

УДК 623–1/–8

doi: 10.53816/23061456_2025_5–6_91

**НЕОБХОДИМЫЕ УСЛОВИЯ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ПРОЧНОСТЬ
ОТДЕЛЬНЫХ ЧАСТЕЙ СРЕДСТВА СКОВЫВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ,
ВЫПОЛНЕННЫХ ИЗ ПОЛИАМИДА**

**NECESSARY CONDITIONS TO ENSURE THE STRENGTH OF INDIVIDUAL
PARTS OF THE MOTION RESTRAINT MADE OF POLYAMIDE**

Канд. техн. наук С.Н. Коломиец, С.А. Козлов

Ph.D. S.N. Kolomiets, S.A. Kozlov

НПО «СТuС» МВД России

Авторами предложена конструктивная схема устройства для метания сети с полиамидным раструбом однократного применения с находящимся в нем метательным патроном с электрическим капсюлем-воспламенителем. Рассматриваются необходимые условия, обеспечивающие достаточную прочность ствола раструба при выстреле. Для изготовления отдельных деталей устройства и корпуса раструба предлагается использовать полиамид с достаточно высокими прочностными характеристиками и незначительной массой в сравнении с металлом. При этом учитывается, что при выстреле ствол раструба и другие детали устройства будут испытывать значительную деформацию под действием максимального давления пороховых газов. Проведен расчет прочности отдельных деталей устройства. Получены приемлемые расчетные значения характеристик прочности деталей, изготовленных из полиамида, сделан вывод о возможности использования выбранного материала.

Ключевые слова: пусковое устройство, раструб, узел запираания, боевой упор, полиамид, давление, деформация, прочность.

The authors propose a design scheme of a device for throwing a net with a single-use polyamide bell with a propelling cartridge in it with an electric primer-igniter. The necessary conditions are considered that ensure sufficient strength of the bell barrel when fired. For the manufacture of individual parts of the device and the bell body, it is proposed to use polyamide with sufficiently high strength characteristics and insignificant weight in comparison with metal. It is taken into account that when fired, the bell barrel and other parts of the device will experience significant deformation under the action of the maximum pressure of powder gases. The strength of individual parts of the device is calculated. Acceptable calculated values of the strength characteristics of parts made of polyamide are obtained and a conclusion is made on the possibility of using the selected material.

Keywords: starting device, bell, locking unit, combat stop, polyamide, pressure, deformation, strength.

Средство сковывания движения является одним из видов специальных средств, определенных Федеральным законом Российской Федерации от 7 февраля 2011 года № 3-ФЗ «О полиции» [1].

В настоящее время на вооружении органов внутренних дел Российской Федерации находится лишь один тип средства сковывания движения — это изделие «Невод» (устройство для

метания сети), которое состоит из пускового устройства и раструба конической формы, во внутренней полости которого уложена сеть и 16 металлических грузиков. Раструб имеет резьбовое соединение с патронником-вкладышем, в котором размещается строительно-монтажный патрон МПУ-1 [2].

При срабатывании патрона МПУ-1 грузики после вылета из корпуса раструба расправляют сеть в виде купола, которая, встречая на своем пути правонарушителя, охватывает его и запутывается на нем.

Однако изделие «Невод» имеет существенные недостатки, влияющие на безопасность и эффективность его применения.

Так, несмотря на то, что сеть можно многократно использовать, уложив ее в раструб, процесс ее укладки достаточно сложен и требует не менее 40 мин, а в случае ее неправильной укладки при повторном применении изделия «Невод» сеть может не раскрыться, и в этом случае металлические 10-граммовые грузики цилиндрической формы, длиной 50 мм и диаметром 3 мм, вместе с комком сети могут нанести правонарушителю тяжкий вред здоровью (ранение), так как используемый в устройстве патрон МПУ-1 калибра 10×36 мм имеет мощность порохового заряда 1644 Дж [3]. Кроме этого, изделие «Невод» имеет значительную массу (около 2 кг), большие усилия взведения ударного механизма и нажатия на пусковую клавишу, а после выстрела возможно заклинивание гильзы патрона МПУ-1 из-за раскрытия завальцовки.

