

Róbert JANKOVÝCH¹

Jozef MAJTANÍK²

OVĚŘOVÁNÍ POŽADAVKŮ NA BEZPEČNOSTNÍ RIZIKA PISTOLÍ

Abstract:

V článku je autory představen postup ověřování požadavků stanovených na úroveň bezpečnostního rizika pistole. Postup je dokumentován na výsledcích experimentu s 9 kusy pistole. V průběhu experimentu byl zaznamenán vznik poruch kategorie II, které mohou způsobit zranění střelce. Na základě statistického zpracování výsledků experimentu byla stanovena maximální životnost pistole zaručující požadovanou úroveň bezpečnostního rizika pistole.

1 Úvod

Za bezpečnou považujeme takovou pistoli, u které při žádné z jejich funkcí nevzniká střelci, pistoli ani okolnímu prostředí (dalším lidem v okolí, předmětům v okolí a životnímu prostředí) ohrožení (riziko ohrožení). Jinými slovy bezpečná pistole je taková, u které nevznikne žádná porucha, která by ohrozila zdraví nebo dokonce život střelce při používání pistole. Přitom nikdy nemůžeme garantovat absolutní (100 %) bezpečnost.

Při hodnocení bezpečnosti analyzujeme důsledky poruch (jevů a událostí), vznikajících během celého životního cyklu pistole, na možnost poškození nebo zničení vlastní zbraně a na možnost poškození zdraví osob, dalšího majetku nebo životního prostředí.

2 Klasifikace rizik pistolí

Základním východiskem při analýze bezpečnosti pistolí je analýza rizik [7]. Rizika pistolí charakterizujeme a kategorizujeme podle závažnosti nejhorších dopadů na osoby, hmotný majetek a životní prostředí jako důsledek jejich poruch, které mohou vzniknout při používání pistolí (střelbě) případně při jejich likvidaci.

Závažným rizikem pistole je takové riziko, které by mohlo reálně vyústit v poruchu s vážnými důsledky, jako jsou například usmrcení střelce nebo velká hmotná škoda na majetku, nebo závažné poškození životního prostředí. Klasifikace rizik vzhledem k závažnosti (důsledku) poruch pistole podle standardů NATO [7] je uvedena v tabulce 1.

Tabulka 1. Matice závažnosti (důsledků) poruch pistole

Kategorie poruchy	Závažnost poruchy pro		
	osoby	majetek	životní prostředí
Kategorie I	smrt	zničení	vážné poškození
Kategorie II	těžké zranění nebo nemoc	vážné poškození	velké poškození
Kategorie III	lehké zranění nebo nemoc	lehké poškození	lehké poškození
Kategorie IV	bez následků	bez následků	bez následků

¹ Univerzita obrany, Kounicova 65, 662 10 Brno, E-mail: robert.jankovych@unob.cz

² Univerzita obrany, Kounicova 65, 662 10 Brno, E-mail: jozef.majtanik@unob.cz

Podle závažnosti dělíme poruchy pistolí do čtyř kategorií. Nejvyšší závažnost má kategorie I. Do této kategorie zahrnujeme takové poruchy, které mají za následek smrt osob, úplné zničení hmotného majetku nebo závažné poškození životního prostředí.

Kategorie poruch II zahrnuje poruchy pistole způsobující těžká zranění nebo nemoc osob, vážné poškození hmotného majetku příp. velké poškození životního prostředí. Za těžké zranění nebo nemoc považujeme obecně takovou újmu na zdraví, která zneschopňuje osobu po dobu delší než jeden den. Za vážné poškození hmotného majetku je považováno takové, které způsobuje nefunkčnost a nepoužitelnost majetku pro plnění určených úloh po dobu delší než jeden den.

Kategorie III představuje takové druhy poruch pistole, které způsobují lehká zranění osob, lehké (malé) poškození hmotného majetku a jen lehké poškození životního prostředí. Za lehké zranění nebo nemoc považujeme újmu na zdraví, které zneschopňuje osobu na maximálně jeden den. Lehké poškození hmotného majetku způsobuje nefunkčnost nebo nepoužitelnost majetku po dobu maximálně jednoho dne.

Do kategorie poruch IV zahrnujeme takové poruchy pistole, které nezpůsobují žádné následky pro osoby, majetek a ani životní prostředí [1], [2], [5], [7].

