

*А. В. Макеев<sup>1</sup>, А. А. Урсулов<sup>1\*</sup>*

## **Исследование аэродинамических характеристик пуль с усовершенствованной технологией сборки**

<sup>1</sup> Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск, Российская Федерация  
\* e-mail: 17anton1216@gmail.com

**Аннотация.** В работе представлены результаты поиска технологических решений проблемы попадания пороховых газов внутрь сборки пули. Рассматриваются три способа борьбы с данным явлением: полный профиль оболочки, усложнение профиля дна, снаряжение пули через головную часть. Наиболее эффективным и реализуемым является головное снаряжение, однако конструкционные особенности пуль такой сборки вызывают вопрос к их аэродинамическим характеристикам, что в ходе работ исследовалось как практическими, так и теоретическими методами.

**Ключевые слова:** пороховые газы, пуля, сборка, снаряжение, аэродинамические характеристики, давление, внутренняя баллистика, внешняя баллистика

*A. V. Makeev<sup>1</sup>, A. A. Ursulov<sup>1\*</sup>*

## **Research of Aerodynamic Characteristics of Bullets with Improved Assembly Technology**

<sup>1</sup> Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation  
\* e-mail: 17anton1216@gmail.com

**Abstract.** The paper presents the results of searching for technological solutions to the problem of powder gases getting inside the bullet assembly. We have considered three ways to combat this phenomenon: a full shell profile, a more complex bottom profile, and loading the bullet through the head. The most effective and feasible is the head equipment, however, the design features of bullets of such an assembly raise questions about their aerodynamic characteristics, which was studied in the course of the work by both practical and theoretical methods.

**Keywords:** powder gases, bullet, assembly, projectile, aerodynamic characteristics, pressure, internal ballistics, external ballistics

### ***Введение***

Для современной пулевой промышленности существует проблема попадания пороховых газов (ПГ) внутрь сборки пули. Данное явление вызывает возникновение ряда снижающих характеристики пули факторов: расширение конуса кругового вероятного отклонения как следствие рыскания [1]; вероятность деформации оболочки пули с изменением аэродинамических характеристик; вероятность того, что оболочка пули не выдержит прорвавшийся поток ПГ и разорвется на шрапнель. Как следует из перечисленного, стабильные характеристики

при существовании данной проблемы получить невозможно [2]. Это вызывает большие проблемы в области обеспечения боеприпасами высокоточных комплексов стрелкового вооружения.

### ***Описание проблемы и постановка задачи исследования***

Пороховые газы прорываются между оболочкой и свинцовой рубашкой (у двухкомпонентных пуль – свинцовым сердечником) (рис. 1). Данное явление обуславливается рядом причин: донное снаряжение, оставляющее проход пороховым газам внутрь сборки пули; наличие шероховатостей, являющихся потенциальными слабыми местами; наличие зазоров и мест со слабым прилеганием частей пули, существование которых вызвано, в свою очередь, операциями по формообразованию.

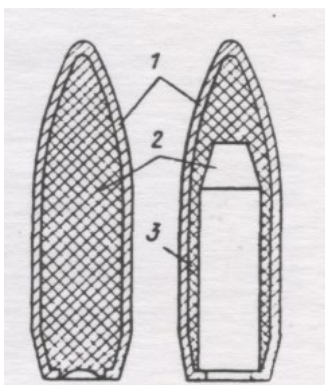


Рис. 1. Сечение двухкомпонентной и трехкомпонентной пули: 1 – оболочка; 2 – сердечник, 3 – рубашка

### ***Методы решения проблемы попадания пороховых газов внутрь сборки***

Бороться с попаданием ПГ внутрь сборки можно несколькими способами: усложняя сечение дна пули (рис. 2, а), однако такой вариант не решает проблему, а только снижает вероятность ее возникновения; можно перекрыть проход газов оболочкой, производя пули полного профиля оболочки (рис. 2, б) или снаряжая через головную часть (рис. 2, в).

Производство пуль полного профиля оболочки осложняется наличием специфических операций, не присущих пулевому производству, например, пайка, чем вызывает возрастание затрат на производство, что, в свою очередь, усложняет массовое производство. Головное снаряжение уже в малых масштабах применяется в производстве: 7н12 (СП-6) (рис. 3, а), 7н21 (рис. 3, б) и др., что говорит о возможности массового производства пуль такого типа. Однако у пуль головного снаряжения, не имеющих выходящего из оболочки сердечника, остается полость и отверстие, что вызывает вопрос об их влиянии на аэродинамические характеристики.