Для исключения указанных выше недостатков авторами данной статьи предложена конструктивная схема устройства для метания сети с полимерным раструбом однократного применения с унитарным метательным патроном и уложенной в нем сетью (рис. 1).

Пусковое устройство 1 имеет внутреннюю полость (дно), являющуюся упором для дна гильзы унитарного метательного патрона 9. Для обеспечения надежного запирания унитарного метательного патрона при выстреле, при действии максимального давления пороховых газов на стенки ствола камеры высокого давления 13 и дно гильзы, в устройстве предусмотрен узел запирания, состоящий из внутренней полости дна корпуса металлического пускового устройства, с находящимся на его стенке боевым выступом, и продольным Г-образным пазом, заканчивающимся упором (выемкой) в стенке раструба.

Быстроразъемное соединение предусматривает наличие продольного Г-образного паза с упором (выемкой) в стенке раструба и боевого выступа 2 в стенке корпуса пускового устройства 1.

Прочность узла запирания обеспечивается пределом прочности материала стенок полимерного раструба и боевого выступа.

Пусковое устройство (ПУ) имеет электрическую схему пускового механизма инициирования капсюля-воспламенителя унитарного метательного патрона. При этом электрический заряд подается с аккумулятора 4, расположенного в рукоятке пускового устройства 3 по электрическим

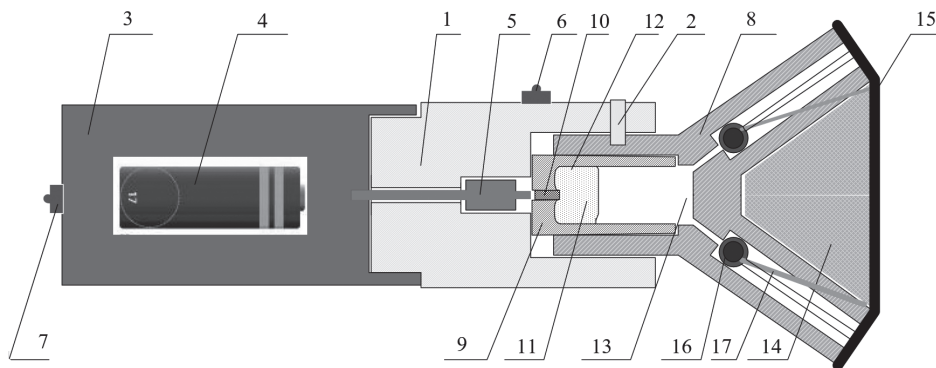


Рис. 1. Устройство для метания сети с полимерным раструбом однократного применения с сетью:
1 — корпус пускового устройства; 2 — металлический боевой выступ; 3 — рукоятка пускового устройства с аккумуляторным отсеком; 4 — аккумулятор; 5 — электрическая контактная группа пускового механизма; 6 — кнопка «Пуск»; 7 — предохранительный выключатель; 8 — стволы полимерного раструба; 9 — унитарный метательный патрон; 10 — электрический капсюль-воспламенитель; 11 — пороховой заряд; 12 — зарядная камера метательного патрона; 13 — камера высокого давления; 14 — полотно сети; 15 — крышка; 16 — травмобезопасные грузики; 17 — эластичные стропы

проводам на электрическую контактную группу 5 через кнопку «Пуск» 6 и предохранительный выключатель 7. Электрическая схема пускового механизма инициирования капсюля-воспламенителя унитарного метательного патрона позволяет значительно сократить время приведения устройства к отстрелу сети, так как не требует затрат времени на ручное взведение ударно-спускового механизма механического типа и его спуска в существующем прототипе.

Все стволы в корпусе раструба соединены с камерой высокого давления 13. Полотно сети 14 уложено во внутренней полости раструба и закрыта крышкой 15. Грузики 16 уложены на дно стволов 8 раструба и фиксируются за счет упругой их посадки, закреплены эластичными стропами 17, которые проходят через специальные пазы в стволике и фиксируются с концами сети 14. Оптимальная длина паза от дульной части составляет $1/3$ длины стволика. Наиболее оптимальной является длина стропа, равная 3 диаметрам раструба.