3 Ukazatele bezpečnostního rizika pro pistole

Všechny projekty vývoje nové pistole musí zahrnovat postup hodnocení bezpečnosti v tzv. programu bezpečnosti [4], [7]. Obsahem programu bezpečnosti jsou analýzy a zkoušky pistole zaměřené na její bezpečnost, tj. ověření, že pistole jako celek bude plnit požadované funkce stanoveným způsobem a s přijatelnou (zanedbatelnou) mírou rizika během celého životního cyklu.

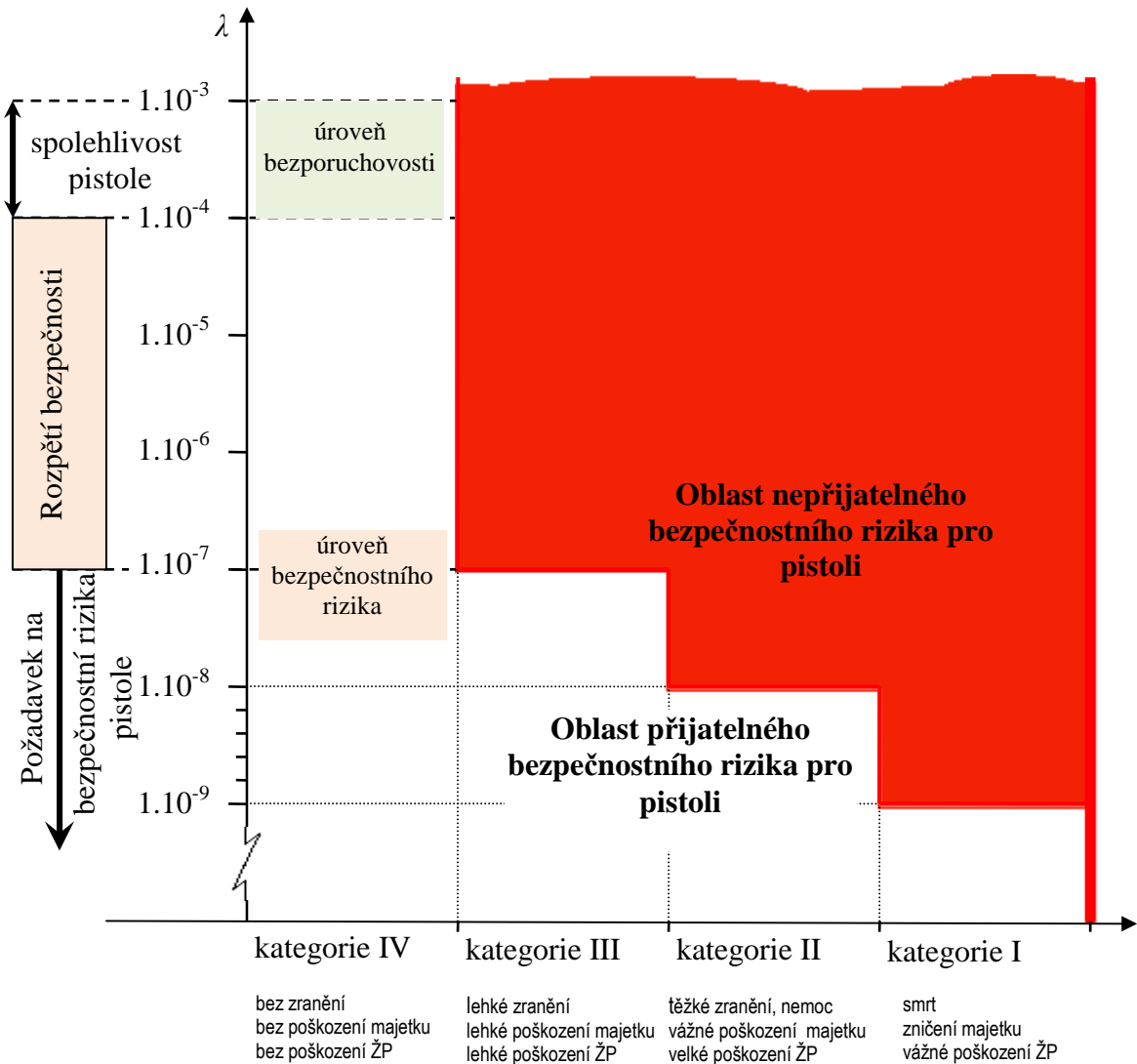
Jako ukazatel bezpečnostního rizika pro pistole byla v článku [2] navržena intenzita poruch $\lambda(t)$ a její přijatelná úroveň pro jednotlivé kategorie poruch pistolí:

Intenzita poruch $\lambda_{IV}(t)$ pro poruchy kategorie IV, tj. takové, které nezpůsobují poškození zdraví, majetku nebo životního prostředí, může být obecně větší než $1 \cdot 10^{-7}$ na jeden provedený výstřel.

