

Metódy a prostriedky zneškodňovania výbušných systémov

JUDr. Radoslav Michalica, Kriminalistický a expertízny ústav PZ, Bratislava

Zneškodňovanie výbušných systémov je dôležitou súčasťou kriminalistickej pyrotechniky a ich včasné, bezpečné a odborné zneškodnenie predstavuje významný prínos pre kriminalisticko-bezpečnostnú prax. Pri zneškodňovaní najmä nastražených výbušných systémov je z kriminalisticko-technického ako aj trestnoprávneho hľadiska dôležité zachovanie kriminalistických stôp čo predstavuje zvýšené nároky na použité metódy a technické prostriedky ako aj na odborné vedomosti, skúsenosti, praktické návyky a zručnosti pyrotechnika. Po úspešnom zneškodnení výbušného systému, ktorý nemá súvislosť s kriminalisticko-relevantnou udalosťou väčšinou nasleduje jeho likvidácia, prípadne môže byť uložený do pyrotechnickej zbierky. Pokiaľ sa jedná o výbušný systém, ktorý bol nastražený alebo o iný výbušný systém, ktorý má súvislosť s kriminalisticko-relevantnou udalosťou nasleduje znalecké skúmanie ktorého súčasťou sú expertízne pokusy. Završením celého procesu je vypracovanie znaleckého posudku, odborného vyjadrenia, predbežného vyjadrenia alebo výsledku skúmania pre potreby orgánov činných v trestnom konaní a súdov.

Pri zneškodňovaní a likvidácii výbušných systémov súvisiacich s kriminalisticko-relevantnou udalosťou je potrebné ak je to vzhľadom na konkrétnu situáciu a okolnosti možné, zneškodniť výbušný systém takým spôsobom, aby sa zachovalo čo možno najviac stôp pre následné expertízne skúmanie a postup OČTK. Pokiaľ však hrozí nebezpečenstvo pre pyrotechnika alebo iné osoby, prioritou je likvidácia výbušného systému bez ohľadu na zničenie kriminalistických stôp.

V kriminalistickej pyrotechnike definujeme zneškodňovanie nastraženého výbušného systému a likvidáciu nasledovne: **Zneškodňovanie** nastraženého výbušného systému je každá činnosť pyrotechnika smerujúca k jeho znefunkčneniu resp. zamedzeniu jeho uvedenia do činnosti. **Likvidáciou** je pyrotechnikom úplné (bez zvyškov) zničenie munície, výbušnín, výbušných predmetov a výbušných systémov.¹

¹ Nariadenie MV SR č.59/2001 o organizácii a výkone pyrotechnickej činnosti, čl.2, písm. l,m

Vojenská pyrotechnika definuje pojmy zneškodňovania a likvidácie nasledovne: **Zneškodňovanie munície** zahŕňa odstránenie iniciačných zariadení alebo ich častí z munície. **Ničenie munície a výbušnín** znamená zničenie vadnej munície, munície prestarnutej, narušenej dlhodobým skladovaním alebo nevybuchnutej munície výbuchom za použitia adjustovanej nálože.²

Vojenská pyrotechnika sa v súvislosti s jej špecifickými požiadavkami a objektmi v minulosti zaoberala predovšetkým zneškodňovaním a likvidáciou munície. V súvislosti s rozdelením kompetencií v oblasti nálezov vojenskej munície, iných výbušných systémov a nastražených výbušných systémov ako aj v súvislosti s prípadmi výbuchov kde bola použitá výbušnina, prevzali tieto prípady na našom území pyrotechnici ministerstva vnútra. Vojenský pyrotechnici sa v súvislosti s našou integráciou do európskych a transatlantických štruktúr zapojili do medzinárodných misií a v tejto súvislosti sa spomínané prípady dostali do popredia záujmu vojenskej pyrotechniky.³

Kriminalistická pyrotechnika sa svojimi metódami a prostriedkami podieľa na objasňovaní kriminalisticko-relevantných udalostí spojených s použitím výbušného systému tvorivou aplikáciou zákonitostí vzniku stôp a iných odrazov na vymedzený okruh objektov čo jej umožňuje zabezpečovať dôkazy v požadovanej kvalite a kvantite.

Metódy a prostriedky kriminalistickej pyrotechniky sú pri objasňovaní kriminalisticko-relevantných udalostí spojených s použitím výbušného systému využívané pri skúmaní nasledovných objektov:

- všetky druhy výbušných systémov a ich súčastí
- prostriedky slúžiace na zhotovenie výbušných systémov
- objekty zasiahnuté účinkami výbuchu
- ostatné objekty, ktoré sú nositeľmi informácií o kriminalisticko-relevantnej udalosti

² DěI-27-14 Pyrotechnická činnost. MNO, Praha 1977, čl. 21, 24

³ V súvislosti s výskytom výbušných systémov použitých alebo určených na trestnú činnosť ako špecifických objektov kriminalistickej pyrotechniky budeme používať pojmy kriminalistickej pyrotechniky, ktoré boli vytvorené úpravou vojenskej terminológie aplikovanou na charakteristické znaky týchto objektov. Pojmy zneškodňovanie a likvidácia budeme používať spoločne z dôvodu, že o zneškodnení alebo likvidácii v pyrotechnickej praxi rozhoduje vecne a miestne príslušný pyrotechnik podľa okolností konkrétneho prípadu.

Z pojmu **výbušný systém**⁴ vyplýva, že obsahuje komplex elementov pričom je schopný uskutočniť v určitom čase a priestore výbušnú premenu obsiahnutej výbušniny. V kriminalisticko-bezpečnostnej praxi sa stretávame s rôznymi druhmi výbušných systémov od najjednoduchších až po zložité konštrukčné komplexy, ktoré sa líšia svojimi komponentmi. V súvislosti s rýchlym vedecko-technickým rozvojom sa vyvíjajú aj výbušné systémy – najmä ich iniciačné zariadenia. S plynutím času sa rozšíril výskyt improvizovaných výbušných systémov – najmä ich iniciačných zariadení, ktoré sa konštrukčne vzdiaľujú od podobných zariadení vyrábaných továrenským spôsobom pre potreby ozbrojených síl.

