

Protihrupni ukrepi pri visokoimpulznem hrupu

Značilnosti visokoimpulznega hrupa narekujejo izredno veliko pazljivost pristojnih delodajalcev pri varovanju zdravja njihovih delavcev, saj običajni protihrupni ukrepi, ki se pri veliki večini industrijskih in drugih hrupnih dejavnosti pokažejo za povsem primerne, v primeru izpostavljenosti visokoimpulznemu hrupu dostikrat enostavno ne zadoščajo.

Obstaja več vrst protihrupnih ukrepov, ki lahko uspešno rešijo tovrstne težave. Na splošno jih lahko razdelimo v tri skupine.

1. UKREPI NA HRUPNIH VIRIH

Primarni ukrepi se nanašajo na zmanjševanje hrupa na samih orožjih oziroma napravah kot virih hrupa. Ti so povezani z razvojem in izborom manj hrupnih oziroma manj intenzivnih tlačnih razbremenitev, na kar pri orožjih vpliva dolžina cevi, razni dodatni elementi za zmanjševanje sunkov (kompensatorji) in podobno. Hrup strelnih orožij je pogosto neposredno povezan tudi z uporabo streliva, zlasti z njegovim polnjenjem. Nadalje je pomembno tudi vzdrževanje orožij oziroma naprav (mazanje, občasno uravnoteženje elementov, itd.).

Problematika reševanja primarnih ukrepov zahteva dobro poznavanje lastnosti orožja kot hrupnega vira in zakonitosti pretvorbe dela njegove energije v zvočno. V ta sklop ne sodi samo znižanje izsevane zvočne energije v absolutnem smislu, temveč tudi spremembe hitrosti njene sprostitve. Za slušne organe pri visokih konicah hrupa namreč ni pomembna samo sprejeta zvočna energija, temveč tudi hitrost njenega sprejetja in s tem raven konic. Energija je v fizikalnem smislu produkt moči in časa delovanja zvočnega signala. Isto energijo je možno sprostiti z manjšo močjo, vendar daljšim časom

njenega delovanja, kar predstavlja za uho bistveno ugodnejšo rešitev. V ta namen se na primer v praksi izdelujejo mehanizmi, kot so razni dušilniki)

Z montažo dušilnikov zvoka, običajno na koncu cevi, je možno v znatni meri znižati jakost poka iz orožij. Ti izrabljajo resonatorski princip dušenja, to je skokovitih sprememb presekov, podobno kot v izpušnih sistemih motorjev z notranjim izgorevanjem.

Znižanja, ki se na ta način dosežejo, so občutna in lahko presegajo 30 dB. Takšni dušilniki občutno znižajo le jakost potisnega poka, medtem ko na udarni val zaradi izstrelka nimajo pomembnejšega vpliva. Sicer je uporaba takšnih orožij zakonsko strožje omejena, v vojski pa se jih izogibajo tudi zaradi njihovih tehničnih stranskih učinkov, kot so krajši domet, manjša natančnost in večja zamazanost orožij po njihovi uporabi, itd., zaradi česar jih v vojski v glavnem zavračajo.

Pri primarnih ukrepih se poskuša odpraviti predvsem mehanizme, ki povzročajo nastanek hrupa na viru. Praviloma se spreminja tiste parametre, ki najbolj vplivajo na vir hrupa.

Podobne ukrepe se tako uporablja tudi v industrijskih tlačnih razbremenilnikih, medtem ko se pri dušenju impulznega hrupa pri pnevmatskem kovičenju lahko koristno uporabijo tudi nekateri elastični materiali.

Avtor:
dr. Ferdinand Deželak
ZVD Zavod za varstvo pri delu



Orožje z dušilnikom zvoka

2.

