

УДК 623.455.123
DOI 10.22213/2413-1172-2019-2-33-38

К ВОПРОСУ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МОДУЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ОРУЖИЯ С ПЕРСПЕКТИВНЫМ ПАТРОНОМ

С. А. Писарев, доктор технических наук, профессор, ИжГТУ имени М.Т. Калашникова, Ижевск, Россия
Р. В. Минибаев, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия
Д. С. Романов, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия
И. В. Токарев, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия
Л. А. Фитилев, аспирант, ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, Ижевск, Россия

Статья посвящена актуальной на сегодняшний день теме развития модульного оружия как закономерному процессу развития технических систем общего машиностроения. Рассматривается проблема применения модульного оружия с перспективным патроном, обладающим большей мощностью, чем ближайшие аналоги. Основное содержание исследования составляет определение оптимальных баллистических параметров исследуемого патрона и параметров разрабатываемого модульного оружия, в частности: длины ствола, геометрических параметров гильзы, максимального давления, начальной скорости пули и массы порохового заряда. Значительное внимание уделяется расчету на прочность узла крепления сменного ствола и коробки ствольной как самой нагруженной части стрелкового оружия. Представлена расчетная схема закрепления ствола в ствольной коробке и рассчитаны основные размеры фиксирующего элемента из условий прочности.

Представлены результаты определения кинетической энергии пули проектируемого патрона и пули патрона 7Н6 в разработанном на кафедре «Стрелковое оружие» ИжГТУ имени М. Т. Калашникова программном продукте.

В заключение представлен вывод о возможности применения перспективных патронов с большей мощностью в модульной схеме оружия и определены задачи для последующего анализа и формирования требований к системам модульного оружия.

Ключевые слова: модульная конструкция, сменные стволы, патроны, прочностные расчеты.

Введение
В настоящее время одной из ключевых тенденций в машиностроении и других связанных областях является (и будет являться в ближайшем будущем) создание различных конструкций, машин и готовой продукции, отвечающих модульному принципу построения. Другими словами, создание предметов производства, которые как техническая система состоят из взаимосвязанных отдельных частей, каждая из которых заключает в себе одну или несколько функций, сгруппированных в законченный узел – модуль (блок). Модульность как свойство системы связано с возможностью быстрого изменения функциональных блоков, выполняющих различные задачи. Данное свойство актуально как унификация и стандартизация готовой продукции во всем мире [1, 2].

Производство стрелкового оружия как составляющая часть машиностроительной отрасли не является исключением. Создание оружия,

обладающего модульностью, позволит значительно увеличить, с одной стороны, линейку выпускаемой продукции, отвечающей различным требованиям конечных пользователей, с другой – в короткие сроки модернизировать и улучшать уже выпущенную версию продукта и значительно снижать расходы на производство и разработку нового. Поэтому актуальность данного вопроса в последнее время всё возрастает. Одним из примеров может служить зарубежная винтовка М16, построенная частично по принципу модульного оружия. С начала 2000-х годов на рынке всё больше появляется различных альтернативных продуктов, которые подтверждают актуальность данной темы [3, 4].

Цель данного исследования – показать возможность применения различных боеприпасов при сохранении ствольной коробки и узла крепления сменного ствола модульного образца, так как наиболее нагруженной частью в модульном оружии является узел крепления ствола со ствольной коробкой.

Определение параметров перспективного патрона и расчет на прочность узла запирания модульного оружия

Проведен подтверждающий расчет одной из схем крепления ствола в ствольной коробке с применением мощного патрона калибра 5,45 мм, созданного на базе пули патрона 7Н6, имеющей существенно увеличенную начальную скорость. Данная задача является теоретическим обоснованием возможности применения модульного оружия с перспективными мощными патронами для поражения бронезащищенных целей на различных дистанциях. Задача решалась в несколько этапов.

1. Проектирование перспективного патрона и внутрибаллистический расчет разработанного патрона с целью определения оптимальных значений скорости пули, максимального давления, навески пороха, длины ствола и других характеристик.

2. Проектирование узла запирания и его расчет на прочность с обоснованием основных схемных решений.