Vzhľadom k existencii množstva možných komponentov výbušných systémov, ich improvizovanej a kreatívnej konštrukcii a zamýšľaných dôsledkov na zasiahnuté objekty je detailná klasifikácia výbušných systémov pomerne náročná. Z tohto dôvodu uvediem niekoľko základných kritérií pre klasifikáciu výbušných systémov, ktoré môžu napomôcť pri výbere vhodných metód a prostriedkov na ich zneškodnenie alebo likvidáciu. Výbušné systémy môžeme klasifikovať podľa:

- druhu výbušniny
- druhu iniciátora
- druhu iniciačného zariadenia
- druhu nástrahy
- druhu obalu
- určenia
- výrobcu
- účinkov na okolité objekty

Pri zneškodňovaní výbušných systémov či už s nástrahou alebo bez nástrahy je potrebné vychádzať okrem iných okolností predovšetkým z konštrukčného zloženia a usporiadania výbušného systému ako aj z jeho umiestnenia, načasovania a možnosti ohrozenia okolitého prostredia. Metódy a prostriedky na zneškodnenie výbušného systému musia vychádzať z týchto determinantov a musia byť zamerané na zneškodnenie alebo likvidáciu jednej alebo viacerých súčastí systému. Pri zneškodňovaní nastraženého výbušného systému je nevyhnutné zneškodniť najmä iniciátor a elementy ktorého ho uvádzajú do činnosti. Tomu však predchádza dôsledné skúmanie výbušného systému.

⁴ Bližšie pozri: MICHALICA, R.: Opatrenia na elimináciu účinkov nájdených výbušných systémov do príchodu pyrotechnika PZ. In: Policajná teória a prax, XIV, 1/2006, s.88

Pri stanovení metód zneškodnenia je potrebné brať do úvahy aj vlastnosti výbušnín ktoré v ňom môžu byť zalaborované. Vlastnosti ako citlivosť, brizancia a pracovná schopnosť môžu byť determinantami ďalšieho postupu pyrotechnika. Vlastnosti jednotlivých výbušnín sú kvantifikované prostredníctvom skúšok jednotlivých výbušnín ako sú napríklad skúška citlivosti na **Kastovom**⁵ padacom kladive, skúšky citlivosti na trecom kyvadle, **Hessova**⁶ skúška brizancie alebo **Trauzlova**⁷ skúška stanovenia pracovnej schopnosti. Skúška na Kastovom padacom kladive je jedna zo základných skúšok citlivosti výbušnín na náraz. Napríklad vojenská trhavina trinitrotuluén vykazuje citlivosť na náraz 2kg závažia až pri výške závažia 100cm, pentaeritrittetranitrát, ktorý je základnou surovinou pri výrobe plastickej trhaviny Semtex je citlivý už pri náraze 2kg závažia z výšky 20 – 25cm a azid olovnatý, ktorý sa používa ako primárna zložka žienijných rozbušiek je citlivý už pri páde rovnakého závažia z výšky 11–20 cm. Hessova skúška brizancie je založená na princípe stlačenia olovených valčekov pri výbuchu stanoveného množstva výbušniny. Trauzlova skúška stanovenia pracovnej schopnosti je založená na princípe zmeny objemu oloveného valca pri výbuchu stanoveného množstva výbušniny.

Likvidácii a zneškodňovaniu výbušných systémov predchádza ich vyhľadávanie a zaistenie. Až po ukončení týchto postupov je prijímané rozhodnutie o spôsobe manipulácie s nimi. Pri vyhľadávaní výbušných systémov sa využívajú vizuálne a detekčné metódy. Vizuálne metódy sa zameriavajú predovšetkým na výskyt tzv. indikátorov výskytu výbušného systému⁸ a detekčné metódy využívajú najmä technické prostriedky na kontrolu podozrivých predmetov a detekciu súčastí výbušného systému. Cieľom detekčných metód je zistiť prítomnosť ale aj systémové usporiadanie výbušného systému potrebné pre ďalšiu manipuláciu s ním.

Na skúmanie zloženia a obsahu výbušného systému sa používajú najmä pokiaľ má systém pevný obal **pyrotechnické röntgeny**. Röntgenové prístroje pracujú na princípe prežarovania objektu röntgenovými lúčmi, ktoré sú schopné prenikať aj nepriehľadnými materiálmi. Röntgenové lúče sú pohlcované prežarovaným objektom v závislosti od materiálov, z ktorých je zložený. Materiály s vyšším atómovým číslom pohlcujú röntgenové lúče vo väčšom rozsahu oproti materiálom s nižším atómovým číslom. V röntgenových prístrojoch dochádza k prevodu neviditeľného žiarenia na viditeľný obraz zobrazený na negatív alebo s pomocou elektronických súčastí v digitálnej forme. Materiály s vyšším atómovým číslom ako napr. kovy sa na röntgenovom zobrazení javia ako tmavšie. Schopnosti röntgenu sú okrem iného

⁵ Bližšie pozri: Kol.aut.: Speciální technika, I.díl. Praha: FM VS, 1976 , s.83 (ČSN 66 8063)

⁶ Bližšie pozri: Kol.aut.: Speciální technika, I.díl. Praha: FM VS, 1976 , s.82, (ČSN 66 8065)

⁷ Bližšie pozri: Kol.aut.: Speciální technika, I.díl. Praha: FM VS, 1976 , s.80 – 81 (ČSN 66 8064)

určované rozlišovacou schopnosťou, ktorá udáva aký najtenší oceľový drôt na svetlom pozadí je röntgen ešte schopný zobraziť a prenikavosťou, ktorá udáva akú najhrubšiu oceľovú platňu je schopný röntgen prežiarit bez toho aby bol zobrazený ako čierny predmet.