Рукоятка пускового устройства 3, изготовленная из высокопрочной полимерной пластмассы — полиамида марки TECAMID 6 (ПА 6), методом литья под давлением, позволяет без дополнительных действий по взведению и спуску ударно-спускового механизма осуществлять инициирование капсюля-воспламенителя 10 метательного патрона 9 от электрического разряда, передаваемого от аккумулятора 4 через контактную группу 5, предохранительный переключатель 7 и кнопку «Пуск».

Боевой выступ 2 обеспечивает быстрое присоединение и фиксацию полимерного раструба 8 и корпуса пускового устройства 1, а также надежное запираение унитарного метательного патрона 9. Соединение указанных элементов конструкции происходит путем совмещения боевого выступа на пусковом устройстве с продольным Г-образным пазом на поверхности корпуса полимерного раструба и дальнейшим его поступательным движением при действии усилия руки вперед с последующим поворотом на 90 градусов до упора с целью фиксации.

Грузики 16 круглой формы имеют оболочку из полимерного пенного материала толщиной меньше радиуса грузика, которая снижает их травматическое действие, обеспечивает их фиксацию в стволиках за счет их упругой посадки и обтюра-

цию пороховых газов в стволиках при выстреле. Также грузики имеют сквозные центральные отверстия, через которые происходит их соединение посредством эластичных строп с концами сети, через продольные пазы в стенках стволиков.

При этом упругий пенный материал обеспечивает безопасность и обтюрацию пороховых газов в стволиках при выстреле.

Для отстрела сети из указанного устройства могут быть использованы различные по мощности метательные патроны, такие как строительно-монтажные патроны различных типов, а также охлажденные патроны пистолета бесствольного ПБ-4СП.

При изготовлении корпуса раструба и ручки ПУ из полиамида TECAMID 6 (ПА 6), имеющего высокую механическую и ударную прочность, а также хорошие характеристики демпфирования и свойства скольжения, должна быть обеспечена прочность отдельных частей устройства — корпуса ствола раструба, узла запираения ПУ и боевого упора на нем.

При переходе с одного типа метаемого патрона на другой тип необходимо проведение расчета на прочность указанных выше отдельных и наиболее нагруженных максимальным давлением частей устройства, в связи с тем что меняется максимальное давление $P_{\max}$ в канале ствола и масса метаемого элемента.

В дальнейшем авторами предлагается методика расчета на прочность отдельных высоконагруженных элементов пускового устройства и раструба с находящимся внутри него холостым метательным патроном пистолета бесствольного ПБ-4СП. Для подтверждения необходимых условий, при которых указанные отдельные части устройства выдерживают возникающее максимальное давление пороховых газов в гильзе метательного патрона 18×45ТП при выстреле, требуется проведение расчета их прочности.

Основные физико-химические и диэлектрические свойства полиамида марки TECAMID 6 (ПА 6) представлены в табл. 1 [4].

Расчет прочности корпуса ствола раструба

Расчет на прочность корпуса ствола раструба внешним диаметром d_2 и внутренним диаметром d_1 (рис. 2) проводился по второй теории прочности (Ламе — Гадолина), которая нашла

Таблица 1

Физико-механические и диэлектрические свойства полиамида ПА 6

Показатель	Значение
Плотность, г/см ³	1,13–1,14
Температура плавления, °С, не ниже	215
Предел текучести при растяжении, МПа, не менее	65
Твердость, МПа, не менее	100
Модуль упругости при изгибе, ГПа	1,9–2,0
Разрушающее напряжение при изгибе, МПа	60–70
Разрушающее напряжение при растяжении, МПа, не менее	50
Прочность при разрыве, МПа	56–65
Динамический модуль Юнга, МПа	22·10 ²
Электрическая прочность, кВ/мм	21–23
Температура морозостойкости, °С	минус 45