3. Проведение теоретического расчета внешнебаллистических характеристик исследуемого патрона с целью получения траектории пули в трехмерном пространстве и получения значений кинетической энергии в момент поражения цели на различных дистанциях.

В настоящее время создание перспективного патрона, обладающего увеличенной мощностью, является актуальной задачей, реализуемой оружейными предприятиями всего мира. Основными показателями «мощности» патрона является скорость пули при вылете из канала ствола и дульная энергия пули. Увеличения этих параметров пытаются добиться различными путями: повышением максимального давления в канале ствола, увеличением длины ствола и массы порохового заряда, а также изменением массы пули [5, 6]. Так как модульность оружия допускает возможность смены ствола, то изменение баллистических показателей в первую очередь связано с использованием стволов различной длины и применяемых патронов различных конструкций.

Таким образом, определение оптимальных параметров исследуемого мощного патрона должно отвечать следующим требованиям:

а) сменный баллистический модуль, т. е. ствол в сборе должен обеспечить высокую дульную скорость снаряда при сохранении необходимых для современного ручного стрелкового оружия маневренности и компактности и обеспечении полноты сгорания порохового

заряда. Из анализа рис. 1 можно сделать вывод, что данные требования обеспечиваются при длине ствола 500 мм, следовательно, дальнейшие расчеты будем проводить для длины ствола 500 мм;

б) увеличение массы порохового заряда, ограниченное двумя факторами: величиной патрона и физическими факторами – плотностью заряжания, скоростью возгорания порохового заряда. Известно, что увеличение дульной скорости пули и дульной энергии за счет увеличения массы порохового заряда эффективно лишь в определенных пределах. Поэтому для проектируемого патрона выберем гильзу, соотносимую с гильзой патрона 7,62×51;

в) обеспечение высокой скорости пули и малого импульса отдачи возможно при использовании небольшого автоматного калибра. Для проектируемого патрона выберем самую легкую автоматную пулю патрона 7Н6 – калибра 5,45 мм с массой 3,14 г;

г) давление в канале ствола не должно превышать давление в аналогичных оружейных системах, состоящих на вооружении. Для данного расчета примем максимальное давление в 350 МПа. Расчет внутренней баллистики проведен в программном комплексе Strelec-2009, разработанном на кафедре «Стрелковое оружие» ИжГТУ имени М. Т. Калашникова [7].

На основе данных спроектирован опытный патрон, изображенный на рис. 2, и определены его баллистические данные:

Калибр, мм	5,45
Масса пули, г	3,4
Диаметр дна гильзы, мм	12
Длина гильзы, мм	51
Скорость пули V_0 , м/с (при длине ствола 500 мм)	1156
Масса пороха, г	2,8
Максимальное давление в канале ствола, МПа	350

Следующим этапом является проектирование узла запирания и расчет фиксирующего элемента на прочность. Упрощенная схема крепления ствола при помощи замыкателя ствола показана на рис. 3.

Известно, что при выстреле на дно снаряда действует сила F , которая определяется по формуле

$$F = P_{\text{сн}} \cdot S_{\text{сн}},$$

где $P_{\text{сн}}$ – давление пороховых газов на дно снаряда; $S_{\text{сн}}$ – площадь дна снаряда.

Аналогично при выстреле действует на дно канала ствола сила $F_{\text{отд}}$:

$$F_{отд} = P_{дн} S_{дн},$$

где $P_{дн}$ – давление пороховых газов на дно гильзы; $S_{дн} = (\pi d_{дн}^2)/4$ – площадь дна гильзы.

Причем $F_{отд} \gg F$, следовательно сила $F_{отд}$ действует и на узлы крепления ствола к ствольной

коробке в момент выстрела. Замыкатель ствола для возможности применения с проектируемым патроном 5,45×51 мм необходимо просчитать по формулам и зависимостям, описанным в [8].

В расчете баллистических параметров опытного патрона имеются данные о максимальном давлении газов в канале ствола.