V najmodernejších röntgenových prístrojoch je možné získať röntgenové zobrazenia s farebným odlíšením podľa jednotlivých druhov materiálov alebo priestorové zobrazenia prežarovných predmetov

Napríklad röntgen firmy EG&G Astrophysics E-Scan pracuje na princípe dvoch rozdielnych energetických výkonov a je schopný rozlíšiť organické a anorganické látky podľa rozdielu atómových čísiel a farebne ich odlíšiť. Látky s atómovým číslom menším ako 10, ktorými sú napríklad výbušniny a narkotiká sú na monitore zobrazované výstražnou oranžovou farbou, objekty s vyšším atómovým číslom ako 10, ktorými môžu byť napríklad zbrane, sú zobrazované v odtieňoch modrej farby a veľmi husté predmety sú zobrazované zelenou farbou. Iným typom röntgenu je Z-Scan, ktorý pracuje na princípe združenia dvoch žiaričov v jednom röntgene a následného prežarovania predmetu z viacerých strán s časovým posunom. Z jednotlivých rezov je vygenerovaný priestorový obraz predmetu a pomocou algoritmu sú identifikované priestory s atómovou hmotnosťou plastických trhavín na ktoré je upozornený operátor. Röntgeny nesmú prekračovať stanovené normy pre únik prípustného žiarenia a nesmú poškodzovať fotografický film ani nosiče elektronických dát.

V pyrotechnickej a bezpečnostnej praxi sa používajú röntgenové prístroje statické a prenosné. Výhodou statických röntgenových prístrojov je najmä ich vyšší výkon a lepšia zobrazovacia schopnosť. Sú používané najmä na letiskách a v dôležitých a chránených objektoch. Ich nevýhodou je pomerne vysoká cena, väčší rozmer a ich imobilita. Výhodou prenosných röntgenových prístrojov je najmä ich mobilita a malý rozmer. Používajú sa priamo na mieste výskytu výbušného systému alebo podozrivého predmetu. Nevýhodou je slabší výkon i monochromatické zobrazenie výsledkov prežarovania.

V kriminalistickej pyrotechnike boli prakticky odskúšané aj možnosti využitia **gamagrafie** pri skúmaní výbušných systémov. Ide o metódu prežarovania objektu žiarením gama⁹, ktoré má podobné vlastnosti ako röntgenové žiarenie. Gama žiarenie je zväzok neviditeľných lúčov, ktoré prechádzajú objektom pričom je taktiež možné viditeľné zobrazenie objektu napríklad na špeciálny fotografický film. Ako gama

⁸ Bližšie pozri: MICHALICA, R.: Opatrenia na elimináciu účinkov nájdených výbušných systémov do príchodu pyrotechnika PZ. In: Policajná teória a prax, XIV, 1/2006, s.88

⁹ Bližšie pozri: Letošťák, L. a kol.: Možnosti využitia gamagrafie pri skúmaní výbušných systémov. In: Československá kriminalistika

žiariče boli odskúšané rádioaktívne izotopy cézia, kobaltu a irídia. Z použitých rádioaktívnych izotopov sa ako najvhodnejší javí izotop Ir^{192} ktorý má pri expozícii 1 až 5 minút dostatočnú energiu a ostrú kresbu objektu. Táto metóda nebola v pyrotechnickej praxi odskúšaná preto nie je možné objektívne posúdiť jej prínos resp. nedostatky. Prístroje pracujúce s neviditeľným spektrom žiarenia spôsobujú ionizáciu (vodivosť) plynov a práve tento fyzikálny jav môže byť využitý pri uvedení iniciátora pracujúceho na tomto princípe do činnosti. V kriminalisticko-bezpečnostnej praxi je potrebné s tým počítať.

Na zisťovanie prítomnosti výbušnín sa využívajú **chemické detektory výbušnín**, súpravy čidiel ale aj služobné psy. Detektory výbušnín sú elektronické prístroje, ktoré sú schopné spracovať a vyhodnotiť vzorku výbušnín vo forme plyných výparov skúmanej látky alebo vo forme častíc skúmanej látky prípadne aj v ich kombinácii. Ak sú v skúmanej vzorke prítomné pary výbušnín tieto sú po ionizácii väčšie a ťažšie ako ióny vzduchu a preto sa trubicou pohybujú pomalšie. Prístroj zaznamená ešte jeden prúdový náraz a z polohy a veľkosti druhej prúdovej špičky je procesorom stanovená koncentrácia a zloženie skúmanej látky. Použitie detektorov analyzujúcich plyné výpary je podmienená schopnosťou skúmanej látky sublimovať. Pri nízkej teplote je schopnosť látky uvoľňovať plyné výpary minimálna a rastie až so zvyšujúcou sa teplotou.

Výhodou takýchto detektorov však je, že nie je nutný bezprostredný kontakt so skúmaným objektom. Naproti tomu pri detektoroch analyzujúcich častice skúmaného objektu nie je nevyhnutná sublimácia, je však nevyhnutný kontakt so skúmaním objektom. Chemické detektory výbušnín sa využívajú pri ochrane objektov, kontrole predmetov ale aj pri pyrotechnických zásahoch. Dôležitým faktorom úspešnosti použitia detektora výbušnín je obalový materiál výbušného systému. Pri hermetizácii výbušniny v pevnom obale sú možnosti detekcie výrazne obmedzené s čím treba v kriminalisticko-bezpečnostnej praxi počítať.

Montrealský dohovor o značkovani plastických trhavín pre účely detekcie pod pojmom trhaviny rozumie najmä plastické trhaviny na báze oktogénu - **HMX** (**H**igh **M**elting **eX**plosives), na báze hexogénu - **RDX** (**R**esearch **D**eartment **eX**plosives) a na báze pentritu - **PETN** (**P**enta**E**ritrit**T**etra**N**itrát). Dohovor vo svojich ustanoveniach stanovuje tzv. detekčné látky, ktoré sa musia v stanovenej minimálnej koncentrácii (0,1 – 0,5 %) pridať do trhaviny takým spôsobom aby bola homogénne rozptýlená v trhavine. Ako detekčné látky dohovor stanovuje EGDN (etylénglykol dinitrát), DMNB (2,3-dimethyl-2,3-dinitrobutan), p-MNT (para-mononitrotoluen) a o-MNT (orto-mononitrotoluen).

