

УДК: 629.76

**ПЕРВОЕ ТВЁРДОЕ РАКЕТНОЕ ТОПЛИВО
И ПЕРВЫЙ АКТИВНО-РЕАКТИВНЫЙ СНАРЯД**
**THE FIRST SOLID ROCKET FUEL AND THE FIRST
ACTIVE-ROCKET PROJECTILE**

Почетный член РАРАН А.М. Липанов

Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН

А.М. Lipanov

В работе рассказано об использовании пороховых ракет в России в XIX-ом веке и о работах по созданию твёрдотопливных ракет как до 1921-го года, так и о работах в этом направлении, в созданной в марте 1921-го года газодинамической лаборатории. Показано, что после переезда лаборатории в Петроград в 1923-ем году за четыре года были созданы: и твёрдое топливо (пироксилиновотротиловый порох (ПТП)), и технология получения зарядов на его основе, и твёрдотопливные двигатели с зарядами всестороннего горения из ПТП. В 1928-ом году на их основе был создан и успешно испытан активно-реактивный снаряд.

Ключевые слова: порох, ракета, твёрдое ракетное топливо, твёрдотопливный ракетный двигатель, активно-реактивный снаряд.

The work tells about the use of powder rockets in Russia in the 19th century and about the work on the creation of solid-fuel rockets both before 1921, and about work in this direction in the gas-dynamic laboratory created in March 1921. It is shown that after the laboratory moved to Petrograd in 1923, in four years the following were created: both solid fuel (pyroxylinotrotyl powder (PTP)), and technology for producing charges based on it, and solid fuel engines with all-round combustion charges from PTP. In 1928, on their basis, an active-rocket projectile was created and successfully tested.

Keywords: gunpowder, rocket, solid propellant, solid rocket engine, active-rocket projectile.

Пороховые ракеты в России используют давно. Достаточно вспомнить «Дубровского» А.С. Пушкина (1799–1837), где написано, как в усадьбе помещика Троекурова для увеселения гостей запускали ракеты, то есть устраивали с помощью ракет фейерверки [1]. Для такого мероприятия, как фейерверки, тогдашние ракеты вполне годились, разлетаясь «по своему усмотрению» в разные стороны. Для организации фейерверков прицельная стрельба не требовалась.

А вот другой пример, где требовалась прицельная стрельба. Л.Н. Толстой (1828–1910), который служил в ракетном подразделении, пишет,

как они стреляли в турок ракетами [2]. В ту пору проблема обеспечения устойчивости полёта ракеты решена не была. Поэтому, разогнавшись на направляющей, ракета летела сначала в сторону турок, а потом, нередко, разворачивалась и летела к русским окопам. Солдаты говорили: «Этими ракетами надо турок вооружить и пусть они стреляют ракетами в нас, а попадают в своих».

При создании ракет той поры в качестве топлива использовался дымный ружейный порох (ДРП). Частицы (зёрна) этого пороха пористые и после воспламенения (вследствие проникновения пламени в поры) разрушаются. Этот процесс

имеет случайный характер и разрушение зёрен происходит в разное время и в несколько этапов. В результате время горения частиц пороха оказывается нестабильным, как и максимальное давление пороховых газов в камере сгорания. Только по этой причине ракеты имели большой разброс по дальности полёта, не говоря уже об устойчивости их полёта. Но тогда других вариантов при изготовлении ракет не было.

Справедливости ради надо сказать, что при стрельбе по большим площадям (например, по городу за крепостной стеной) их использование было вполне эффективным. Ракеты были мобильнее пушек, которые стреляли, используя тот же ДРП. Поэтому в горах больше применяли ракеты, чем артиллерию.

Ситуация резко изменилась, когда в 1884 году французский учёный Поль Мари Эжен Вьель (Paul Marie Eugene Vieille) изготовил и испытал бездымный порох [3, 4]. В отличие от дымного он состоял, в основном, из пироксилина (нитро-клетчатка с 15,5% азота) и при горении не образовывал дыма. При изготовлении этого пороха в качестве растворителя пироксилина использовался полиэфир, который потом из пороховых частиц испарялся. Дело в том, что время сгорания заряда при артиллерийском выстреле составляет величину порядка $n \cdot 10^{-4}$ с, где $n = 3 - 5$.