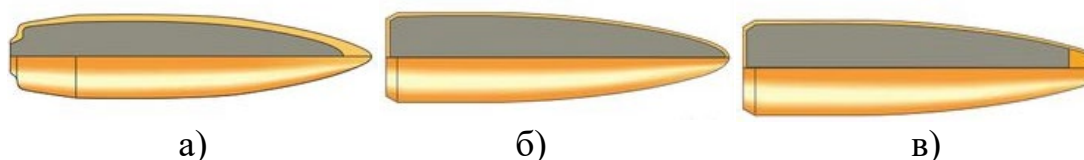


Рис. 2. Методы решения проблемы прорыва ПГ: а) усложнение дна пули; б) пуля полного профиля оболочки; в) головное снаряжение пули

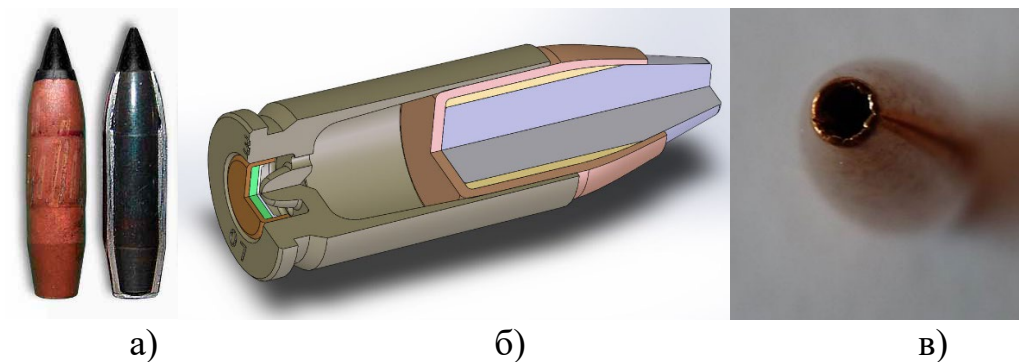


Рис. 3. Пули головного снаряжения: а) 7н12; б) 7н21; в) отверстие от снаряжения

### *Экспериментальная установка*

С целью исследования данного вопроса были изготовлены модели и макеты пуль, соответствующих формулам: НРВТ (hollow point boat tail – оболочечная пуля с задним конусом и полостью в головной части) (рис. 4, а) и FMJBT (full metal jacket boat tail – пуля с цельнометаллической оболочкой и задним конусом) (рис. 4, б) [3]. Макеты использовались для исследования в прямооточной аэродинамической трубе при ламинарном потоке воздуха (рис. 4, в).

### *Результаты и обсуждение*

Исследования в аэродинамической трубе показали неожиданный результат (табл. 1): пуля НРВТ имеет меньшую силу лобового сопротивления воздуха на малых скоростях. Это вызвало предположение о возникновении положительного эффекта создания области разреженного воздуха за носовой частью от вихря, возникающего в полости, образуемой при снаряжении. Для более подробного исследования течений воздуха в полости и для исследования характеристик пули на скоростях, приближенных к реальным (800–1000 м/с для пули калибра 8,61) [4–7], было использовано программное обеспечение (ПО) KompasFlow.

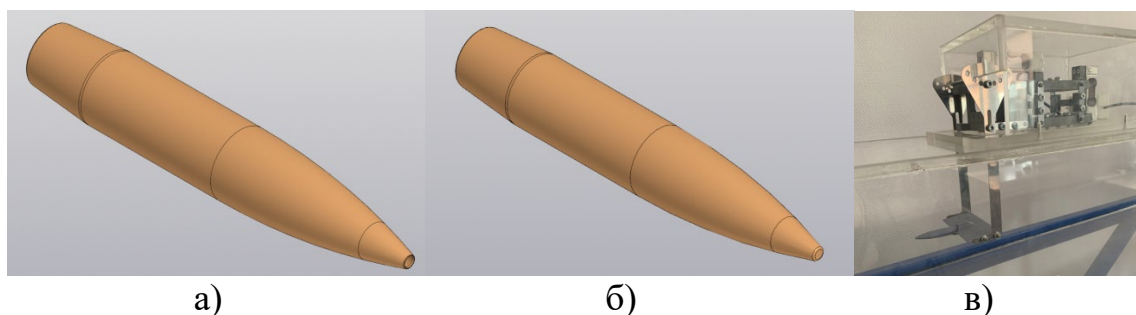


Рис. 4. Экспериментальные модели: а) 3D модель пуля НРВТ; б) 3D модель пуля FMJBT; в) макет, установленный на аэродинамических весах

