



Operačný program monitorovania železničných vagónov

1. Opis pracoviska a prístrojového vybavenia

Monitorovacie zariadenie je inštalované na zväznom pahorku na železničnej stanici Bratislava – východ. Exteriérovú časť zariadenia tvorí dvojica veľkoplošných senzorov rádioaktivity na báze plastických scintilačných detektorov o rozmeroch 100 x 50 x 10 cm. Detektory sú uložené v kabinetoch odolných voči poveternostným podmienkam a sú namontované na železných stojanoch vo vzdialenosti 295 cm od osi koľajiska po oboch stranách koľajiska (170 cm od povrchu vagónov) so stredom vo výške 2 m. Spolu s detektormi sú inštalované optické senzory na registrovanie a snímanie pohybu vagónov.

Interiérová časť zariadenia sa nachádza v monitorovacom veľíne na prvom poschodí budovy St.6, ktorá sa nachádza cca 10 m metrov od detekčnej brány. Na budove sú inštalované 2 infrakamery s nočným infrapodsvietením pre sledovanie pohybu a rekognifikáciu a identifikáciu vagónov. Okrem kamerového systému zariadenie zahŕňa elektronický systém na kontrolovanie a zaznamenávanie alarmov, spektrometrický systém na analýzu monitorovaného žiarenia gama a vyhodnocovací systém pre potrebné výpočty dozimetrických veličín, archiváciu a prenos údajov.

Stacionárny monitorovací systém sa teda používa v nasledovnej konfigurácii:

- FHT 1388 – veľkoplošný plastický scintilačný detektor 100 x 50 x 10 cm
- FHT 8000 – elektronický modul riadiaci signalizáciu alarmov, napájanie detektorov, registráciu monitorovaných objektov
- MCA AccuSpec – mnohokanálový analyzátor v rámci PC
- METRA - softvér na riadenie monitorovania a vyhodnotenie
- CAMERAS – kamerový systém na identifikáciu objektov monitorovania



Obr. Monitorovacia brána FHT 1388 a elektronika FHT 8000



METRA, s.r.o. • Matejkova 30, Bratislava, SK - 841 05, EU

Bankové spojenie : Tatra banka, a.s., číslo účtu: 2926854404/1100

TP +421 (903) 206 006 • TP +421 (903) 374 555

office@metra.sro.sk • www.metra.sro.sk



2. Prevádzkové predpisy

Prevádzkový režim monitorovania je plne podriadený prevádzkovým predpisom, zásadám bezpečnosti práce a ostatným interným predpisom platným na železničnej stanici. Pracovníci vykonávajúci pravidelné kalibračné práce, bežnú technickú údržbu detektorov, alebo z iných dôvodov vstupujú do koľajiska sú poučení o zásadách pohybu v koľajisku a sú povinní informovať o vykonávanej činnosti pracovníkov vykonávajúcich posun vagónov cez zvažný pahorok. Práce v koľajisku sú obmedzené na minimálnu možnú dobu a pracovník vstupujúci do koľajiska je povinný mať oblečenú reflexnú vestu. Akékoľvek iné činnosti potrebné pre zabezpečenie prevádzky monitorovacej brány je potrebné dohodnúť s vedením železničnej stanice.

Za normálneho 24 hodinového režimu sa riadenie a vyhodnocovanie monitorovania vykonáva prostredníctvom vzdialeného prístupu do monitorovacieho velína z priestorov centrálného pracoviska spoločnosti METRA, s.r.o., Matejkova 20, Bratislava. V prípade potreby sa zabezpečuje prevádzka monitorovacej brány a pravidelné metrologické kalibrácie monitorovacieho zariadenia priamo z monitorovacieho velína. Prevádzka monitorovania pozostáva najmä z nasledovných činností:

- pravidelné kalibračné merania
- kontrola, identifikácia a vyhodnotenie alarmov
- sledovanie a rekognifikácia vagónov
- spektrometrická analýza alarmov a vybraných vagónov
- archivácia nameraných údajov
- certifikácia vybraných vagónov