Intenzita poruch $\lambda_{III}(t)$ pro poruchy kategorie III musí být menší než 10^{-7} na jeden provedený výstřel. Tato definice požadavku na bezpečnostní riziko pistole připouští selhání zbraně, které bude mít za následek lehké zranění střelce ne více než jednou za 10 miliónů výstřelů.

Intenzita poruch $\lambda_{II}(t)$ pro poruchy kategorie II musí být menší než 10^{-8} na jeden provedený výstřel. Také tato hodnota intenzity poruch zabezpečuje, že poruchy s těžkými následky na zdraví střelce jsou extrémně nepravděpodobné. Hodnota bezpečnostního rizika připouští selhání zbraně s následkem těžkého zranění střelce ne více než jednou za 100 miliónů výstřelů.

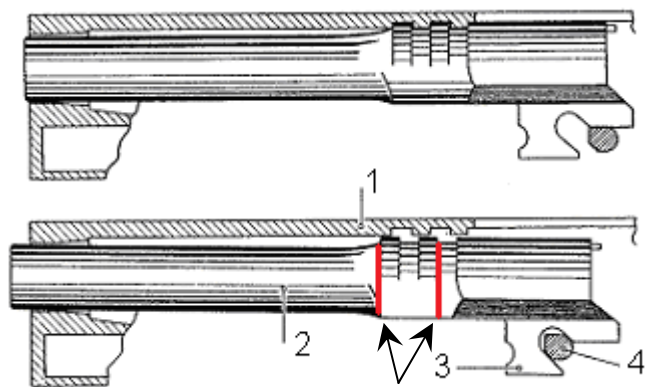
Intenzita poruch $\lambda_I(t)$ pro poruchy kategorie I s nejzávažnějšími důsledky pro osoby, majetek i životní prostředí musí být menší než 10^{-9} na jeden provedený výstřel. Tato hodnota intenzity poruch zabezpečuje, že poruchy se smrtelnými důsledky jsou prakticky nemožné. Uvedená úroveň bezpečnostního rizika připouští jedině selhání zbraně s následkem smrti (poruchu kategorie I) ne více než jednou za miliardu výstřelů (viz obr. 1).



Obr. 1. Požadavek na bezpečnostní rizika pistole

4 Ověřování požadavků na bezpečnostní rizika pistolí v praxi

Praktické ověřování požadavků na bezpečnostní rizika pistolí vyžaduje v praxi řadu zkoušek a nákladných experimentů. V článku analyzujeme experiment, který byl organizován až do doby vzniku trhlin na hlavní pistole. Trhliny vznikaly v oblasti uzamykacího uzlu hlavně – viz. obr. 2, kde jsou šipkami označena 2 místa, ve kterých jsme zjistili rozsáhlé trhliny (částečný lom) hlavně.