Prítomnosť výbušnín sa dá zistiť aj pomocou **neutrónovej aktivačnej analýzy**, ktorá využíva zdroj nízko energetických termických neutrónov, pričom pri prechode látkou sú termické neutróny s vysokou pravdepodobnosťou zachytávané atómami látky z ktorých sa následne stávajú izotopy s prebytkom energie. Pri návrate do pôvodnej nevybudenej nízko energetickej formy sa prebytočná energia uvoľňuje a vyžaruje vo forme vysoko energetického gama žiarenia typického pre konkrétnu látku. Vyhodnotením relatívnej intenzity a energie žiarenia je potom možné stanoviť prítomnosť, umiestnenie a množstvo konkrétnych prvkov v skúmanom predmete. Zariadenia pracujúce na princípe neutrónovej aktivačnej analýzy, ktoré vyrába americká firma Science Application International boli umiestnené na letiskách v USA a Veľkej Británii. Napriek dobrým výsledkom detekcie výbušnín je toto zariadenie rozmerné, pomalé a finančne nákladné. Uvedenú metódu nie je možné použiť v teréne.

Pri použití **špeciálnych služobných psov** na vyhľadávanie výbušnín sú využívané podmienené reflexy, ktoré sa vytvárajú na základe nepodmienených reflexov pri zámernom podmieňovaní - výcviku psov. Tento sa vykonáva prostredníctvom mechanických, chuťovodráždivých, kontrastných alebo napodobňovacích metód odlišne u psov rôznych charakterových typov. Vycvičené psy sú schopné vopred nacvičeným spôsobom (zaľahnutie, štekание, škrabanie a pod.) na základe ich citlivého čuchu označiť miesto výskytu výbušniny. Na kvalitu práce psa na mieste činu vplyvajú rôzne okolnosti ako napríklad vonkajšia teplota, sila vetra, doba použitia psa alebo okolitý ruch. Špeciálne služobné psy – výbušnínári sú využívané pri bezpečnostnej kontrole osôb, podozrivých predmetov ale aj objektov. Výhodou použitia špeciálnych služobných psov je ich mobilita, možnosť skontrolovať aj ťažšie prístupné miesta ako aj do istej miery „odstupná manipulácia“. Nevýhodami sú najmä ich spoľahlivosť a rýchla vyčerateľnosť. Pes je schopný sústredene pracovať po dobu približne 15 – 30 min po ktorej je jeho použitie na istý čas výrazne obmedzené.

Na kontrolu prítomnosti kovových predmetov sú používané **detektory kovov**, ktoré sú schopné zaznamenať prítomnosť kovového predmetu vo svojom okolí. Detektory kovov pracujú na princípe odozvy okolitého prostredia na vlastné magnetické pole. Ak sa v tomto poli nachádza kovový predmet vytvára zmenu v prostredí, ktorú je schopný detektor zaznamenať a vyhodnotiť svetelne, akusticky alebo graficky. Dnešné moderné detektory kovov sú schopné odhaliť aj predmety z nemagnetických materiálov, kompozitov alebo kovov s nízkou elektrickou vodivosťou.

V bezpečnostnej praxi sa na ochranu objektov, kontrolu osôb a predmetov a pri pyrotechnických zásahoch používajú rámové a ručné detektory kovov. Výhodou rámových detektorov je ich vysoká účinnosť a spoľahlivosť nakoľko sa ich vhodným umiestnením znižuje riziko falošných signálov.

Nevýhodou je veľký rozmer, vysoká cena a ich imobilita. Výhodou ručných detektorov je ich mobilita a cena naproti tomu sú menej účinné a aj spoľahlivé v súvislosti s rastúcou vzdialenosťou objektu, hrúbkou a typom medzného materiálu medzi detektorom a objektom ako aj okolitým prostredím.

Okrem detektorov kovov sa na vyhľadávanie kovových objektov používajú **magnetometre**, ktoré sú založené na princípe gradiometra, ktorým sa môžu vyhľadávať magnetické anomálie v magnetickom poli zeme. Feromagnetické objekty vytvárajú vo svojom okolí rušivé pole, ktorého amplitúda a polarita sa využíva ako informácia pre ich lokalizáciu. Výhodou magnetometrov je ich pomerne vysoká účinnosť, presnosť a spoľahlivosť ako aj možnosť spracovania digitálnych lokalizačných máp s presne uvedenými súradnicami lokalizácie, hĺbky, tvaru a nasmerovania objektu. Ich nevýhodou je rozmernosť sondy a vysoká cena.

Na vizuálnu kontrolu nedostupných priestorov alebo podozrivých predmetov sa používajú **endoskopy**. Endoskopy pracujú na princípe prenosu svetla a obrazu prostredníctvom optických vlákien a výsledné zobrazenie skúmaného miesta je buď optické v okulári alebo digitálne na monitore. Na akustickú kontrolu podozrivých predmetov sa využívajú **stetoskopy**, ktoré sú schopné zachytiť a zosilniť zvuky vychádzajúce z vnútra podozrivého predmetu. Rozlišujeme kontaktné a bezkontaktné typy stetoskopov pracujúce na princípe ultrazvuku. Použitie endoskopov je možné len pri objektoch do ktorých je možné zaviesť sondu endoskopu. Skúmanie objektov s pevným ťažko preniknuteľným obalom alebo do predmetov pevného skupenstva jej s použitím endoskopu obmedzené. Výhodou endoskopu je možnosť priameho a dynamického pozorovania objektu z jeho vnútra. Naproti tomu stetoskop je možné využiť aj na skúmanie uzavretých objektov nakoľko jeho sonda dokáže pracovať aj pri povrchovom umiestnení.

Na prítomnosť zdroja elektrického prúdu sa používajú mobilné **merače elektrického prúdu**, ktoré sú schopné v určitej vzdialenosti identifikovať jeho zdroj. Ich výhodou je možnosť detekcie použitého zdroja elektrického prúdu tvoriaceho súčasť iniciačného zariadenia. Nevýhodou je malý dosah a spoľahlivosť v zarušenom prostredí.