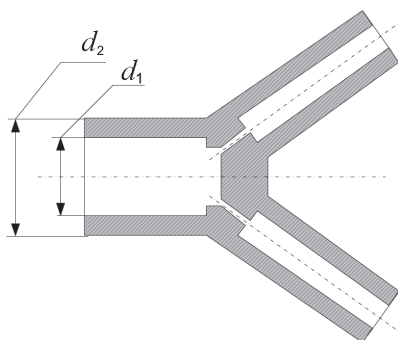


Рис. 2. Конструкция ствола раструба

широкое применение при расчете стволов стрелкового оружия у нас в стране и за рубежом, так как учитывает сложнапряженное состояние стенок ствола. Основные механические характеристики материала ствола раструба приведены в табл. 2. За характеристику принималась наибольшая из нормальных деформаций ε_i [5].

Таблица 2

Механические характеристики материала ствола раструба

Материал ствола раструба	Механические свойства (не менее)			
	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ	ψ
	МПа		%	
ПА 6	48	50	10–12	45–50

Для ствола (моноблока) раструба наибольшей является тангенциальная деформация на внутренних поверхностях патронника. Поэтому условие прочности в общем виде будет определяться максимальной радиальной деформацией стенок патронника ствола раструба при выполнении условия для ствола с жестким запиранием через винтовой штифт запорного механизма:

$$E \times \varepsilon_i \leq [\sigma],$$

где E — модуль упругости первого рода материала ствола — полиамида ПА 6;

ε_i — тангенциальная (нормальная) деформация стенок патронника ствола;

$[\sigma]$ — предел прочности (допускаемое напряжение) для стенок материала ствола раструба;

$$\frac{1}{3} P_{\max} \frac{4r_2^2 + r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} \leq [\sigma],$$

где $P_{\max}$ — максимальное давление в канале ствола раструба;

r_1 — внутренний радиус патронника;

r_2 — наружный радиус патронника ствола раструба.

Расчетные характеристики прочности корпуса ствола раструба представлены в табл. 3.

Расчет прочности узла запирания ПУ

При выстреле из ствола раструба метательным патроном 18×45ТП прочность стенок гильзы патрона будет обеспечиваться высокой жесткостью узла запирания корпуса ПУ и прочностью стенок его патронника [6]. При этом в расчетной части требуется произвести оценку прочности узла запирания корпуса пускового устройства, выполненного из алюминия АМГ-6, при действии осевой нагрузки от дна гильзы на дно казенника ПУ. При этом «зеркалом» является дно казенника ПУ.

Охлажденный метательный патрон 18×45ТП, находясь в патроннике раструба, упирается дном гильзы в переднюю торцевую поверхность казенника ПУ (рис. 3), а краем гильзы в стенку патронника ствола раструба.

В узел запирания входят: ПУ с одним боевым упором и патронник с патроном.

Таблица 3

Расчетные характеристики прочности корпуса ствола раструба

Характеристика	Значение
Максимальное давление в канале ствола $P_{\max}$, МПа (кг/мм ²)	21 (2,14)
r_1 — внутренний радиус патронника, мм	9
r_2 — наружный радиус патронника, мм	18,001
Расчетное максимальное тангенциальное напряжение $[\sigma]$ кг/мм ²	4,75
Предел прочности при разрыве σ_B , кг/м ²	50

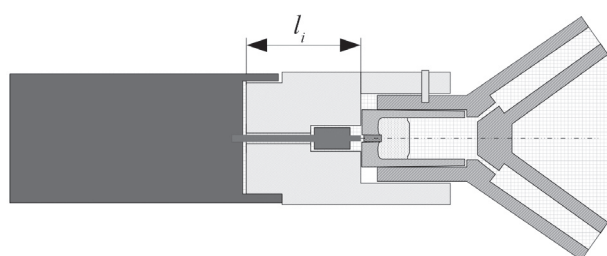


Рис. 3. Конструкция узла запирания ПУ

При выстреле в процессе горения пороха внутри гильзы создается максимальное давление пороховых газов $P_{\max}$. При этом в сторону, противоположную от направления стрельбы, действует при выстреле осевая нагрузка от дна гильзы к поверхности дна казенника ПУ.

Механические характеристики узла запирания ПУ представлены в табл. 4.