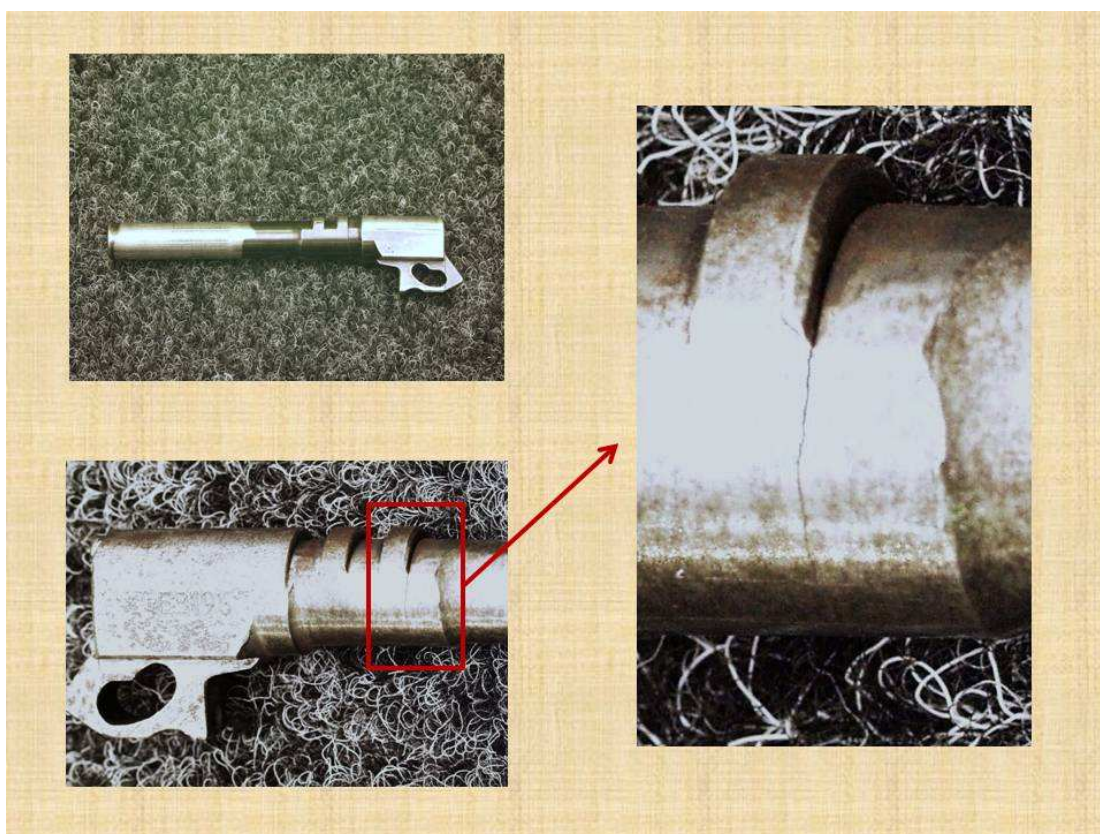


Obr. 2. Uzamčení a odemčení závěru pistole s označením míst trhlin na hlavních

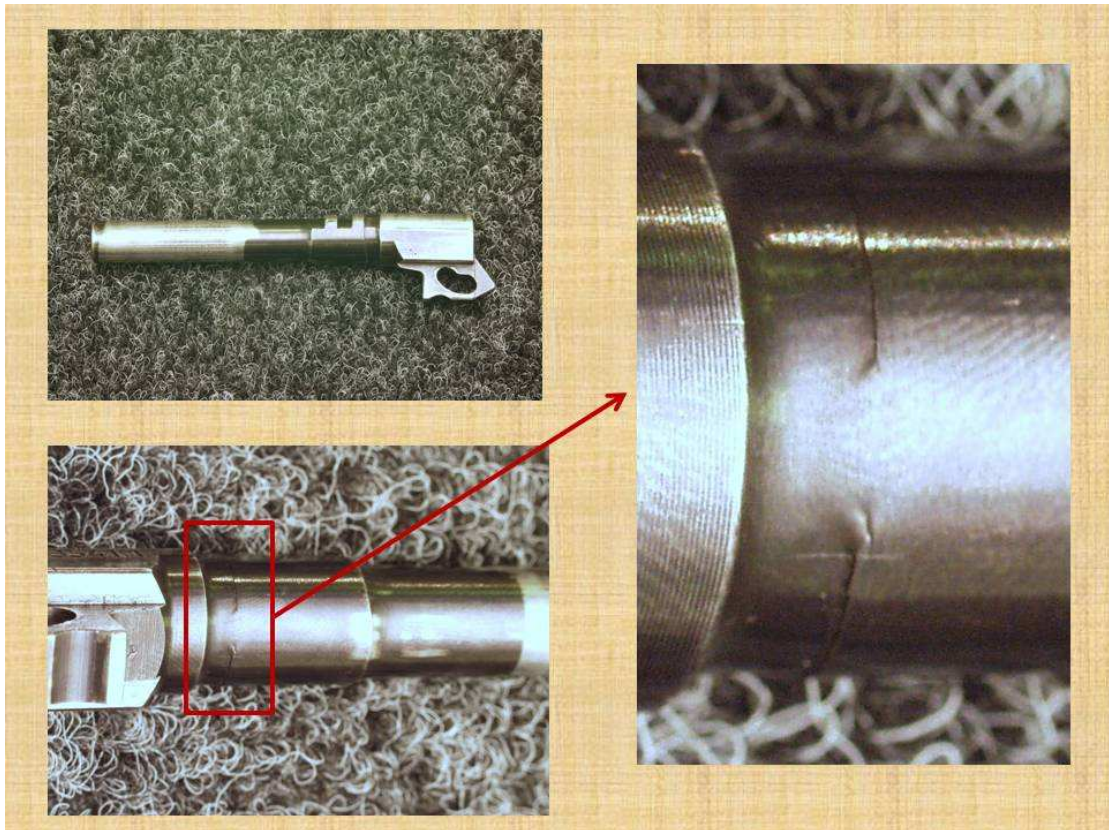
Vznik trhlin na hlavní pistole představuje z hlediska závažnosti ve smyslu tabulky 1 poruchu kategorie II (může způsobit těžké zranění střelce nebo jiné osoby v blízkosti).