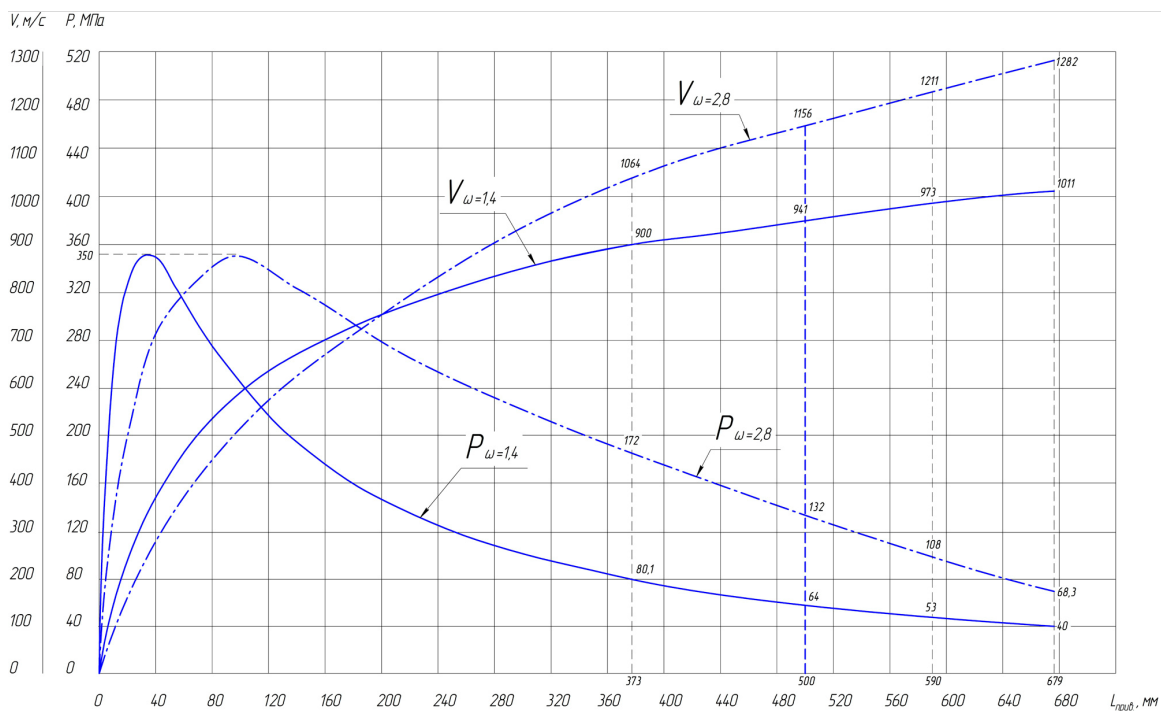


Рис. 1. Изменение дульной скорости пули и давления при изменении массы заряда и длины канала ствола при $P_{max} = 350$ МПа и пули патрона 7Н6

Fig. 1. The change muzzle bullet's velocity and pressure when the charge powder mass and barrel's length at the maximum pressure equal to 350 MPa and the bullet is 7Н6

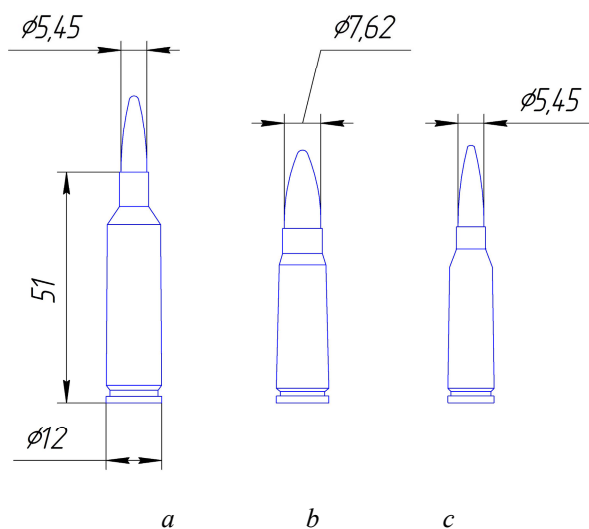


Рис. 2. Сравнение проектируемого патрона с аналогами: а – проектируемый патрон 5,45×51; б – патрон 57-Н-231 обр. 1943 г. 7,62×39; в – патрон 7Н6 5,45×39

Fig. 2. Comparison of the designed cartridge with analogues: а - the designed cartridge 5,45x51; б - the cartridge 57-N-231 7,62x39; в - the cartridge 7Н6 5,45x39