Pri zaistovaní výbušných systémov je nevyhnutné predovšetkým vykonať **evakuačné a zabezpečovacie opatrenia**, ktoré by mali zabezpečiť, aby bol ohrozený priestor v určitom okruhu (približne 100 – 300m prípade viac podľa situácie) okolo miesta výskytu výbušného systému čo najčistejši. To znamená, aby boli z tohto priestoru evakuované osoby a pokiaľ je to s ohľadom na bezpečnosť možné aj dôležité alebo nebezpečné veci (kanistre s PHM, fľaše so stlačeným plynom a pod.). Pokiaľ je to potrebné

evakuujú sa aj okolité miestnosti, chodby, budovy, parkoviská, obchody, cesty, chodníky, odkloní sa doprava. Musia sa zabezpečiť príjazdové a únikové cesty pre pyrotechnikov a záchranárov, priestor pre zasahujúce osoby a techniku i pre evakuované osoby. Po vyčistení ohrozeného priestoru je potrebné ohrozený priestor ohradiť, vyznačiť, uzavrieť a strážiť. Do ohrozeného priestoru sa nesmie vstupovať a musí sa zabrániť vstupu iných osôb okrem osobitných prípadov, ak by hrozilo nebezpečenstvo z omeškania. Čaká sa až do príchodu pyrotechnika PZ, ktorý na mieste rozhodne o ďalšom postupe. S výbušným systémom alebo podozrivým predmetom sa nesmie manipulovať, prikrývať ho, manipulovať s káblami alebo lankami, ktoré z neho vychádzajú, nesmie sa v jeho blízkosti používať zdroj rádiového signálu, otvorený oheň, nemal by sa umelo osvetľovať a pod. Pyrotechnika treba čo najpresnejšie informovať o situácii na mieste. Najmä o tom, kde sa nachádza podozrivý predmet, ako vyzerá, čo nasvedčuje tomu, že sa jedná o výbušný systém, či z neho niečo vyteká, či vydáva zvuk alebo svieti, aké boli prijaté opatrenia, či hrozí pri možnom výbuchu výbušného systému nebezpečenstvo a pod.

Medzi **nežiadúce javy pri výbuchu** patria seizmická vlna, tlaková vlna, rozlet okolitého terénu a rozlet črepín. Účinok týchto javov, ktoré môžu pri výbuchu spôsobiť ohrozenie alebo poškodenie života, zdravia alebo majetku je však možné znížiť prijatím vhodných opatrení na **ich obmedzenie**¹⁰. Obmedziť účinok seizmickej vlny je možné vytvorením ochrannej priekopy alebo zpevnením objektu vreciami s pieskom. Obmedziť účinok tlakovej vlny je možné utlmením prostredníctvom nakrytia vhodného materiálu na výbušný systém alebo jeho umiestnením pod povrch terénu. Iným spôsobom je vytvorenie ochranného valu, ktorý usmerní tlakovú vlnu v prevažnej miere požadovaným smerom. Pri ochrane budov je možné obmedziť účinky tlakovej vlny vysadením okien a dvier z pántov a pod. Proti rozletu okolitého terénu a črepinám z výbušného systému je možné použiť vhodné materiály na nakrytie alebo iné ochranné prostriedky. Medzi tieto prostriedky zaraďujeme napríklad **pyrotechnický oblek, protičrepinový štít alebo protičrepinovú deku**.

Prostriedkami na ochranu pyrotechnika a na elimináciu možnosti diaľkovej iniciácie výbušného systému prostredníctvom elektromagnetického vlnenia sú **rušičky rádiového signálu**. Rušičky pracujú na princípe všesmerového vysielania rušiaceho signálu prostredníctvom antén na rôznych frekvenciách čím dokážu zabrániť prenosu rušeného signálu od vysielateľa k prijímaču. V závislosti od typu rušičky a antény sú najvýkonnejšie rušičky schopné zarušiť všetky používané frekvenčné pásma. Iniciátor výbušného systému môže byť prostredníctvom iniciačného zariadenia uvedený do činnosti pomocou rádiových vln.

Rušička zabráni prenosu rádiového signálu k iniciačnému zariadeniu výbušného systému čím zabráni jeho iniciácii. V pyrotechnickej praxi sa používajú univerzálne širokopásmové rušičky s možnosťou zarušenia frekvenčných pásiem rádiového vysielania, mobilných telefónov, občianskych frekvencií ale aj diaľkových ovládačov. Výhodou rušičiek rádiového signálu je ich pomerne vysoká účinnosť pri zarušení širokého spektra frekvenčných pásiem na postačujúcu operačnú vzdialenosť. Nevýhodou je u väčších širokopásmových rušičiek najmä ich cena a rozmery, ktoré si vyžadujú samostatný podvozok ako aj ich energetická náročnosť.

Jednou z možností dočasnej eliminácie účinkov výbušného systému je aj **premiestnenie výbušného systému** na bezpečné miesto, kde nemôže výbuchom spôsobiť nežiadúce ohrozenie¹¹. Pri výbere miesta je potrebné okrem ostatných okolností brať do úvahy možné ohrozenie spôsobené účinkami výbušného systému na okolité prostredie. Jedná sa najmä o ohrozenie okolitého prostredia seizmickou a tlakovou vlnou, rozletom črepín, zeminy, prípadne iných častí v blízkosti epicentra výbuchu ale aj o ohrozenie tepelnými, svetelnými a akustickými účinkami pri výbuchu. Táto metóda nepredstavuje samotné zneškodnenie systému ale môže mu predchádzať v prípade ak hrozí nebezpečenstvo z omeškania a je nutné prioritne výbušný systém najskôr za pomoci pyrotechnických prostriedkov a odstupne premiestniť a až následne zneškodniť. Pri jeho premiestňovaní je možné využiť napríklad **ťažký pyrotechnický oblek** s ramenom **odstupnej manipulácie** alebo **pyrotechnický robot**.

Pri premiestňovaní alebo likvidácii výbušného systému sa používajú aj špeciálne mobilné **výbuchové komory**, v ktorých je možné bezpečne prepravovať alebo likvidovať výbušniny resp. výbušné systémy až do hmotnosti niekoľkých kilogramov. Výbuchové komory sú špeciálne technologické zariadenia, ktoré sa okrem uvedeného používajú aj na skúšky výbušnín. Sú konštruované tak, aby zachytili účinky detonácie o ekvivalente x TNT bez ohrozenia okolitého prostredia a zároveň eliminovali prostredníctvom vlastnej filtračnej stanice výstupné emisie. Ovládanie výbuchovej komory je na diaľku z bezpečnej vzdialenosti.