Осевая нагрузка при этом рассчитывается по формуле:

$$Q_{\max} = P_{\max} \frac{(\pi d_2)^2}{4},$$

где $P_{\max}$ — максимальное давление пороховых газов;

d_2 — внешний диаметр гильзы.

Выражение, характеризующее жесткость узла запирания пускового устройства, имеет вид:

$$\eta = \frac{b^2 P_{\max}}{\lambda_{\max}},$$

где b — отношение внутреннего диаметра гильзы к внешнему;

$\lambda_{\max}$ — максимальная упругая деформация узла запирания ПУ.

Максимальная упругая деформация узла запирания ПУ:

$$\lambda_{\max} = \frac{Q_{\max}}{E} \sum \frac{l_i}{S_i},$$

где E — модуль упругости материала детали узла (дна казенника);

l_i — толщина дна ПУ (длина узла запирания);

S_i — площадь поперечного сечения дна гильзы.

Упругая деформация узла запирания оказывает решающее влияние на прочность при достаточно больших давлениях пороховых газов. Она зависит от жесткости узла запирания и характеризуется коэффициентом жесткости:

$$\eta' = \frac{Q_{\max}}{\lambda},$$

где $Q_{\max}$ — осевая нагрузка, действующая на дно казенника ПУ;

Таблица 4

Механические характеристики узла запирания ПУ

Характеристика	Значение
Длина узла запирания казенника пускового устройства l_i , мм	10
Модуль упругости материала E (алюминий) (модуль Юнга), кгс/мм ²	6791,30
Диаметр гильзы d_1 наружный, мм	18
Диаметр гильзы d_2 внутренний, мм	16
Диаметр d_3 боевого упора, мм (материал сталь 40), мм	5,5

λ — соответствующая осевой нагрузке деформация узла.

ПУ способно выдерживать возникающее максимальное давление $P_{\max}$ при выстреле без значительной деформации и использовать для стрельбы охлажденный метательный патрон 18×45ТП с выбранной принципиальной схемой запирания устройства на один боевой упор, выполненный из стали 40Х.

Расчет прочности боевого упора пускового устройства

Используем схему запирания в ПУ на один боевой упор, требуется произвести расчет на прочность и на срез боевого упора в рассматриваемом соединении элементов раструба и ПУ (рис. 4).

При расчете на растяжение элементов соединения проводится расчет прочности на растяжение, при этом учитывается площадь поперечного сечения стержня боевого упора [6].

Под действием осевой максимальной нагрузки от дна гильзы $Q_{\max}$, в сечении боевого упора возникает нормальное напряжение на растяжение [7]:

$$\sigma_p = \frac{Q_{\max}}{S},$$

где $Q_{\max}$ — осевая нагрузка, действующая на дно казенника ПУ;

S — площадь поперечного сечения упора в точке контакта с выступом на поверхности ствола раструба.

Условие прочности выражается неравенством:

$$\sigma_p \leq [\sigma_p], \quad (1)$$

где $[\sigma_p]$ — допускаемое напряжение на растяжение (материал — сталь 40Х).

Площадь поперечного сечения боевого упора имеет вид:

$$S = \frac{\pi d_3^2}{4},$$

где d_3 — диаметр боевого упора.

В результате полученных расчетных характеристик предела прочности $[\sigma_p]$ выполняется условие (1), что говорит о высоких прочностных характеристиках материала, используемого для изготовления боевого упора, при действии на него осевой нагрузки $Q_{\max}$, табл. 6 и 7.

Вывод

Результаты проведенных расчетов свидетельствуют о том, что раструб и отдельные детали пускового устройства, выполненные из полиамида (ПА 6), при выстреле будут гарантированно выдерживать максимальное давление пороховых газов и действие осевой нагрузки от дна гильзы без разрушения.

Использование полиамида в конструкции деталей устройства позволит добиться уменьшения общей массы изделия и улучшить эргономику при его использовании.