Поэтому толщина пороха (двойной горящий свод) (рис. 1), который должен сгореть при распространении пламени с двух сторон не превышает десятых долей миллиметра. Из экспериментальных данных следует, что через такую стенку молекулы полиэфира свободно диффундируют, не нарушая структуру пороховых частиц, или конструктивных элементов (КЭ) порохового за-

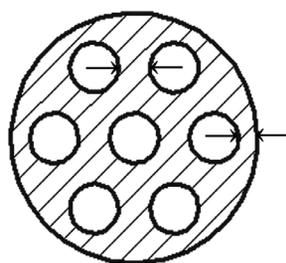


Рис. 1. Поперечное сечение 7-ми канального порохового конструктивного элемента.

Расстояние между вершинами стрелок $\rightarrow \leftarrow$ — двойной горящий свод; незаштрихованные круги — каналы; заштрихованная часть поперечного сечения — порох

ряда. Создаваемые при диффузии молекул полиэфира поры не велики. Их поперечный размер не превышает десятков нанометров. В такие поры пламя не проникает. Кроме пироксилина и эфира в состав бездымного пороха входят: стабилизатор его свойств, например, дифениламин, а также технологические добавки. Бездымный порох горит по нормали к поверхности горения. Если нарисовать поперечное сечение цилиндрического КЭ (рис. 2), то пламя будет распространяться вдоль диаметров навстречу друг другу, сохраняя КЭ круглым цилиндрическим. В этом случае говорят, что порох горит параллельными (точнее эквидистантными) слоями. При таком сгорании бездымного пороха время горения и максимальное давление в орудии прогнозируются значительно лучше, а точность стрельбы значительно выше. Поэтому артиллеристы во всём мире перешли на использование бездымного пороха и вытеснили ракеты на ДРП. Ракетные подразделения в русской армии исчезли.

Но идея создания пороховых ракет в умах учёных жила. Здесь же следует сказать, что в России помимо бездымного пороха, изготавливаемого с применением полиэфира, используемого в качестве растворителя пироксилина, по предложению члена-корреспондента Петербургской академии наук Д.И. Менделеева [5] в 1891 году начали изготавливать бездымный порох на нелетучем растворителе — нитроглицерине. Он назывался пироколлодий и был мощнее, чем бездымный порох на основе полиэфира или спиртоэфирной смеси. Пироколлодий использовали для стрельбы из морских артиллерийских систем.

Возвратимся, однако, к ракетам. Революционер-народоволец Н.И. Кибальчич (1853–1891) пе-

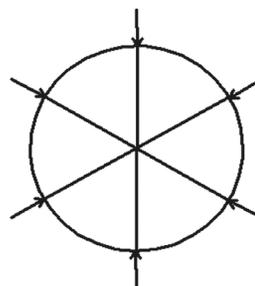


Рис. 2. Поперечное сечение бесканального порохового конструктивного элемента.

Стрелками \rightarrow — указаны направления распространения пламени по нормали к поверхности конструктивного элемента

ред своей казнью предложил конструкцию твёрдотопливной ракеты для межпланетных перелётов. Предложение Н.И. Кибальчица было опубликовано только в 1918 году в журнале «Былое» № 4, 5 после победы Октябрьской революции. Николай Иванович, находясь в тюрьме, не знал о создании бездымного пороха и свою ракету «видел» с двигателем на дымном порохе, спрессованные зёрна которого горели бы эквидистантными слоями.

Спустя 16 лет, в 1897 году другой русский учёный К.Э. Циолковский (1857–1935) получил формулу о величине приращения скорости движения ракеты в результате её полёта на активном участке [6]. Эта формула годится как для твёрдотопливных, так и для жидкостных ракет.

Профессор Петербургского политехнического института И.В. Мещерский (1859–1935) в 1904 году получил знаменитое уравнение Мещерского, или уравнение движения точки переменной массы в общем случае [7]. Результаты, полученные И.В. Мещерским и К.Э. Циолковским, явились важной основой для выполнения проектных исследований в последующем.