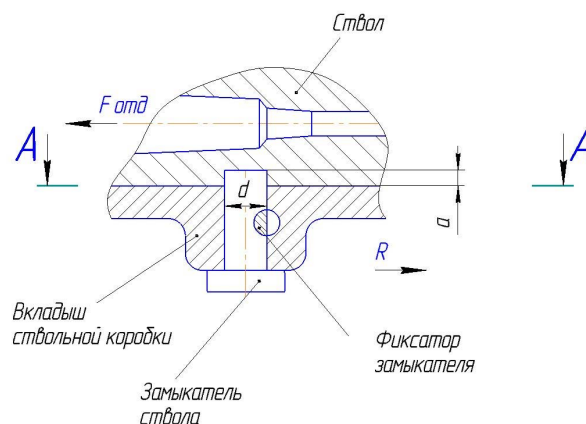


Рис. 3. Упрощенная схема крепления ствола

Fig. 3. The simplified barrel's mount scheme

Исходными данными для расчета замыкателя на срез являются:

$d_{\text{дн}} = 12 \text{ мм} = 0,012 \text{ м}$ – диаметр дна гильзы;

$P_{\text{дн}} = 350 \text{ МПа}$ – максимальное давление.

Необходимо рассчитать силу, которая стремится срезать замыкатель ствола в момент выстрела:

$$F_{\text{отд}} = P_{\text{дн}} S_{\text{дн}} = \\ = 350 \text{ МПа} \cdot (3,14 \cdot 0,012^2 \text{ м}^2 / 4) = 32 \text{ кН}.$$

Следующим шагом будет расчет допустимого напряжения $[\sigma] = \frac{\sigma_t}{n}$, где σ_t – предел текучести для стали 50РА по ГОСТ 4543–71, $\sigma_t = 800 \text{ МПа}$; n – коэффициент запаса прочности, $n = 1,5$:

$$[\sigma] = \frac{\sigma_t}{n} = \frac{800}{1,5} = 533,3 \text{ МПа}.$$

Используя допустимое напряжение, также можно рассчитать допустимое напряжение среза $[\tau_{\text{ср}}] = 0,6 \cdot [\sigma]$:

$$[\tau_{\text{ср}}] = 0,6 \cdot [\sigma] = 0,6 \cdot 533,3 = 320 \text{ МПа}.$$

Сила $F_{\text{отд}}$ стремится срезать замыкатель ствола по сечению А-А; требуется рассчитать необходимый диаметр замыкателя. Диаметр можно определить из уравнения

$$\frac{F_{\text{отд}}}{S} = \frac{F_{\text{отд}}}{(\pi d^2)/4} \leq [\tau_{\text{ср}}] \Rightarrow d \geq \sqrt{\frac{4F_{\text{отд}}}{\pi [\tau_{\text{ср}}]}} = \\ = \sqrt{\frac{4 \cdot 32 \text{ кН}}{3,14 \cdot 320 \text{ МПа}}} \approx 12 \text{ мм}.$$

Из расчета следует, что при применении ствола под патрон 5,45×51 мм замыкатель должен быть больше или равен 12 мм.

Также при выстреле замыкатель испытывает усилие смятия.

Необходимо проверить стенки отверстия на смятие. Сминаемая поверхность от усилия выстрела – это поверхность полуцилиндра высотой a . Распределения давления на эту поверхность нам неизвестно, оно зависит от зазора между замыкателем и соединяемыми деталями, неточности формы отверстия и штифта, материала самих деталей. С учетом этого напряжение смятия в стенках отверстия

$$\sigma_{\text{см}} = \frac{F_{\text{отд}}}{ad_{\text{замыкателя}}} = \frac{32 \text{ кН}}{0,006 \text{ м} \cdot 0,012 \text{ м}} = \\ = 444,44 \text{ МПа} \leq [\sigma_{\text{см}}].$$

Допустимое напряжение смятия $[\sigma_{\text{см}}] = 1,2 \cdot [\sigma]$:

$$[\sigma_{\text{см}}] = 1,2 \cdot 533,3 = 640 \text{ МПа}.$$

$\sigma_{\text{см}} \leq [\sigma_{\text{см}}]$ – условие выполняется.