UKREPI NA POTI RAZŠIRJANJA HRUPA

Med sekundarne protihrupne ukrepe sodijo posegi okrog orožij kot hrupnih virov oziroma na poti razširjanja hrupa od orožij kot hrupnih virov do izpostavljenih oseb. Cilj je znižanje emisije hrupa (montaža okrovov ali delnih pregrad in podobno) okrog sprejema oziroma mesta imisije ali osebe, ki je izpostavljena hrupu. V to kategorijo v glavnem sodijo protihrupno zavarovane strelske linije, v manjši meri pa tudi protihrupne pregrade oziroma nasipi. Najbolj se je uporaba takšnih protihrupnih okrovov in zaslonov obnesla pri lahkih orožjih, medtem ko je pri težjih orožjih bistveno težje izvedljiva.

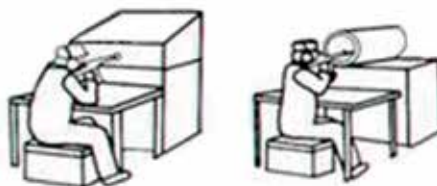
Vzrok za to je, poleg njihovih večjih razsežnosti kot že omenjeno, prisotnost nizkih frekvenc v njihovem spektru, za katere so tovrstni sekundarni ukrepi bistveno manj učinkoviti. Po drugi strani pa je pri njih seveda potrebno upoštevati tudi številne druge faktorje, kot so bistveno manjša mobilnost, varnost upravljavcev orožij, požarna nevarnost, problem odvajanja eksplozivnih plinov oziroma onesnaževanje, itd.. Okrovi so še posebej primerni pri skupinskih streljanjih, kar je na vojaških in civilnih streliščih skoraj pravilo. Na ta način je strellec v znatni meri zavarovan predvsem pred poki, povzročeni od sosednjih strelcev. Ti so dostikrat še bolj problematični od pokov, ki jih povzroča z lastnim orožjem, saj je njihovo število po eni strani večje, po drugi strani pa strellec – ne tako kot pri sprožitvi lastnega orožja - nanje ni pripravljen. Nadaljnji pomen takšnih okrovov pa je tudi znižanje okoljskega hrupa, ki bi se sicer skoraj nemoteno razširjal v okolico in tako postal predmet pritožb s strani izpostavljenih stanovalcev v okolici strelišča.

Pomembno vlogo pri tem ima geometrija (višina, dolžina in oblika) pregrade ter njena lega v prostoru proti lokacijam, ki jih želimo zavarovati s hrupom. Tovrstne ukrepe je potrebno pazljivo načrtovati za vsak del vadbišča posebej.



Dodatni ugodni protihrupni učinek povzroča tudi mehka in debela snežna odeja. Vendar pa je ta, sicer dobra rešitev, le občasnega sezonskega značaja, poleg tega pa se tudi vadbene aktivnosti z orožji običajno redkeje izvajajo v primeru debele snežne odeje. Le malenkostno slabši učinek ponujajo gozdna humusna tla z naravnim razpadanjem odmrlega drevja, kar pa je bistveno lažje nadzorovati in vzdrževati.

K sekundarnim ukrepom sodijo tudi znižanje hrupa s povečanjem zvočne absorpcije v zaprtih ali polzaprtih prostorih. Takšen ukrep sicer ne zniža konice impulznega hrupa, zniža pa njegovo trajanje in s tem celotno prejeto energijo hrupa, ki bi jo sicer prejel izpostavljeni vojak oziroma oseba v tem prostoru. Učini 1800nkovit je zlasti na lokacijah, ki so bolj oddaljene od orožja oziroma od hrupnega vira, na katerih daje odbojno zvočno polje pomembnejši prispevek. Tudi v tem primeru so ukrepi uspešnejši pri visokofrekvenčnem impulznem hrupu. V zadnjem času se razvija tudi aktivna protihrupna zaščita, zasnovana na elektronskem izničenju hrupnega signala, s protihrupom. Čeprav je podobno načelo varovanja pred hrupom s protihrupnimi zasloni možno uporabiti tudi v industriji, je tam potrebno zagotoviti tudi prehod osebja in materiala, kar predstavlja določen zaviralni moment za njihovo uporabo.