В 1912 году Воловский Иван Валентинович вице-директор Путиловского завода в Санкт-Петербурге предложил конструкцию системы залпового огня, состоящую из блока труб, для стрельбы твёрдотопливными ракетами и получил патент [8]. Это был первый вариант системы залпового огня, выполненный автором по собственной инициативе, то есть без заказа вышестоящей, например, государственной организации. Поэтому он был выполнен без подробной проработки конструкции ракет и их двигателей.

В это же время русский учёный-химик Тихомиров Николай Иванович (1859–1930) запатентовал конструкцию твёрдотопливной торпеды — ракеты, а в 1915 году он получил патент на реактивный летательный аппарат в воздухе [9].

Проф. Михайловской академии в Санкт-Петербурге Граве Иван Платонович (1874–1960) в 1916 году предпринял попытку создать для ракетного твёрдотопливного двигателя заряды из бездымного пороха, имеющие горящий свод в несколько сантиметров. Достаточно большой горящий свод необходим, если стрелять ракетой на большие расстояния. По заказу И.П. Граве было изготовлено несколько цилиндрических одноканальных шашек с большим сводом. Полиэфир, который после изготовления шашек должен был

улетучиться из них, диффундируя, начал образовывать кластеры, которые объединяясь стали в толще пороха создавать полости и деформировать шашки, нарушая их целостность. Стало ясно, что по этой технологии изготавливать шашки для ракет нельзя.

Тогда Иван Платонович заменил летучий растворитель пироксилина на не летучий и снова изготовил несколько цилиндрических шашек с достаточно большим горящим сводом. В этом случае шашки сохраняли свои размеры, а топливо — свои свойства. Основываясь на этих результатах, И.П. Граве разработал систему залпового огня, состоящую из совокупности желобов, вдоль которых должны были стартовать твёрдотопливные ракеты [10]. Предложение засекретили, но в практику оно не пошло. Это было второе инициативное предложение по созданию системы залпового огня, на которое автор получил патент (верно, через 10 лет), не поддержанное «сверху». Оба предложения и И.В. Воловского, и И.П. Граве опередили время и поэтому не были приняты для дальнейшей конструкторской проработки.

В 1919 году Н.И. Тихомиров обратился к Главе Правительства России В.И. Ленину (1870–1924) с предложением создать опытно-конструкторскую лабораторию для реализации его патентов. В 1919 году было не до создания такой лаборатории, а вот в 1921 году (первого марта), когда Гражданская война практически заканчивалась, лабораторию для реализации изобретений Н.И. Тихомирова создали [11, 12]. Государство для организации лаборатории выделило штаты и финансирование, несколько позднее и подходящие помещения.

Можно сказать, что все относящиеся к ракетной технике события до этой даты были доисторическими. Настоящая история по созданию ракетной техники началась после этой даты.

Итак, ракетное опытно-конструкторское учреждение было создано. Но, чтобы создать ракету, нужно было топливо. Лаборатория первоначально находилась в Москве, на Красной Пресне в подвале жилого дома. Такое место мало подходило для работ со взрывчаткой, пиротехникой и порохом. Коллеги из Петрограда предложили занять часть казематов Петропавловской крепости. Эти помещения больше подходили для производства опытных работ и Н.И. Тихомиров с многочисленными сотрудниками в 1923 году пе-

реехал в Петроград. К тому же там находились: Михайловская артиллерийская академия и отраслевой научно-технический институт (ГосИТИ), с которыми Н.И. Тихомиров уже установил связи. Вскоре (в 1925 году) после переезда лаборатории в Петроград профессор Михайловской академии Броунс Сергей Александрович (1861–1933) предложил оригинальную твёрдотопливную композицию, состоящую из пироксилина и тротила. Тротил выступал в качестве растворителя пироксилина и не был летучим. По договору с лабораторией Н.И. Тихомирова, а её с 1928 года стали называть ГДЛ (газодинамической лабораторией), ГосИТИ отработал технологию производства такого топлива. Его, верно, по традиции продолжали называть порохом (пироксилино-тротильный порох, или ПТП), но это было именно топливо, из которого можно было изготавливать шашки любых размеров при как угодно большом горящем своде. Термин «твёрдое топливо» прижился намного позднее. Уже после 2-ой мировой войны, когда вперёд вышли жидкостные ракеты на жидком, именно, топливе, твёрдое тоже стали называть топливом. И это верно, так как природа компонентов в порохе и в топливе разная. Их роднит только то, что и порох, и топливо твёрдые.