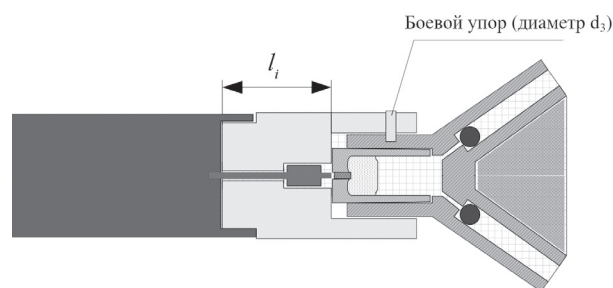


Рис. 4. Составные элементы узла запирания

Таблица 5

Расчетные характеристики казенника ПУ

Характеристика	Значение
Осевая нагрузка (действующая сила) на дно казенника пускового устройства $Q_{\max}$, кгс	544,28
Площадь поперечного сечения дна гильзы, мм ²	254,34
Коэффициент b	0,88
Максимальная упругая деформация узла запирания $\lambda_{\max}$, мм	0,031
Жесткость узла запирания η , кг/мм ³	534,58
Коэффициент жесткости η'	17,5

Таблица 6

Характеристики для расчета на прочность боевого упора

Характеристика	Значение
Диаметр боевого упора d_3 , мм	5
Предел прочности $[\sigma_p]$ для стали 40Х, кгс/мм ²	66,79
Площадь поперечного сечения боевого упора, мм ²	19,62
Осевая нагрузка (действующая сила) на дно пускового устройства (казенника) $Q_{\max}$, кгс	200,96

Таблица 7

Расчетные механические характеристики боевого упора

Характеристика	Значение
Нормальное напряжение σ_p , г/мм ²	10,24

Список источников

1. О полиции: федер. Закон Рос. Федерации от 7 февраля 2011 г. № 3-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 28 января 2011 г.: одобр. Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 2 февраля 2011 г. // Рос. Газ. – 2011. – 8 февраля.
2. Средство сковывания движений биологических объектов «Невод». Технические условия НПФТ.043000.000 ТУ. 8 с.
3. Патроны монтажные Д4 6,8×18 мм для монтажного пистолета. URL: www.avtoprom.net/патрон_монтажный_мпу_1 (дата обращения: 10.07.24).
4. Полиамид 6 (ПА 6). URL: <https://anid.ru/poliamid/6?ysclid=mbp5ix7yjsx745000952> (дата обращения: 11.06.24).
5. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов: учебник для вузов. 9-е изд., перераб. М. Наука, гл. ред. физ.-мат. лит. 1986. 512 с.
6. Серебряков М.Е. Физический закон горения во внутренней баллистике. М.: Оборонгиз, 1940. 214 с.
7. Бетехтин С.А., Винницкий А.М., Горохов М.С. Газодинамические основы внутренней баллистики. М.: Оборонгиз, 1957. 151 с.

References

1. On Police: federal law. Law of the Russian Federation. Federation of 7.02.2011 № 3-FZ: adopted by the State Duma of the Federal. Sobr. Ros. Federation on 28.01.2011: approved by the State Duma of the Federal Assembly of the Russian Federation. Federation Council of the Fed. Sobr. Ros. Federation on 2.02.2011 // Ros. Gaz. 2011.02.8.
2. A means of restraining the movements of biological objects «Nevod». Technical specifications of NPFT.043000.000 TU. 8 p.
3. Mounting cartridges D4 6,8×18 mm for mounting gun. URL: www.avtoprom.net/mounting_cartridge_mounting_mpu_1 (date of reference: 10.07.24).
4. Polyamide 6 (PA 6). URL: <https://anid.ru/poliamid/6?ysclid=mbp5ix7yjsx745000952> (date of reference: 11.06.24).
5. Feodosiev V.I. Resistance of materials: textbook for universities. 9th ed., revision. M.: Nauka, chief ed. of physical-mat. litt. 1986. 512 p.
6. Serebryakov M.E. The physical law of gorenje in internal ballistics. Moscow: Oborongiz, 1940. 214 p.
7. Betekhtin S.A., Vinnitskiy A.M., Gorokhov M.S. Gasdynamic foundations of internal ballistics. Moscow: Oborongiz, 1957. 151 p.