Primeri protihrupno zavarovanih strelskih linij s pomočjo izolacijsko-absorpcijskih okrovov.

3.

OSEBNA VAROVALNA OPREMA

Kot izhod v sili, ko niti primarni niti sekundarni ukrepi niso praktično izvedljivi, preostane uporaba osebne varovalne opreme, oziroma terciarni ukrepi.

Čeprav primerno izbrana in uporabljena osebna varovalna oprema povečini dovolj varuje strelce pred čezmernim hrupom, ima njena uporaba tudi vrsto pomanjkljivosti, še zlasti pri lahkih orožjih. Ne razbremeni njihovega delovnega okolja v širšem smislu, lahko pa sproži tudi dodatne nevarnosti (težje poškodbe delavcev oziroma poklicnih vojakov, policistov, itd, ki niso sposobni zaznati alarmnih oziroma opozorilnih signalov, sproženih v določenih situacijah).

Delavci oziroma vojaki se njeni uporabi večkrat tudi upirajo, predvsem zaradi neugodnega počutja (stiskanje, znojenje, alergije, občutek dodatne obremenjenosti). Pogosti so tudi primeri vojakov in drugih izpostavljenih delavcev, ki preko vikenda plavajo in se vračajo z vnetimi ušesi in opozorili, da zaradi tega ne morejo uporabljati osebne varovalne opreme.

Prva osebna varovalna oprema za varovanje pred hrupom je bila patentirana že leta 1864. Kljub podobnemu principu delovanja se je njena učinkovitost do danes precej izboljšala.

Osebna varovalna oprema mora biti podeljena izpostavljenim delavcem brezplačno. Označena mora biti s stopnjo varovanja oziroma znižanja ravni hrupa, ki jo omogoča.

Uporaba osebne varovalne opreme zahteva temeljitejšo predhodno proučitev lastnosti hrupa, ki mu je vojak izpostavljen. V primeru linearnega odziva varovalne opreme se lahko učinkovita konica impulza, ki vpade na uho, oceni iz impulznega odziva te varovalne opreme. Pri močnejših impulznih virih (razstreljevanje, treningi policistov in vojakov na streliščih in podobno) je lahko ta odziv precej nelinearen, kar zahteva natančnejšo proučitev nelinearnosti odziva te opreme na konico, trajanje in spekter impulza.

Osebna varovalna oprema klasičnega tipa na splošno dobro duši visokofrekvenčne komponente hrupa, medtem ko so pri nizkih frekvencah rezultati slabši. Veliko pomanjkljivost predstavlja tudi neselektivno dušenje zvočnih signalov, zaradi česar vojak dostikrat ni sposoben zaznati oziroma razumeti opozorilnih signalov in je tako v nekaterih primerih lahko izpostavljen dodatni nevarnosti. Po drugi strani pa lahko slabi pogoji komuniciranja otežijo ali celo onemogočajo izvedbo načrtovanih nalog.

Določene težave glede komuniciranja je možno zmanjšati z uporabo osebne varovalne opreme, ki deluje na aktivnem načelu in lahko elektronsko izniči hrupni signal v zelenem delu spektra, največkrat nizkofrekvenčnem, kjer je standardna varovalna oprema običajno neučinkovita. Poleg klasičnih naušnikov, čepkov in vat se lahko danes že marsikje uporablja elektronska osebna varovalna oprema, zasnovana na elektronskem izničenju hrupnega signala s signalom enake amplitude in frekvence, vendar faznim zamikom za 180°.

Nekatere vrste osebne varovalne opreme so načrtovane nalašč za okolje, kjer prevladuje zelo močan impulzni hrup, zlasti v vojski. Nekatere od njih delujejo na preprostemu načelu ustvarjanja turbulenc v majhnih kanalih. Izrazita nelinearnost, ki jo je možno koristno uporabiti v takšni opremi nastopa šele nad 160 dB. Modernjša ima vgrajen mehanski filter, ki prepušča nizke ravni zvočnega tlaka skoraj neoslabljene, pomeni pa velik upor pri visokih zvočnih tlakih, torej je izrazito nelinearna.