Заключительный этап – определение кинетической энергии пули проектируемого патрона на дальностях до 300 м. Так как проектируемый патрон не изготавливался, и пуля патрона 7Нб работает на сверхзвуковых скоростях, в работах [9, 10] описана математическая модель расчета по упрощенным зависимостям, имеющим определенные погрешности расчета конечной скорости пули. Для определения внешнебаллистических параметров можно воспользоваться математической моделью, разработанной на кафедре «Стрелковое оружие» ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, описанной в [11]. Кинетическая

энергия пули на различных дальностях представлена в таблице, где V_0 – начальная скорость

пули; L – длина ствола; E – кинетическая энергия.

Кинетическая энергия поражающего элемента патрона 7Н6 и перспективного модульного образца
The damaging element's kinetic energy of the cartridge 7N6 and promising modular sample

Патрон/оружие	V_0 , м/с	L , мм	E , Дж		
			100 м	200 м	300 м
7Н6/АК-74М	900	415	1085	844	647
Опытный патрон 5,45×51/ модульное оружие	1156	500	1881	1502	1138

Анализ результатов и выводы

Таким образом, в ходе проведенного анализа было установлено, что разработанный патрон и модульное оружие в комплексе обеспечивают повышение кинетической энергии поражающего элемента в 1,7 раза, что значительно увеличивает вероятность поражения бронезащищенной цели.

Проведенный прочностной анализ показал возможность применения разработанной схемы крепления сменного ствола во вкладыше ствольной коробки с мощными патронами.

Следующий этап исследований – разработка конструктивных и технологических требований к модульному оружию с более подробным анализом возможностей применения тех или иных модулей и возможностями применения более мощных патронов.

Библиографические ссылки

1. Мартыненко О. В. Применение модульного принципа в конструкторско-технологической подготовке // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 12-4. С. 605–608.
2. Jarkko Pakkanen, Tero Juuti, Timo Lehtonen. Brownfield Process: A method for modular product family development aiming for product configuration. Design Studies. *The Interdisciplinary Journal of Design Research*, July 2016, vol. 45, part B, pp. 210-241.
3. Дмитриев С. Новые зарубежные образцы индивидуального стрелкового оружия // Зарубежное военное обозрение. 2011. № 3. С. 50–56.
4. Писарев С. А., Фархетдинов Р. Р., Мунбаев. Р. В. Анализ существующих образцов охотничьего стрелкового оружия модульной конструкции // Вестник ИжГТУ имени М. Т.Калашникова. 2017. Т. 20, № 3. С. 7–9.
5. Горст А. Г. Пороха и взрывчатые вещества. 3-е изд. М. : Машиностроение, 1972. 208 с.
6. Останин В. Е. Баллистика ракетных и ствольных систем (Внутренняя баллистика) для студентов специальности 17.01.02. Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2010. 50 с.
7. Бородин А. В., Пухарев В. Е. Решение задач баллистического проектирования стрелкового оружия. Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2009. 180 с.

8. Киносошвили Р. С. Сопротивление материалов. М. : Наука, 1975. 384 с.

9. Robert L. McCoy. Modern Exterior Ballistics. Schiffer Publ., 2012, 328 p.

10. Коновалов А. А., Николаев Ю. В. Внешняя баллистика. М. : ЦНИИ информации, 1979. 228 с.

11. Математическая модель движения неуправляемой пули в воздухе с силами сопротивления, заданными в виде аппроксимирующих функции / Б. А. Якимович, С. А. Писарев, Д. В. Чирков, И. В. Токарев // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2017. Т. 20, № 3. С. 9–12.

