии уровня вероятностей поражения построены в диапазоне от 0,9 до 0,1 с шагом 0,2. Значения полученных приведенных площадей поражения представлены в табл. 2.

Основываясь на результатах расчетов, можно сделать вывод, что конструкции № 1 и № 3 превосходят конструкцию № 2 по критерию приведенной площади поражения, но конструкция № 2 показывает более равномерное распределение вероятности поражения по угловым

Таблица 1

Параметры цели

Тип цели	Положение	Площадь проекции цели, м <sup>2</sup>	Стальной эквивалент цели, мм
ЖС в СИБ	В рост	0,5	4

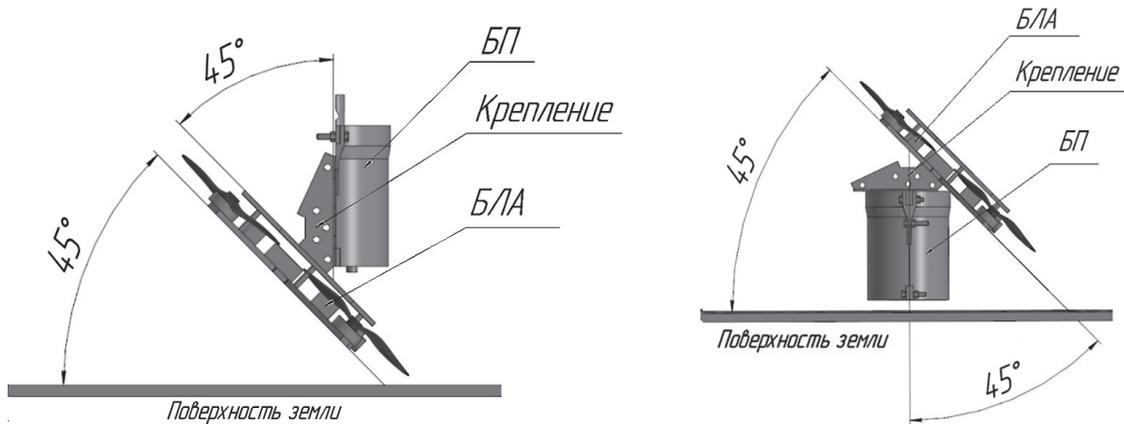


Рис. 4. Крепление боеприпаса упрощенной конструкции к беспилотному летательному аппарату

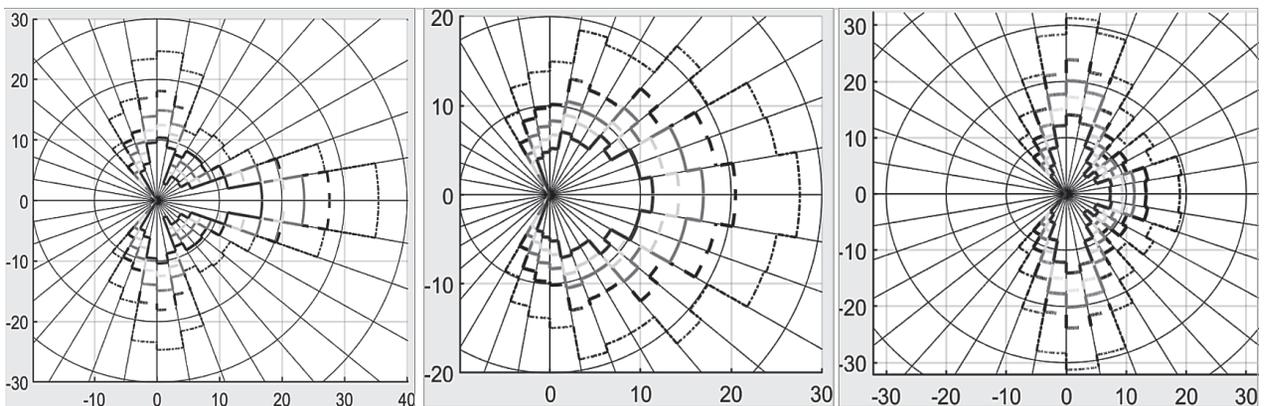


Рис. 5. Координатные законы поражения для различных конструкций разработанного БП

Таблица 2

**Приведенные площади поражения**

	Конструкция № 1	Конструкция № 2	Конструкция № 3
Приведенная площадь поражения $s_{пр}$ , м <sup>2</sup>	242	208	264

зонам, что приближает ее к БП с традиционной цилиндрической формой. Учитывая высокую точность нанесения ударов БПЛА, а также случайный характер распределения целей, для поражения живой силы (ЖС) более значимым становится равнонаправленность поля поражения. Отсутствие «слепых» зон в КЗП, которые присутствуют в конструкциях № 1 и № 3 в направлении углов, существенно облегчает работу оператору БПЛА в варианте конструкции № 2. Также стоит отметить, что конструкция № 2 обладает обтекаемой формой, что положительно влияет на управляемость БПЛА.