Z hľadiska radiačnej ochrany je potrebné pri zabezpečovaní prevádzky zariadenia pristupovať v prípade kalibračných meraní a v prípade potencionálneho záchytu vagóna s nedeklarovanou rádioaktivitou ako k činnostiach vedúcich k možnému ožiareniu. Pri kalibračných meraniach sa používajú štandardné kalibračné zdroje aktivity, ktorých nepresahuje 250 kBq. Pracovníci sú poučení o zásadách pri ich používaní, zdroje sú skladované na vyhradenom mieste v osobitnej uzamykateľnej miestnosti budovy St. 6 v olovenom kontajnery, miesto je zabezpečené voči prístupu cudzích osôb.

Prevádzka monitorovacej brány musí prebiehať bez obmedzenia prevádzky na železničnej stanici je zameraná na dva základné režimy monitorovania:

- A) SIGNÁLNY REŽIM - Monitorovanie úrovne radiácie pre účely záchytu nedeklarovanej aktivity z hľadiska radiačnej ochrany a zamedzenia nekontrolovaného šírenia rádioaktívnych materiálov (monitorovanie všetkých vagónov)
- B) SPEKTROMETRICKÝ REŽIM - Metrologické stanovenie vybraných radiačných veličín pre účely radiačnej ochrany a certifikácie kvality prepravovaného materiálu (monitorovanie vybraných vagónov)

V oboch prípadoch sa postupuje pri prekročení zásahovej úrovne podľa osobitného režimu, ktorý je uvedený v časti č. 5 tohto operačného programu. Pracovníci vykonávajúci vyhodnotenie monitorovania sú oboznámení s postupmi pri tomto režime a aplikujú ich neodkladne po zistení prekročenia zásahovej úrovne. Vyhodnocovanie monitorovania z hľadiska metrologického stanovenia radiačných veličín vybraných vagónov sa vykonáva podľa požiadaviek objednávateľa metrologickej služby, vyhodnocovanie monitorovania pre účely radiačnej ochrany sa vykonáva vždy pri alarmoch a pravidelne najmenej raz denne (v takých časových intervaloch, aby monitorovacie brány plnili v maximálnej miere svoju funkciu pre záchyt nedeklarovanej rádioaktivity)



METRA, s.r.o. • Matejkova 30, Bratislava, SK - 841 05, EU

Bankové spojenie : Tatra banka, a.s., číslo účtu: 2926854404/1100

TP +421 (903) 206 006 • TP +421 (903) 374 555

office@metra.sro.sk • www.metra.sro.sk



3. Metodiky monitorovania

Prevádzka monitorovacej brány je založená na fyzikálnych meraniach žiarenia gama pomocou veľkoplošných scintilačných detektorov a súčasnom snímaní monitorovaných vagónov pomocou kamerového systému. Signál z oboch detektorov sa následne vyhodnocuje pomocou dvoch nezávislých systémov: signálny alarmový monitor a spektrometrický analyzátor žiarenia gama.

A) SIGNÁLNY ALARMOVÝ MONITOR

Monitor je založený na vyhodnocovanej elektronike FHT 8000. Signál z detektorov sa vyhodnocuje vzhľadom na prirodzené pozadie. Monitor vykonáva korekciu prirodzeného pozadia bez vagóna na tzv. vagónové pozadie (prirodzené pozadie, ak sa v bráne nachádza čistý vagón). Porovnávajú sa namerané hodnoty (početnosti impulzov za sekundu) z oboch detektorov vzhľadom na početnosti impulzov pochádzajúcich z prirodzeného pozadia alebo vagónového pozadia, ak je v monitorovacej bráne prítomný vagón. Prítomnosť vagóna sa zisťuje pomocou optických snímačov pohybu namontovaných na detektoroch. V prípade prekročenia nastavenej relatívnej hodnoty merania vzhľadom na pozadie sa registruje alarm a archivujú sa všetky namerané, časové a identifikačné údaje. Je možné nastaviť dve nezávislé alarmové úrovne pre každý z dvojice detektorov. Signálny monitor je zapnutý nepretržite 24 hodín denne.