Pri samotnom prenášaní výbušniny alebo výbušného systému sa používajú **prenosné kontajnery na výbušniny**. Sú to plynotesné zariadenia slúžiace na ochranu proti výbušným materiálom a hermeticky chránia pred tlakovým aj črepinovým účinkom výbuchu prenášanej výbušniny alebo výbušného systému do množstva približne 1kg výbušniny. Výhodou mobilných výbuchových komôr je možnosť bezpečného prevozu alebo bezpečnej likvidácie pomerne značného množstva výbušniny ako aj ich diaľkové

¹⁰ Bližšie pozri: DĚl-27-14 Pyrotechnická činnost. MNO, Praha 1977, s 71 a nasl.

¹¹ Bližšie pozri: DĚl-27-14 Pyrotechnická činnost. MNO, Praha 1977, s. 71 a nasl.

ovládanie. Nevýhodou je ich vysoká cena a pomerne veľké rozmery, ktoré si vyžadujú samostatný podvozok. Výhodou prenosných kontajnerov na výbušniny je možnosť ich prenosu a nižšia obstarávacia cena. Medzi ich nevýhody patrí menšie množstvo a rozmer prenášanej veci a manuálne plnenie.

Na zneškodňovanie výbušných systémov sa používajú **vodné rozstreľovače**, ktoré prostredníctvom usmerneného vodného lúča vo väčšine prípadov spôsobia rozpojenie elektrického obvodu alebo rozdelenie jednotlivých komponentov výbušného systému ešte pred jeho iniciáciou. V pyrotechnickej praxi sa používajú elektrické aj pyrotechnické jednorázové vodné rozstreľovače ale aj vodné rozstreľovače pre opakované použitie a vodné rozstreľovače ako súčasť pyrotechnických robotov. Ich výhodou je pomerne rýchle a účinné rozpojenie alebo rozbitie výbušného systému bez jeho iniciácie. Vodné rozstreľovače sa používajú okrem samotného zneškodnenia výbušného systému alebo jeho komponentov aj na rozbitie podozrivých predmetov alebo na ich roztvorenie. Nevýhodou vodných rozstreľovačov je skutočnosť, že v prípade použitia kontaktného elektrického alebo mechanického zariadenia a nepresného usmernenia vodného lúča môže dôjsť k nežiadúcemu výbuchu.

V prípade výbušných systémov umiestnených v pevných obaloch ako sú napr. rúrové bomby je možné po predchádzajúcom zröntgenovaní použiť **vysokotlakový vodný lúč**, ktorý dokáže čistým prúdom vody alebo prúdom vody s abrazivom o šírke 0,8 – 1,2 mm pod tlakom 400 Mpa rezať všetky druhy materiálov do hrúbky 250 mm. V mieste kontaktu lúča s rezaným materiálom dochádza pôsobením umelo vyvolaného a riadeného procesu erózie k mechanicko-brúsnej forme úbytku rezaného materiálu. Vysokotlakovým vodným lúčom je možné rezať všetky druhy oceli, sklo, kameň. Drevo, plasty, polyméry, kompozity, meď, hliník, titán spekaný karbid a ich zliatiny.

Výhodou tejto metódy je schopnosť prieniku do pevných uzavretých objektov s premenlivou hrúbkou a citlivosťou na teplo s minimalizovanou deštrukciou vnútorného obsahu. Nevýhodou je obstarávacia cena a zatiaľ pomerne malý výskyt v pyrotechnickej praxi.

Na otváranie výbušných systémov s pevným obalom (napríklad rúrové bomby) slúžia podobne ako vysokotlakový vodný lúč aj špeciálne **pásky s usmernenou plastickou trhavinou**, ktoré sú schopné závitovo roztvoriť pevný obal s minimalizovanou deštrukciou vnútorného obsahu. Pásky pracujú na princípe usmerneného účinku minimálneho množstva výbušniny na objekt s možnou elimináciou iniciácie nálože. Výhodou je vysoká účinnosť a možnosť odstupnej manipulácie. Nevýhodou je možné poškodenie vnútorného obsahu ako aj možnosť iniciácie nálože.

V pyrotechnickej praxi sú úspešne zavedené **pyrotechnické roboty**, ktoré v sebe spájajú niekoľko prostriedkov na detekciu, premiestnenie a zneškodnenie výbušného systému. Používajú sa roboty rôznych veľkostí a konštrukčných usporiadaní, ktoré sú vybavené najmä sústavou kamier na detekciu výskytu výbušného systému a prípadne aj jeho konštrukcie. Súčasťou robotou sú mechanické ramená prostredníctvom, ktorých je možné výbušný systém premiestniť a taktiež vodné rozstreľovače, ktoré dokážu výbušný systém zneškodniť. Všetky operácie sa vykonávajú na diaľku z bezpečnej vzdialenosti. Výhodou pyrotechnických robotov je ich komplexné použitie a diaľkové ovládanie. Nevýhodou je okrem vysokej obstarávacej ceny aj problematická dosažiteľnosť v náročnejšom teréne ako aj ich nefunkčnosť pri použití rušičky rádiového signálu čo je možné odstrániť použitím ovládacieho kábla, ktorým však mnohé pyrotechnické roboty nie sú vybavené.

V prípade výbušného systému s elektrickým iniciátorom sa používajú elektrické a pyrotechnické trhače káblov, ktoré dokážu **rozpojiť elektrický iniciačný obvod**. Výhodou trhačov káblov je jednoduchá a odstupná manipulácia s nimi. Okrem týchto pyrotechnických prostriedkov je možné na elimináciu elektrického obvodu použiť aj iné pyrotechnické prostriedky.

Pri pyrotechnickom zásahu platí pravidlo, že akákoľvek manipulácia s výbušným systémom pred jeho znefunkčnením sa vykonáva odstupne. Pokiaľ je však konštrukcia a funkcia výbušného systému pyrotechnikovi zrejímavá, nehrozí nebezpečenstvo nežiaduceho výbuchu a je to vzhľadom na ostatné okolnosti účelné, je možná **deadjustácia iniciátora alebo iniciačného zariadenia** výbušného systému, čím sa výbušný systém znefunkční.