Na obr. 3 je fotografie trhliny hlavně, která vznikla před prvním uzamykacím ozubem.

Na obr. 4 je fotografie hlavně s trhlinou za druhým uzamykacím ozubem.



Obr. 3. Fotografie trhliny na hlavní pistole 9 mm Luger před prvním uzamykacím ozubem



Obr. 4. Fotografie trhliny na hlavní pistole 9 mm Luger za druhým uzamykacím ozubem

Výsledky tohoto experimentu, kdy bylo zaznamenáno dosažení poruch, které mají vliv na bezpečnost pistole, umožňují ověřit, zda pistole splňuje bezpečnostní rizika stanovené v části 3 tohoto článku.

V tabulce 2 jsou uvedeny hodnoty počtů výstřelů do vzniku trhliny na hlavních pistolích.

Tabulka 2. Počty výstřelů do vzniku poruchy kategorie II

Ozn. hlavně	7	5	3	4	9	1	2	6	8
Počet výstřelů	95200	97500	98700	100200	101900	104100	115300	118800	125400

Pro statistický odhad intenzity poruch kategorie II využijeme vztah [5]:

$$\hat{\lambda}_{II}(t) = \frac{n_I(\Delta t) + n_{II}(\Delta t)}{\Delta t \cdot N(t)}, \quad (1)$$

kde $n_I(\Delta t)$ počet poruch zbraně kategorie I v intervalu $(t, t + \Delta t)$,

$n_{II}(\Delta t)$ počet poruch zbraně kategorie II v intervalu $(t, t + \Delta t)$,

$N(t)$ počet provozuschopných zbraní v okamžiku t - tj. na začátku intervalu $(t, t + \Delta t)$,

Δt délka intervalu doby provozu zbraně (počet výstřelů).

Hodnoty intenzity poruch kategorie II pro interval 10000 výstřelů jsou uvedeny v tabulce 3 (v uvedeném období se nevyskytla žádná porucha kategorie I, proto $n_I(\Delta t) = 0$).

Tabulka 3. Statistický odhad intenzity poruch pro $\Delta t = 10000$ výstřelů

Interval počtu výstřelů	Počet poruch v intervale $n_{II}(\Delta t)$	Odhad intenzity poruch $\hat{\lambda}_{II}(t) = \frac{n_I(\Delta t) + n_{II}(\Delta t)}{\Delta t \cdot N(t)}$
0-10000	0	0
~	~	~
80001-90000	0	0
90001-100000	3	$3,33 \times 10^{-5}$ výstřel ⁻¹
100001-110000	3	$5,00 \times 10^{-5}$ výstřel ⁻¹
110001-120000	2	$6,66 \times 10^{-5}$ výstřel ⁻¹
120001-130000	1	$10,00 \times 10^{-5}$ výstřel ⁻¹

Z údajů v tabulce 3 vidíme, že intenzita poruch pistole kategorie II do provedení 90000 výstřelů má nulovou hodnotu.

Po provedení více než 90000 výstřelů z pistole se hodnota intenzity poruch zvyšuje nad povolenou hranici bezpečnostního rizika (10^{-8} na jeden provedený výstřel).

Nyní provedeme odhad počtů výstřelů z pistole, které zabezpečí, že se zadanou pravděpodobností nedojde ke vzniku trhlin hlavně (porucha kategorie II).