Таблица 1

Результаты исследований в аэродинамической трубе

№	Частота, Гц	Сила лобового сопротивления, гс		$V_{э}$ , м/с
		НРВТ	FMJBT	
1	20	2	2	11,9
	25	2	3	14,0
	30	4	4	16,6
	35	2	5	19,9
	40	4	8	22,2
	45	7	11	26,3
2	20	1	2	11,9
	25	2	3	14,0
	30	3	4	16,6
	35	4	6	19,9
	40	4	7	22,2
	45	7	12	26,3

Результаты исследований в ПО KompasFlow представлены на рис. 5. Подтвержден вывод о меньшей силе лобового сопротивления НРВТ пули, что было следствием образования ареола повышенного давления перед вершиной пули (рис. 5, а), который уменьшал область прямого контакта пули с зоной повышенного давления по сравнению с FMJBT пулей (рис. 5, б).

**Заключение**

В ходе данной работы представлено технологическое решение проблемы прорыва пороховых газов в сборку пули. Выпонены аэродинамические исследования макетов образцов пуль с учетом конструктивных особенностей предлагаемой технологии изготовления НРВТ. Полученные результаты компьютерного моделирования и натурального эксперимента в аэродинамической трубе позволяют судить о перспективности применения данной технологии и выполнения дальнейших исследований по данной тематике.

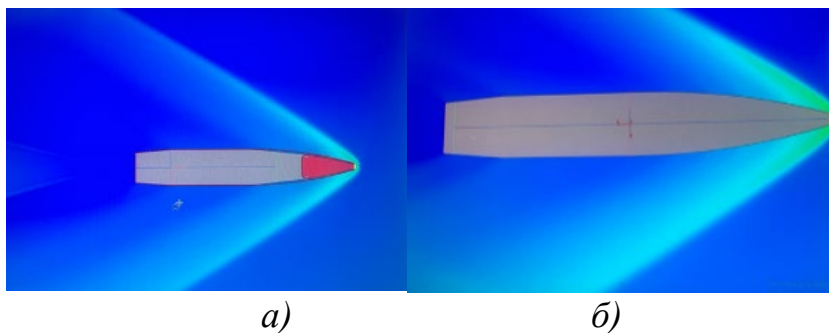


Рис. 5. Расчеты в KompassFlow: а) HPVT; б) FMJBT

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Захаренков, В. Ф. Внутренняя баллистика и автоматизация проектирования артиллерийских орудий : учебник / В. Ф. Захаренков. – Санкт-Петербург : БГТУ «Военмех» им. Д.Ф. Устинова, 2010. – 273 с. – ISBN 978-5-85546-580-8. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/64116> (дата обращения: 27.05.2024). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Знаменский, Е. А. Действие средств поражения и боеприпасов : учебное пособие / Е. А. Знаменский. – Санкт-Петербург : БГТУ «Военмех» им. Д.Ф. Устинова, 2010. – 94 с. – ISBN 978-5-85546-569-3. – Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/64111> (дата обращения: 27.05.2024). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Классификация пуль для стрелкового оружия // INGENERNYI информационный портал : сайт. – URL: <https://ingenernyi.info/oruzhie/1920-klassifikaciya-pul-dlya-strelkovogo-oruzhiya.html> (дата обращения: 01.02.2024).
4. ГОСТ Р 50530-93 ПАТРОНЫ К РУЧНОМУ ОГНЕСТРЕЛЬНОМУ ОРУЖИЮ, УСТРОЙСТВАМ ПРОМЫШЛЕННОГО И СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ Виды и методы контроля при сертификационных испытаниях на безопасность : дата введения 1993-07-01. – Москва : Госстандарт России, 1995. – 89 с.
5. Чурбанов Е.В. Внутренняя баллистика: учебник. – Л.: Военная артиллерийская академия им. М.И. Калинина, 1975. Текст : непосредственный.
6. Гуськов А.В., Милевский К.Е., Сотенко А.В. Внешняя баллистика: учеб. пособие. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2010 Текст : непосредственный.
7. Баллистика ствольных систем / РАРАН; В.В. Бурлов и др.; под ред. Л.Н. Лысенко и А.М. Липанова. – М.: Машиностроение, 2006. – 461 с.

© А.В. Макеев, А.А. Урсулов, 2024