B) SPEKTROMETER ŽIARENIA GAMA

Spektrometer žiarenia gama umožňuje analyzovať meraný signál z detektorov vzhľadom na energiu dopadajúceho žiarenia gama na monitorovacie detektory. Spektrometer je realizovaný na báze mnohokanálového analyzátor MCA AccuSpec umiestneného na počítačovej ISA karte. Získané prístrojové spektrá (energetická distribúcia impulzov z detektorov) je možné konvertovať na reálne fotónové spektrá použitím techniky celospektrálneho spracovania pomocou operátora odozvy. Výsledky umožňujú základnú izotopovú analýzu ako aj stanovenie základných dozimetrických veličín (spektrálny dávkový príkon). Analýza žiarenia gama sa uplatňuje pri vybraných vagónoch pre metrologické stanovenie radiačných veličín a pri zaznamenaných alarmov pre vylúčenie tzv. „nevinných“ alarmov.

C) KAMEROVÝ SYSTÉM

Monitorovanie pohybu vagónov, vstup a výstup vagóna do/z brány a jeho identifikácia sa vykonáva pomocou kamerového systému, ktorý monitoruje pohyb vagónov cez monitorovacie bránu 24 hodín denne. Systém je tvorený dvojicou kamier. Jedna je zameraná na určenie polohy a času vagóna v priestore brány a druhá na odčítanie identifikačného čísla vagóna.

4. Monitorované veličiny

Na základe monitorovacích meraní sa stanovujú vybrané rádiologické veličiny, na základe ktorých možno dozimetricky hodnotiť zaznamenané alarmy a certifikovať kvalitu prepravovaného materiálu vzhľadom na obsah rádioaktívnych materiálov. Na identifikáciu a rekognifikáciu alarmových alebo vybraných vagónov sa používa kamerový systém. Tieto vagóny sú po ich zaznamenaní identifikačným zariadením a detekcii monitorovacou bránou spektrometricky analyzované pomocou spektrometra žiarenia gama a následne vyhodnotené z hľadiska vybraných rádiologických veličín. Používaná metodika celospektrálneho spracovania umožňuje stanoviť viacero metrologických veličín, medzi základné patria:



METRA, s.r.o. • Matejkova 30, Bratislava, SK - 841 05, EU

Bankové spojenie : Tatra banka, a.s., číslo účtu: 2926854404/1100

TP +421 (903) 206 006 • TP +421 (903) 374 555

office@metra.sro.sk • www.metra.sro.sk



- početnosť impulzov N od oboch detektorov (jednotka CPS - nameraný počet elektrických impulzov za sekundu) – prístrojové spektrum impulzov
- fluenčný príkon fotónov F vo vybranom bode (jednotka PPS/cm² – tok fotónov v mieste detekcie 1,7 m od steny vagóna, 1 m od steny vagóna, na povrchu vagóna) – spektrum fluenčných príkonov
- dávkový príkon D vo vybranom bode (jednotka nGy/hod – absorbovaná energia žiarenia gama v 1 kg vody) – spektrum dávkových príkonov
- príkon dávkového ekvivalentu DE vo vybranom bode (jednotka nSv/hod – pre žiarenie gama je rozmerovo totožný s dávkovým príkonom) – spektrum príkonov dávkových ekvivalentov
- odhad emisného príkonu E potenciálneho zdroja pomocou ekvivalentného bodového zdroja umiestneného v strede netieneného vagóna (jednotka PPS – ekvivalentný počet fotónov emitovaných potenciálnym zdrojom) – spektrum emisných príkonov
- odhad aktivity potenciálneho zdroja A pomocou ekvivalentného bodového zdroja umiestneného v strede netieneného vagóna (jednotka kBq – aktivita žiarenia gama potenciálneho zdroja pre identifikované rádionuklidy)