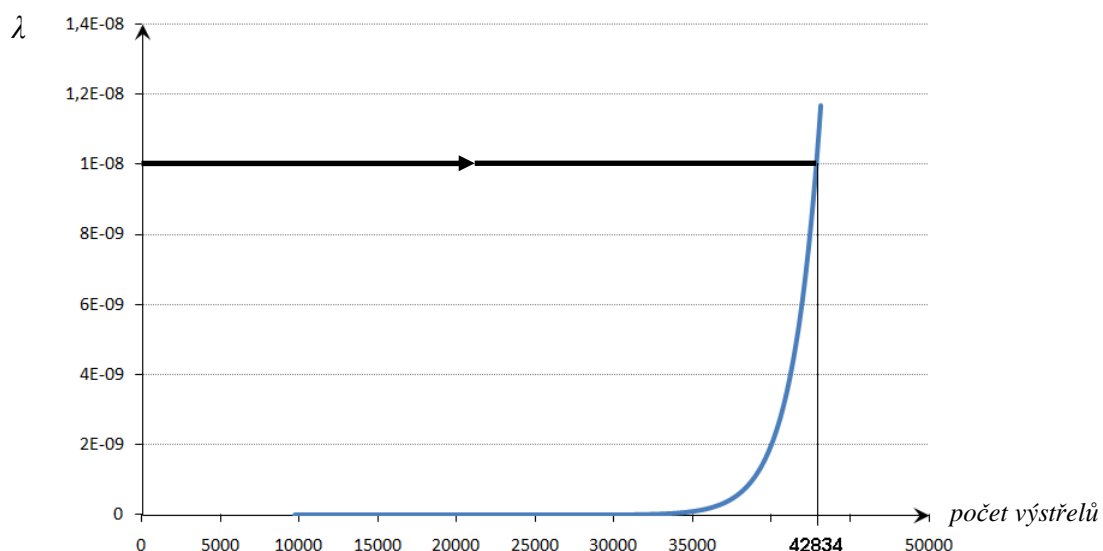
Předpokládejme, že doba do vzniku trhlin hlavně má normální rozdělení (na základě testu dobré shody K-S jsme tuto hypotézu nezamítli). Ze zjištěných empirických údajů jsme stanovili střední hodnotu a směrodatnou odchylku normálního rozdělení $N(106344; 10734,7)$.

Úkolem je najít takovou hodnotu počtů výstřelů do vzniku poruchy kategorie II, ve které je intenzita poruch rovna 1×10^{-8} výstřel⁻¹ – viz. tabulka 4.

Tabulka 4. Teoretická intenzita poruch pro $N(106344; 10734,7)$

Počet výstřelů (teoretický)	Teoretická intenzita poruch $\hat{\lambda}_{II}(t)$
20467,21942	$5,05227 \times 10^{-15}$
24761,08067	$1,14416 \times 10^{-13}$
26908,0113	$5,12775E \times 10^{-13}$
31201,87255	$9,13472E \times 10^{-12}$
33348,80317	$3,63096E \times 10^{-11}$
37642,66443	$5,08814 \times 10^{-10}$
41936,52568	$6,07588 \times 10^{-09}$
42833,94268	$9,99848 \times 10^{-09}$
42834,26472	$1,00003 \times 10^{-08}$
44083,45630	$1,97732 \times 10^{-08}$
46230,38693	$6,18262 \times 10^{-08}$
48377,31755	$1,85736 \times 10^{-07}$
50524,24818	$5,36104 \times 10^{-07}$

Graficky je princip řešení daného úkolu znázorněn na obr. 4.