S prihliadnutím na typ výbušného systému, jeho umiestnenie, konštrukciu a stav je možné deadjustovať výbušný systém jeho **rozobratím** na jednotlivé samostatne nevýbušné komponenty. Výhodou deadjustácie iniciátora alebo celého výbušného systému je zachovanie kriminalistických stôp bez poškodenia systému ale aj okolitého prostredia. Nevýhodou je napriek predpokladom vychádzajúcim z determinantov konkrétnej situácie hroziace nebezpečenstvo výbuchu výbušného systému.

Niektoré výbušniny je možné ničiť aj **vylúhovaním¹² vo vode**. Metóda je založená na rozložení výbušnín vo vode a na strate ich výbušných vlastností. Výbušniny sa lúhujú v nádobe, do ktorej sa naleje voda v pomere 10:1 k množstvu výbušnín a za občasného miešania sa roztok lúhuje 2 až 24 hodín. Celá procedúra sa opakuje 3x a na konci sa nerozpustné zvyšky spália. Výbušniny je možné lúhovať aj

v tečúcej vode. Takýmto spôsobom je možné ničiť čierny prach alebo práškové trhavy bez obsahu nitroglycerínu, nitroglykolu, trinitrotoluénu, pentaerytritetranitrátu alebo inej brizantnej trhavy ale aj pyrotechnické zlože. Zníženie alebo eliminácia výbušninárskych vlastností výbušniny je možné aj prostredníctvom niektorých neutralizačných chemických roztokov. Výhodou tejto metódy je zničenie výbušnín bez sprievodných účinkov výbuchu. Diskutabilná ostáva otázka znečistenia vodného prostredia obsiahnutými chemickými látkami.

Iným spôsobom ničenia výbušnín je ich **spaľovanie**¹³. Pri spaľovaní výbušnín je potrebné okrem bezpečnostných opatrení dbať aj na maximálne dovolené množstvá a na samotné technologické spôsoby spaľovania v závislosti od jednotlivých druhov výbušnín. Napríklad podľa vojenského predpisu DĚl-27-14 je možné spaľovaním ničiť čierny prach naraz v množstve max 50 kg, trinitrotoluén a jeho zmesi v množstve max 250 kg a pyrotechnické zlože v množstve max 25 kg. Zásadne sa spaľovaním nesmú ničiť výbušniny znečistené iniciačnými výbušninami alebo obsahujúce traskaviny. Výhodou tejto metódy je zničenie výbušnín bez sprievodných účinkov výbuchu avšak pri spaľovaní dochádza k znečisteniu ovzdušia a je potrebný vhodne upravený priestor na jeho vykonávanie.

Jednou z možností zničenia výbušniny je aj použitie tzv. **termitových zloží**, ktoré sú schopné zapáliť výbušninu a tým ju zničiť. Termitové zlože sú pyrotechnické zlože hliníka, železa a okysličovadla, ktoré horia vysokou teplotou (2000–2800 °C) a používajú sa napríklad pri zváraní koľajníc alebo kovov. Vo výzbroji ozbrojených síl sa používali termitové náložky ktoré sa iniciovali trecím rozniecovačom táto metóda však nebola v pyrotechnickej praxi odskúšaná pri zneškodňovaní výbušných systémov a preto jej prínos nemôžeme objektívne posúdiť.

Na základe poznania základných vlastností výbušnín ale predovšetkým ich citlivosti je možné **vytavovať trhavinu** z predmetu (výbušného systému, munície) v ktorom je zalaborovaná. Bezpečné vytavovanie trhavy je možné pri dostatočnom teplotnom rozdieli teploty topenia a teploty vzbuchu¹⁴ trhavy pokiaľ nie je trhavina v kontakte so žiadnym iniciačným zariadením ani iniciátorom. Napríklad vojenská trhavina 2,4,6-trinitrotoluén má teplotu topenia v čistej forme 80,7° C a teplotu vzbuchu pri rýchlosti zahrievania 5 °C za minútu až 470 °C.

¹² Bližšie pozri: DĚl-27-14 Pyrotechnická činnost. Praha:MNO,1987, s 85 a nasl.

¹³ Bližšie pozri:DĚl-27-14 Pyrotechnická činnost. Praha:MNO,1987, s 87 a nasl.

¹⁴ Bližšie pozri: Kol.aut.: Speciální technika I.díl. Praha: FM VS, 1976

Metódy vylúhovania, spaľovania a vytavovania sa používajú len na ničenie samotných výbušnín neobsahujúcich iniciátory ani iné iniciačné komponenty. Nie je ich teda možné využiť pri ničení výbušného systému ako celku. Okrem tejto nevýhody sú aj časovo a priestorovo obmedzené.

Samotné **ničenie výbušných systémov výbuchom** spočíva v tzv. bezzvyškovvej likvidácii systému pomocou vhodnej trhaviny, spôsobom zaručujúcim úplné zničenie systému za dodržania potrebných bezpečnostných opatrení a dosiahnutia čo najmenšieho možného ohrozenia života, zdravia a majetku s ohľadom na konkrétnu situáciu a ďalšie okolnosti. Na ničenie výbušných systémov sa v ozbrojených zboroch a ozbrojených silách najčastejšie používajú vojenské trhaviny TNT a PINp10. Náložky TNT (trinitrotoluénu) a plastická trhavina PINp10 (tzv. vojenský Semtex na báze pentaeritritetranitrátu) sú v rezortoch MV SR a MO SR štandardným náloživom a používajú sa k ničeniu výbušných systémov, vojenskej munície a ďalších pyrotechnických prostriedkov.

Medzi nie veľmi známe a používané metódy patrí aj metóda **zmrazovania výbušných systémov**, ktorá spočíva v hlbokom zmrazení mechanických súčastí výbušného systému pričom dochádza k ich skrehnutiu a následnej deštrukcii a tým k ich vyradeniu z činnosti. Táto metóda nie je využívaná a nie je možné zaručiť jej spoľahlivosť a posúdiť jej prínos pre pyrotechnickú prax.