Monitorované veličiny je možné stanoviť pre jednotlivé energetické oblasti ako aj sumárne pre celú monitorovanú energetickú oblasť. Celková monitorovaná energetická oblasť fotónov je do energie 1,5 MeV. Jednotlivé parciálne spektrálne oblasti sú nastavené nasledovne: 0-300 keV (ameríciová oblasť), 300-600 keV (báriová oblasť), 600-900 keV (céziiová oblasť), 900-1200 keV (kobaltová oblasť) a 1200-1500 keV (draslíková oblasť). Oblasti sú pracovne pomenované podľa dominantného nuklidu v danej oblasti. Štandardne sa stanovujú početnosti a dávkové príkony.

5. Monitorovacie úrovne

Optimálna funkčnosť monitorovacej brány z hľadiska radiačnej ochrany závisí od vhodného nastavenia monitorovacích úrovní vzhľadom na maximálnu účinnosť záchytu nedeklarovanej aktivity, vzhľadom na minimalizáciu obmedzenia prevádzky na železničnej stanici a minimalizácie prevádzkových monitorovacích nákladov. Pri monitorovaní sa v súlade s platnou legislatívou sledujú dve základné úrovne:

A) ZÁZNAMOVÁ ÚROVEŇ

Úroveň, prekročenie ktorej indikuje, že môže dochádzať k významnému zvýšeniu radiácie monitorovaného objektu. Radiačná situácia sa zaznamenáva a následne sa vyhodnocuje štatisticky pomocou opakovaných meraní alebo použitím ďalších presnejších prostriedkov. Monitorovacia brána je v súčasnosti nastavená na **záznamovú úroveň 10%** nad prirodzené vagónové pozadie, čo približne zodpovedá 95%-nej úrovni hladiny významnosti (prekročenie tejto záznamovej úrovne znamená s pravdepodobnosťou 95%, že sa jedná o významné zvýšenie radiácie a pravdepodobnosť 5%, že sa jedná len o fluktuáciu prirodzeného pozadia). Pre sledovanie tejto úrovne sa používa signálny monitor FHT 8000.



METRA, s.r.o. • Matejkova 30, Bratislava, SK - 841 05, EU

Bankové spojenie : Tatra banka, a.s., číslo účtu: 2926854404/1100

TP +421 (903) 206 006 • TP +421 (903) 374 555

office@metra.sro.sk • www.metra.sro.sk



B) ZÁSAHOVÁ ÚROVEŇ

Zásahová úroveň je úroveň, keď sa potvrdia pravdepodobnostné prekročenia záznamovej úrovne, takým spôsobom, že je nevyhnutné prijať konkrétne účinné rozhodnutie z hľadiska radiačnej ochrany. Keďže pri uvedenej prevádzke nie je možné vykonať opakované merania vagóna na monitorovacej bráne bez významného obmedzenia železničnej prevádzky, pre vylúčenie tzv. falošných a „nevinných“ alarmov je nutné použiť nasledovné filtre:

- KAMEROVÝ FILTER

Kamerový systém je možné použiť na vizuálne odfiltrovanie niektorých falošných alarmov ako fluktuácie prirodzeného pozadia bez prítomnosti vagóna, technické spustenia spojené s prevádzkou na stanici a údržbárskymi prácami, poveternostnými vplyvmi, typom vagónov a pod. Tento filter umožňuje vylúčiť takmer 30% falošných alarmov.

- SPEKTROMETRICKÝ FILTER

Spektrometrický systém umožňuje vylúčiť ďalších viac ako 50% falošných a najmä „nevinných“ alarmov nevýznamných z hľadiska radiačnej ochrany, predovšetkým tzv. draslíkových alarmov. Keďže spektrometrický systém umožňuje stanoviť priamo dozimetrické veličiny dôležité z hľadiska radiačnej ochrany, je možné v konečnom dôsledku nastaviť zásahovú úroveň priamo v hodnotách dávkového príkonu pri použití princípov ALARA, ako aj detekčnej citlivosti zariadenia.