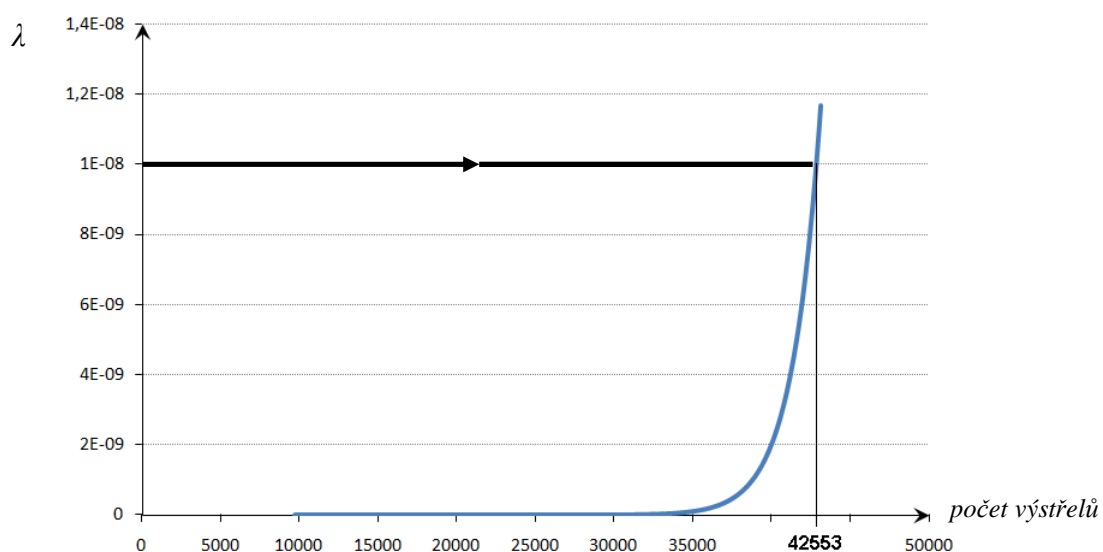


Obr. 4. Garantovaná životnost při normálním rozdělení doby do poruchy

Z tabulky 4 vidíme, že hledaný počet výstřelů zaručující požadovanou úroveň bezpečnostního rizika pro poruchy kategorie II je $t_{\lambda=1 \times 10^{-8}} = 42834$ výstřelů.

Pro praktický závěr z uvedeného výsledku logicky vyplývá, že pro zabezpečení požadované úrovně bezpečnostního rizika pistole je potřebné, aby garantovaná životnost pistole nepřekračovala úroveň 42834 výstřelů. Pro zjednodušení a z marketingových důvodů je možné uvést hodnotu 42000, příp. 40000 výstřelů.

Obdobný výsledek obdržíme, pokud budeme předpokládat, že doba do vzniku poruch kategorie II (trhliny hlavně) má Weibullovo dvouparametrické rozdělení (také tuto hypotézu jsme na základě testu dobré shody K-S nezamítli). Ze zjištěných empirických údajů jsme pomocí programu Statgraphics Centurion 15 odhadli hodnotu parametru tvaru a měřítka tohoto rozdělení – $W(10,5344; 111175)$. U Weibullova rozdělení těchto parametrů je následující hodnota počtu výstřelů do vzniku poruchy kategorie II, ve které je intenzita poruch rovna 1×10^{-8} výstřel⁻¹: $t_{\lambda=1 \times 10^{-8}} = 42553$ výstřelů – viz. obr. 5.



Obr. 7. Garantovaná životnost při Weibullovo rozdělení doby do poruchy

Závěr

Představený postup využití výsledků analýzy dat o počtu výstřelů z pistole do vzniku trhlin na hlavni (poruch kategorie II) umožňuje stanovit dovolený počet výstřelů z daného typu pistole, zaručující požadovanou úroveň bezpečnostního rizika pistole.

Na základě experimentu je možné stanovit maximální životnost pistole 40000 výstřelů.

Literatura

- [1] Jankových, R. a Majtaník, J.: Safety Risk Requirements for Combat Pistol and its Ammunition. *In Safety, Reliability and Risk Analysis: Theory, Methods and Applications (Proceedings of the European Safety and Reliability conference, ESREL 2009 and 18th SRA-Europe) – Prag.*
- [2] Jankových, R.: Požadavky na bezpečnostní rizika malorážových zbraní. *In 1. Medzinárodná konferencia TRENDY V ŠTÁTANOM OVEROVANÍ KVALITY, Trenčín 2007.*
- [3] Seger, J., Hindls, R. a Hronová, S.: *Statistika v hospodářství.* Praha: ETC Publishing 1998.
- [4] Gertman, D. I. a Blackman, H. S.: *Human Reliability & Safety Analysis Data Handbook.* New York: John Wiley & Sons 1993.
- [5] Jankových, R. a Majtaník, J.: *Spolehlivost zbraní a střeliva.* Ostrava: VŠB-TU Ostrava 2007.
- [6] Singh, Ch. a Billinton, R.: *System Reliability Modelling and Evaluation.* London: Hutchinson 1977.
- [7] ČOS 130004 *Hodnocení bezpečnosti a použitelnosti munice.* Praha 2004.