С другой стороны, учитывая те же высокую точность нанесения ударов и управляемость БПЛА оператором, можно попробовать повернуть БПЛА в направлении на цель даже на конечном участке траектории, и тогда на первый план выходит критерий приведенной площади поражения, который имеет максимальное значение для конструкции № 3. Другими словами, выбор конструкции БУК остается за людьми, принимающими решения, и, возможно, здесь определяющими в выборе станут совсем другие критерии, например технологичность и простота изготовления.

### Сравнительный анализ

Для сравнения рассмотрим иностранный боеприпас FRAG-09-576-1.3 [5] (рис. 6, а) и отечественный штатный БП с ОФСП-1,7 [8] (рис. 6, б). Характеристики аналогов представлены в табл. 3.

Для корректного сравнения проведем расчет действия для БП, состоящего из двух корпусов конструкции № 2 (рис. 3), который имеет схожие с аналогами массогабаритные характеристики. Конструкция БП и процесс формирования осколочно-го поля представлены на рис. 7, а КЗП — на рис. 8.

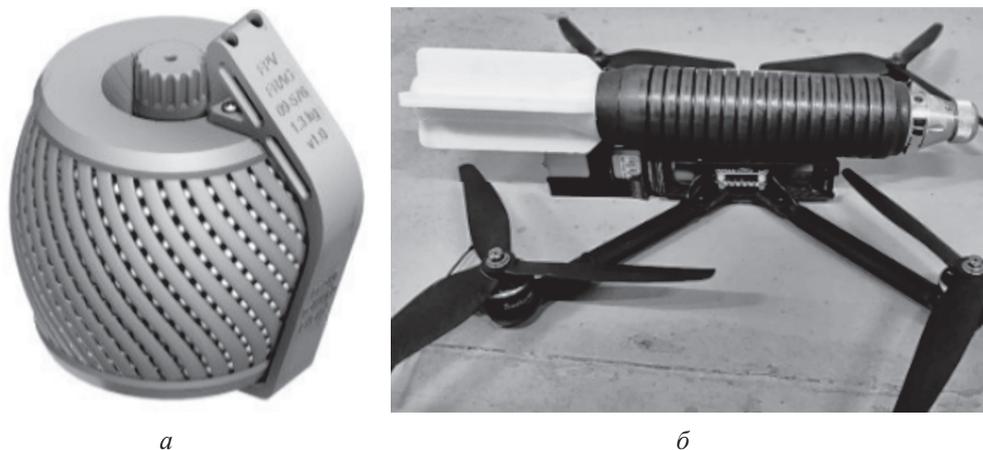


Рис. 6. Рассматриваемые аналоги: а — FRAG-09-576-1.3; б — ОФСП-1,7

Таблица 3

Технические характеристики сравниваемых изделий

Характеристики	FRAG-09-576-1.3	ОФСП-1,7	Предложенный образец
Масса, кг	1,3	1,7	1,3
Масса ВВ, кг	0,46 (С4) / 0,38 (ПВВ-4)	0,4	0,4
Форма ГПЭ	Шар	Куб (корпус заданного дробления)	Шар
Масса ПЭ/корпуса, кг	0,9	1,07	0,6
Приведенная площадь поражения $s_{пр}$ , м <sup>2</sup>	~200	600*	320 (900*)