Metóda **lineárneho ničenia vojenskej munície** je založená na presnom uložení stanovenej nálože vo vhodnej vzdialenosti od objektu ničenia. Používa sa na ničenie niektorých typov vojenskej munície väčších kalibrov a spočíva v neúplnom zničení munície bez iniciácie bojovej náplne. Táto metóda nie je využívaná najmä z dôvodu obmedzenosti jej použitia a nezaručiteľnosti jej účinkov a nie je možné posúdiť jej prínos pre pyrotechnickú prax.

Ďalšou nie veľmi využívanou metódou je **chemické zneškodňovanie výbušnín**. Chemicky sa napríklad zneškodňujú zvyšky výbušnín v odpadových vodách, matičných roztokoch alebo na výrobných zariadeniach ktoré nie je možné zneškodniť vhodnejším spôsobom. Podstatou chemického zneškodňovania výbušnín je ich rozloženie na nevýbušné zložky pomocou vhodných chemických látok ako napr. sodného lúhu, kyseliny soľnej, kyseliny dusičnej alebo železných pilín. Chemické zneškodňovanie výbušnín je náročné ako z technologického tak aj z ekologického hľadiska a spravidla prebieha v niekoľkých etapách. V tejto oblasti sa črtá potreba budúceho vedeckého výskumu u nás ale aj vo svete.

Okrem uvedených metód a prostriedkov, ktoré sa využívajú v pyrotechnickej praxi pri zneškodňovaní výbušných systémov je možné využiť aj ďalšie, ktoré neboli spomínané. Mám na mysli mechanické **súpravy odstupnej manipulácie** ale aj rôzne improvizované metódy a prostriedky používané v závislosti od konkrétnej situácie. Jedným z **improvizovaných prostriedkov** používaných v pyrotechnickej praxi, ktorý pracuje na podobnom princípe ako vodné rozstreľovače je 1,5 l PET fľaša naplnená vodou v ktorej je vložená tyč s dvomi žilami bleskovice NP-I iniciovanými zážihovou rozbuškou „ž“ so zápalnicou.

Zneškodňovanie výbušných systémov a metódy a prostriedky, ktoré sa na tento účel využívajú predstavujú pomerne náročnú a z pyrotechnického hľadiska dôležitú problematiku. Práve jej stručné priblíženie a zhrnutie bolo cieľom tohto textu.

Literatúra:

Kol.aut.: *Speciální technika, I, II.* Praha: FM VS, 1976

KRAJNÍK, V.: *Kriminalistika*. Bratislava: Akadémia PZ, 2000

LETOŠTÁK, Ľ.: *Kriminalistická pyrotechnika*. Bratislava: VŠ ZNB, 1982

MICHALICA, R.: *Opatrenia na elimináciu účinkov nájdených výbušných systémov do príchodu pyrotechnika PZ*. In: Policajná teória a prax, XIV., 1/2006

MICHALICA, R.: *Niektoré metódy a prostriedky zneškodňovania výbušných systémov*. In: Policajná teória a prax, XV., 4/2007

VÁGNER, J. - SUDICKÝ, J.: *Pyrotechnická činnosť*. Martin: VU, 1983

Dohovor o značkování plastických trhavín, Montreal, 1991

Děl-27-14 - Pyrotechnická činnosť. Praha: MNO, 1977

Nariadenie MV SR č.59/2001 o organizácii a výkone pyrotechnickej činnosti

Žen-29-2 - Miny a rozněcovače. Praha: MNO, 1987

Žen-2-6 - Trhaviny a ničenie. Praha: MNO, 1982

Základný kurz bezpečnostnej ochrany v civilnom letectve. Žilinská univerzita, Národné výcvikové centrum bezpečnosti v civilnom letectve. Žilina

50 rokov pyrotechnickej služby-CD. Medzinárodná pyrotechnická konferencia, KEÚ PZ, Bratislava 2002

www.pyra.sk

www.zeveta.cz

www.spyshop.sk

Michalica,R.

Metódy a prostriedky zneškodňovania výbušných systémov

ZHRNUTIE

Autor charakterizuje pojmy zneškodňovanie a likvidácia zavedené vo vojenskej a kriminalistickej pyrotechnike. V ďalšej časti uvádza objekty skúmania kriminalistickej pyrotechniky v súvislosti s použitím výbušných systémov a uvádza aj možnú základnú klasifikáciu výbušných systémov. V nadväznosti na predchádzajúcu časť sa venuje niektorým determinantom pri výbere vhodných metód a prostriedkov na zneškodnenie výbušného systému. Jadrom článku je charakteristika metód a prostriedkov, ktoré sa využívajú u nás aj v zahraničí pri zneškodňovaní a likvidácii výbušných systémov.

Michalica,R.

Methods and means of explosive systems deactivation

SUMMARY

Author defines the concept of disposal and liquidation implemented in military and forensic pyrotechnic. In the next episode he brings up the objects of forensic pyrotechnics examination regarding explosion's systems use and he also classifies the basis of explosion systems. Following the previous episode the Author pays attention to some determinants in order to choose the best methods and means for explosion system disposal. The main point of the article is the characteristic of methods and means which are used by disposal and liquidation of explosion systems in Slovakia and abroad too.

Michalica,R.

Einige Methoden und Mitteln zur Entschärfung der Sprengsysteme

ZUSAMMENFASSUNG

Der Autor charakterisiert die Begriffe der Entschärfung und Liquidation, die in einer militärischen und kriminalistischen Pyrotechnik eingeleitet wurden. Im Folgenden erwähnt er die Objekte der Untersuchung der kriminalistischen Pyrotechnik im Zusammenhang mit dem Einsatz der Sprengsysteme und erwähnt auch mögliche primäre Klassifikation der Sprengsysteme. Im Anschluss an vorigen Teil widmet er sich mancher Determinante bei der Wahl der geeigneten Methoden und der Mittel zur Entschärfung des Sprengsystems. Der Kern des Artikels ist die Charakteristik der Methoden und Mitteln, die bei uns und im Ausland angewendet werden, bei der Entschärfung und Liquidation der Sprengsysteme.