Патент на новую композицию (ПТП) получили сотрудники ГосИТИ: О.Г. Филиппов (1877–1941), С.А. Сериков (1886–1937), М.Е. Серебряков (1891–1974), Д.А. Вентцель (1898–1965). Топливо хорошо хранилось и состояло: из пироксилина (76 %) тротила (23,5 %) и централинта — стабилизатора (0,5 %). Это было первое в мире твёрдое ракетное топливо для ракетных твёрдотопливных двигателей, реально использованное на практике.

Пока отработывали технологию получения ПТП, сотрудник лаборатории И.И. Кулагин (1902–1996) предложил и испытал полупромышленную технологию изготовления твёрдотопливных шашек (круглых цилиндров с одним каналом). Для получения таких шашек топливную массу укладывали в толстостенный стальной стакан, закрывали прочной стальной крышкой и жёстко фиксировали её относительно стенок стального стакана. Получалась прессформа. Крышка в центре имела отверстие, в которое вставлялся стальной стержень. Под воздействием пресса он углублялся в топливную массу, раздвигая её в радиальном направлении. Про-

цесс прессования продолжался, пока стержень не достигал дна стального стакана. После этого прессформу выдерживали некоторое время и потом разбирали. Силовые и геометрические параметры были выбраны такими, что позволяли получать одноканальные шашки, длина которых составляла 2,5 их наружного диаметра (калибра). При этом диаметр канала составлял одну четвертую часть величины калибра шашки.

В одних помещениях казематов Петропавловской крепости работали сотрудники лаборатории, в других — готовили твёрдотопливные шашки. Научились изготавливать из стали небольшие двигатели с одним соплом и фиксировать их на специальном стенде. В наименьший из таких двигателей помещалась одна шашка и поджигалась. Шашка, изготовленная по описанной технологии, нормально сгорала. Испытания проводили тут же в Петропавловской крепости, развлекая и пугая горожан, находящихся за крепостной стеной, громким свистом истекающих из сопла продуктов сгорания твёрдого топлива. Величину минимального сечения сопла находили из условия баланса между приходом продуктов сгорания и их расходом методом проб и имеющегося международного опыта. Такой опыт был, в частности, у шведского учёного Лавала, автора сопла с не монотонным (с минимумом) профилем для истечения водяного пара.

В двигателях больших размеров шашки стали укладывать в несколько ярусов по семь штук в каждом ярусе (рис. 3). При этом каналы шашек между ярусами строго совмещали. Ближайший к соплу ярус шашек опирали на решётку. Получался многошашечный и многоярусный заряд из твёрдого топлива. В частности, испытали четырёх ярусный заряд по семь шашек в каждом ярусе. Заряд, в этом случае, состоял из 28-и шашек (рис. 3).

Наступал этап лётных испытаний. Часть сотрудников лаборатории стала трудиться и в Петропавловской крепости, и на полигоне в Луге.

Мы помним слова Л.Н. Толстого о неустойчивом полёте ракет в XIX-ом веке. Эта проблема волновала и сотрудников лаборатории. С этой целью они в окрестности сопловой части ракеты делали утолщение, выступающее за поперечные габариты ракеты (рис. 3). Оно имело такой же вид, как ведущий поясок снаряда после его вылета из ствола. Использовать стабилизаторы, значительно выходящие за поперечные габариты

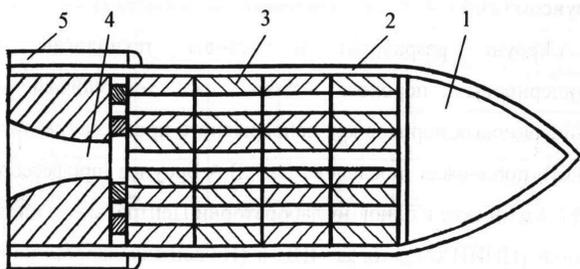


Рис. 3. Продольное сечение РС-82 (разработки до 1933 года): 1 — боевая часть; 2 — стенка корпуса двигателя; 3 — заряд твердого топлива (ПТП) (заряд из ПТП был 28-шашечным, по 7 шашек в ярусе и состоял из 4-х ярусов, шашки всестороннего горения. Заряд был тождественен заряду для 82-х мм АРСа); 4 — сопло; 5 — стабилизатор

ракеты, научились только в середине 1933 года (автор идеи инженер-пиротехник В.А. Артемьев (1885–1962)). Поэтому до той поры ракеты пускали с такими псевдо стабилизаторами.