\* — для цели типа ЖС в СИБ по Бр2

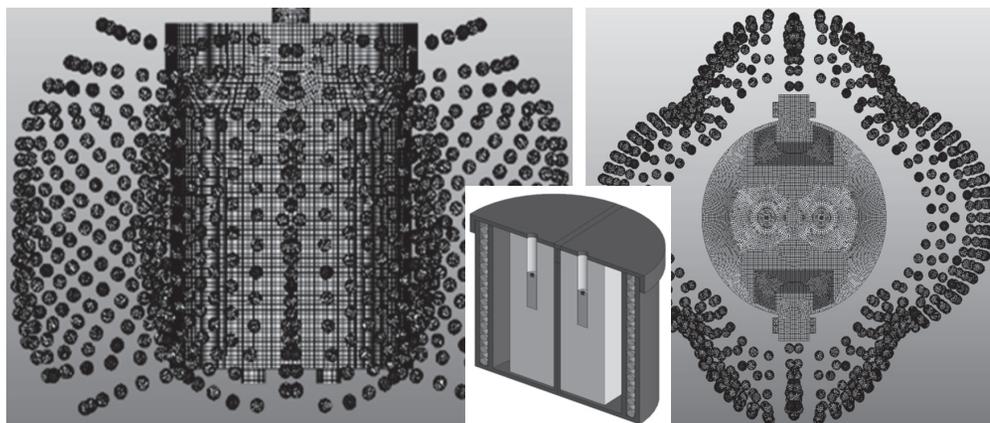


Рис. 7. Конструкция и процесс формирования осколочно-го поля

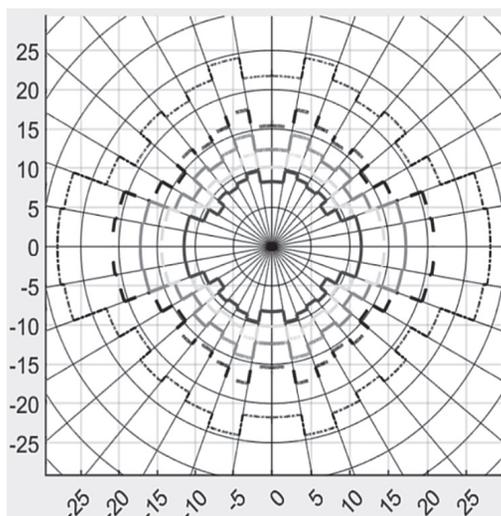


Рис. 8. Координатный закон поражения

Для данной конструкции приведенная площадь поражения будет равна  $s_{пр} = 320 \text{ м}^2$ . Учитывая различия в конструкции и методике оценки действия аналогов, можно сделать вывод, что предлагаемая конструкция имеет поражающее действие на уровне рассматриваемых аналогов и может применяться в аналогичных условиях.

### Заключение

В работе были рассмотрены БП, предназначенные для применения на БПЛА-камикадзе типа FPV. Проведенный анализ показал, что БУК имеют могущество действия на уровне существующих штатных БП и могут применяться для массового производства, в целях устранения дефицита специализированных средств для БПЛА.

Стоимость и простота производства предложенного изделия обеспечиваются упрощенной конструкцией, сборка изделия может быть осуществлена вручную, без специального оборудования, и не требует привлечения высококвалифицированных специалистов. Использование в конструкциях штатных тротильных шашек и электродетонаторов позволяет значительно упростить технологический процесс снаряжения изделия и избегать использования дефицитных материалов и составов. Все вышеперечисленное напрямую влияет на технологический процесс изготовления

изделия, снижает количество затраченных человеко-часов и материалов на производство и в результате существенно уменьшает стоимость изделия.

Учитывая вышесказанное, анализируемые конструкции могут стать заменой для некоторых штатных средств для БПЛА.

### Список источников

1. Применение барражирующих боеприпасов «Ланцет» в зоне СВО. URL: <https://lostarmour.info/tags/lancet> (дата обращения: 12.10.2024).
2. Минобороны РФ показало уничтожение FPV-дроном терминала Starlink ВСУ. URL: <https://rg.ru/2023/08/13/minoborony-rf-pokazalo-unichtozhenie-dronom-terminala-starlink.html> (дата обращения: 12.10.2024).
3. Глава Минобороны Белоусов: в войска поставляют 4 тыс. FPV-дронов в сутки. URL: <https://www.rbc.ru/politics/30/07/2024/66a8ebff9a79479af26e7534> (дата обращения: 12.10.2024).
4. Shock Wave Dynamics: Боевые части для FPV дронов-камикадзе, комплект для снаряжения в полевых условиях. URL: [https://t.me/combat\\_engineer/4650](https://t.me/combat_engineer/4650) (дата обращения: 12.10.2024).
5. Basic identification of Ammunition in Ukraine V.6.0. URL: <https://ukr.bulletpicker.com/id-guides.html> (дата обращения: 12.10.2024).
6. Левин Д.П., Дюков А.В., Гущина Т.А. и др. Концепция корпуса осколочной боевой части на основе штатного взрывного устройства для беспилотного летательного аппарата; в сборнике: Будущее машиностроения России // XVI Всероссийская конференция молодых ученых и специалистов (с международным участием): сборник докладов. В 2-х томах. М., 2024. С. 32–38.
7. Рассоха С.С., Селиванов В.В. Осколочное действие боеприпасов: учеб. пособие; под общ. ред. В.В. Селиванова. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. 209 с.
8. Шрапнельный сброс для FPV-дрона SH-F1-HE. URL: <https://saper.in.ua/p2111244529-shrapnelnyj-sbros-dlya.html?srsId=AfmBOoq3MTwLVMy1bLQCRmpmNzvfGm5OitmSOjFga6R1SZCOs2xehXm> (дата обращения: 13.12.2024).