References

1. Martynenko O.V. [Application of the modular principle in design and technological training]. *Mezhdunarodnyi zhurnal prikladnykh i fundamental'nykh issledovaniy*, 2016, no. 12-4, pp. 605-608 (in Russ.).
2. Jarkko Pakkanen, Tero Juuti, Timo Lehtonen. Brownfield Process: A method for modular product family development aiming for product configuration. Design Studies. *The Interdisciplinary Journal of Design Research*, July 2016, vol. 45, part B, pp. 210-241.
3. Dmitriev S. [New foreign models of individual small arms]. *Zarubezhnoe voennoe obozrenie*, 2011, no. 3, pp. 50-56 (in Russ.).
4. Pisarev S.A., Farkhetdinov R.R., Minibaev R.V. [Analysis of existing models of hunting rifle modular design]. *Vestnik IzhGTU imeni M.T. Kalashnikova*, 2017, vol. 20, no. 3, pp. 7-9 (in Russ.).
5. Gorst A.G. *Porokha i vzryvchatye veshchestva* [Gunpowder and explosives]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1972, 208 p. (in Russ.).
6. Ostanin V.E. *Ballistika raketnykh i stvol'nykh sistem (Vnutrennyaya ballistika)* [Ballistics of Missile and Barrel Systems (Internal Ballistics)]. Izhevsk, IzhGTU Publ., 2010, 50 p. (in Russ.).
7. Borodin A.V., Pukharev V.Ye. *Resheniye zadach ballisticheskogo proyektirovaniya strelkovogo oruzhiya* [Ballistics of Missile and Barrel Systems (Internal Ballistics)]. Izhevsk, IzhGTU Publ., 2009, 180 p. (in Russ.).
8. Kinoshvili R.S. *Soprotivlenie materialov* [Strength of materials]. Moscow, Nauka Publ., 1975, 384 p. (in Russ.).
9. Robert L. McCoy. Modern Exterior Ballistics. Schiffer Publ., 2012, 328 p.
10. Konovalov A.A., Nikolaev Yu.V. *Vneshnyaya ballistika* [External Ballistics]. Moscow, Central Research Institute of Information, 1979, 228 p. (in Russ.).

11. Yakimovich B.A., Pisarev S.A., Chirkov D.V., Tokarev I.V. [Mathematical model of motion of an uncontrolled bullet in the air with resistance forces given in the form of approximating functions]. *Vestnik IzhGTU imeni M.T. Kalashnikova*, 2017, vol. 20, no. 3, pp. 9-12 (in Russ.).

On the Question of Possibility to Use a Modular Weapon's Design with a Promising Cartridge

S.A. Pisarev, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

R.V. Minibaev, Post-graduate, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

D.S. Romanov, Post-graduate, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

I.V. Tokarev, Post-graduate, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

L.A. Fitilev, Post-graduate, Kalashnikov ISTU, Izhevsk, Russia

The paper is devoted to the current topic of the modular's weapons development as a natural process of evolution of general engineering technical systems. This paper deals with the problem of using modular weapons with a promising cartridge with a higher power than the closest analogues. The main content of research is the determination of the optimal ballistic cartridge's parameters being investigated and parameters of the developed modular weapon, in particular: the barrel length, the liner's geometrical parameters, the maximum pressure, the bullet's initial velocity and the powder charge's mass. Considerable attention is paid to the strength calculation of the interchangeable barrel's mount and receiver as the most loaded part of small arms. The design scheme of fixing the barrel in the receiver is presented and the main fixing element dimensions are calculated according to strength conditions.

The last part of the paper presents the results of determining the kinetic energy of the designed cartridge bullet and the 7Н6 cartridge bullet in the software product developed at the Small Arms Department at Kalashnikov ISTU.

The conclusion presents the possibility of using promising cartridges with a higher power in the modular weapon scheme and the tasks are identified for the subsequent analysis and formation of requirements to modular weapon systems.

Keywords: modular design, changeable barrels, ammo, strength calculations.

Получено 17.04.2019

Образец цитирования

К вопросу возможности применения модульной конструкции оружия с перспективным патроном / С. А. Писарев, Р. В. Минибаев, Д. С. Романов, И. В. Токарев, Л. А. Фитилев // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2019. Т. 22, № 2. С. 33–38. DOI 10.22213/2413-1172-2019-2-33-38.

For Citation

Pisarev S.A., Minibaev R.V., Romanov D.S., Tokarev I.V., Fitilev L.A. [On the question of possibility to use a modular weapon's design with a promising cartridge]. *Vestnik IzhGTU imeni M. T. Kalashnikova*, 2019, vol. 22, no. 2, pp. 33-38 (in Russ). DOI 10.22213/2413-1172-2019-2-33-38.