В 1927 году исполнилось шесть лет, как лаборатория была создана, и четыре года — после переезда в Ленинград. Сроки для нового научно-технического направления ничтожные, но в военном ведомстве, которому лаборатория подчинялась, озаботились тем, верно ли тратят народные деньги, пугая при этом жителей города. После очередного годовичного отчёта от Н.И. Тихомирова потребовали проведения демонстрационных испытаний. Нужно было решить, как эффективно продемонстрировать свои результаты. И вариант был найден [12]: провести показательные стрельбы. Командование предложение приняло. Стрельбы решили провести на полигоне в Луге в марте 1928 года.

Запланировали два вида стрельб из миномёта: минами и активно-реактивными снарядами, имеющих, практически, одинаковые массы. Ракетчики, при этом должны были научиться воспламенять ракетный двигатель на траектории. Они это сумели сделать и проверить экспериментально.

И вот наступил март 1928 года. Из Москвы в Лугу приехала авторитетная комиссия. Взвесили ракеты, имеющие калибр 82 мм, и мины. Убедились в практическом равенстве их начальных масс (22 кг и 20,7 кг, соответственно). Сначала стреляли минами. Они летели на расстояние примерно 250 метров.

После этого начали стрелять ракетами под тем же углом наклона миномёта к горизонту в

45 градусов. Вместе с воспламенением заряда миномёта для выброса ракеты из его ствола зажигали и «пускач» (вариант бикфордова шнура), который заканчивал своё горение уже на траектории и воспламенял заряд ракетного двигателя. Все ракеты улетели на расстояние примерно 2500 метров или в 10 раз дальше, чем мины с той же начальной массой. Эффективность действия реактивной силы была доказана. По результатам лётных испытаний был составлен и официально утверждён отчёт. Комиссия уехала в хорошем настроении. Военные из Москвы убедились, что народные деньги тратятся не зря.

Так? за какие-то четыре года были созданы: и первое в мире твёрдое ракетное топливо, и первый в мире активно-реактивный снаряд.

Литература

1. Пушкин А.С. Дубровский, книга написана в 1833г., издана — в 1841 г. в — СПб.
2. Толстой Л.Н. Собрание сочинений в 22 томах. — М.: Художественная литература. 1978–1985.
3. Bibliotheque nationale de France, идентификатор BNF, платформа открытых данных/ 2011.
4. Вьель П. Энциклопедический словарь Брокгауза и Ефрона в 86 томах (82 т. и 4 доп.), — СПб. 1890–1907.
5. Летопись жизни и деятельности Д.И. Менделеева. — Л. Наука. 1989. С. 313.
6. Циолковский К.Э. Исследование мировых пространств реактивными приборами, 1903.
7. Космодемьянский А.А. Научная деятельность Ивана Всеволодовича Мещерского, в книге «И.В. Мещерский, Работы по механике тел переменной массы», Изд. 1-е. — М. ГИТТЛ. 1949. С. 9–25.
8. Соколовский. Ракеты на твёрдом топливе в России. — М. Издательство АН СССР. 1983.
9. Космонавтика В.Н., Энциклопедия. 1985. 398 с.
10. Большая Советская энциклопедия. — М.: Издательство Советская энциклопедия. 1949–1958.
11. Заявление Н.И. Тихомирова в Центральную производственно-техническую комиссию ВСНХ от 14. 06. 1920, РГАЭ, ф. 3429, оп. 7, ед. хр. 413, лл. 5, 6, 7.
12. Киселёв А. М. Дело огромной важности. — М.: Издательство ДОСААФ СССР. 1983. 96 с.