Vysvetlenie niektorých pojmov:

ALARA – je skratka pre „As Low As Reasonably Achieved“, čo je princíp radiačnej bezpečnosti pre minimalizáciu radiačných dávok a uvoľňovanie rádioaktívnych materiálov do životného prostredia pri zohľadnení a optimalizácii ekonomickej náročnosti a prínosu v oblasti zdravia obyvateľstva.

ALARM – hlásenie zariadenia, že boli prekročené vopred stanovená úroveň (LIMITY)

LIMITY - stanovené úrovne pre reguláciu a výkon základných postupov v oblasti radiačnej ochrany. Počas prevádzky monitorovacej brány sú nastavené dve základné monitorovacie úrovne:

- záznamová úroveň (signálna úroveň) – pomer merania vagóna k vagónovému pozadiu signalizuje, že početnosť impulzov pri meraní vagóna prekročilo stanovenú úroveň nad vagónové pozadie. Situácia signalizuje, že potenciálne ide o možné zvýšenie radiácie, ktorú treba preveriť. Je možno nastaviť nasledovne záznamové úrovne:

Kanál 1 – početnosť od detektora 1 pre signál nad 150 keV
Kanál 2 – početnosť od detektora 1 pre signál do 150 keV
Kanál 3 – početnosť od detektora 2 pre signál nad 150 keV
Kanál 4 – početnosť od detektora 2 pre signál do 150 keV
Kanál 5 – početnosť od oboch detektorov pre signál nad 150 keV

- zásahová úroveň (dozimetrická úroveň) – hodnota príkonu dávkového ekvivalentu, ktorej prekročenie signalizuje situáciu významnú z hľadiska radiačnej ochrany, ktorá vyžaduje konkrétny zásah. Je možné nastaviť nasledovné zásahové úrovne:



METRA, s.r.o. • Matejkova 30, Bratislava, SK - 841 05, EU

Bankové spojenie : Tatra banka, a.s., číslo účtu: 2926854404/1100

TP +421 (903) 206 006 • TP +421 (903) 374 555

office@metra.sro.sk • www.metra.sro.sk



- Kanál 1 – dávkový ekvivalent do 300 keV
- Kanál 2 – dávkový ekvivalent od 300 do 600 keV
- Kanál 3 – dávkový ekvivalent od 600 do 900 keV
- Kanál 4 – dávkový ekvivalent od 900 do 1200 keV
- Kanál 5 – dávkový ekvivalent od 1200 do 1500 keV
- Kanál 6 – celkový dávkový ekvivalent do 1500 keV

TYPY ALARMOV –

- falošné alarmy (false alarms) -prekročenie limitov z dôvodov, ktoré nemajú pôvod v monitorovanej úrovni radiácie. Jedná sa najmä o elektronické šумы a poruchy, technické poruchy, ľudský faktor, počasie, vplyv údržby na koľajisku a pod.
- „nevinné“ alarmy (innocent alarms) – majú síce pôvod v rádioaktívnom rozpade, ale sú vedľajšie z hľadiska radiačnej ochrany a z hľadiska záchytu nedeklarovanej rádioaktivity nevýznamné. Jedná sa najmä o tzv. draslíkové alarmy, prípadne vplyv iných prirodzených rádionuklidov, fluktácie a variácie prirodzeného pozadia a pod.
- reálne alarmy (real alarms) – majú pôvod v skutočnom zvýšení radiácie významnej z hľadiska radiačnej ochrany a záchytu nedeklarovanej rádioaktivity.

V Bratislave, dňa. 15. 10. 2011

Vypracoval : RNDr. Štefan Krnáč, PhD., odborný zástupca
METRA, s.r.o., Matejkova 30, 841 05 Bratislava



METRA, s.r.o. • Matejkova 30, Bratislava, SK - 841 05, EU

Bankové spojenie : Tatra banka, a.s., číslo účtu: 2926854404/1100

TP +421 (903) 206 006 • TP +421 (903) 374 555

office@metra.sro.sk • www.metra.sro.sk