Strelci na streliščih običajno uporabljajo primerno osebno varovalno opremo za zaščito sluha, pri streljanju z močnejšimi orožji ali v zaprtih prostorih, kjer odmevnost poveča trajanje impulza, pa večkrat tudi dvojno zaščito (na primer čepke pod naušniki).

Čeprav je na splošno uporaba osebne varovalne opreme na repu prioritete lestvice protihrupnih ukrepov, se v vojski in policiji dostikrat izkaže kot nezamenljiva, bodisi kot samostojen, ali še večkrat v kombinaciji z drugimi ukrepi.

UČINKI OSEBNE VAROVALNE OPREME IN NJIHOVA NADGRADNJA

Kot opisano, dosegajo lahko konične ravni hrupa nekaterih lahkih orožij visoke konične vrednosti, ki presegajo 170 dBC. Pri težkih orožjih so te ravni še za okrog 10 dBC višje. Glede na zakonske zahteve pa bi naj vojaki in drugi delavci nikakor ne bili izpostavljeni ravnem nad 140 dBC. To pomeni, da je izpostavljenim vojakom pri uporabi lahkih oziroma pehotnih orožij potrebno zagotoviti zaščito, ki presega 30 dBC, pri težkih orožjih pa bi naj ta znašala vsaj 40 dBC. Glede na tovrstne zahteve si je potrebno ogledati, kakšno zaščito dejansko ponuja osebna varovalna oprema, ki je danes dosegljiva na tržišču.

» Ušesni čepki in naušniki.

Ušesni čepki so narejeni iz mehkega zvočnoizolacijskega materiala in se vstavijo tesno v zunanji del sluhovoda. Na ta način je uho izolirano (okludirano) od zunanjih zvočnih signalov. Čepki so torej dobro tesnjeni zaradi trenja s stenami sluhovoda.

Za razliko od ušesnih čepkov, vsebujejo naušniki tudi trši izolacijski material v obliki školjk, ki se tesno prilagodijo ob uhljih. Gre za tako imenovane pasivne naušnike, ki vpadlo zvočno energijo deloma odbijejo stran od ušes, deloma pa jo absorbirajo oziroma spremenijo v toploto.



Osebna varovalna oprema je na repu prioritete lestvice protihrupnih ukrepov, a se dostikrat izkaže kot nezamenljiva - kot samostojen ukrep ali še večkrat v kombinaciji z drugimi ukrepi.

Naušniki in čepki delujejo na pasivnem principu, v zadnjem času pa se uporabljajo tudi **naušniki, zasnovani na aktivnem (elektronskem) principu**. Ti so sestavljeni iz mikrofona na notranji strani slušalk, ki meri vpadli hrup, kompenzacijskega filtra, ojačevalca in majhnega zvočnika, ki oddaja zvočni signal v protifazi. Posledica tega je zmanjšanje ravni hrupa v notranjosti školjk aktivnega naušnika. Običajno se obdeluje določen frekvenčni pas sprejetega zvočnega signala, ki še dodatno poveča razmerje govornega signala proti neželenemu oziroma ozadju. Takšna oprema prinaša zelo dobre rezultate predvsem pri nizkih frekvencah, ki jih je s klasičnimi pasivnimi ukrepi težko obvladovati. Zato je primerna tudi za posadke helikopterjev, tankov, oklepnikov in drugih transporterjev, v kabinah katerih prevladuje nizkofrekvenčni hrup.

Za vojake, izpostavljene pokom in detonacijam pa so primerni predvsem naušniki, ki pravočasno zaznajo in **elektronsko eliminirajo impulzni hrup**, ki bi sicer vpadel v uho. Gre za tako imenovane »pametne naušnike« oziroma za sistem, ki prepušča zvok z nizkimi ravnimi, ko pa impulzni signal preseže določeno vrednost, ga zaznajo v nekaj mikrosekundah, nato pa zaprejo elektronski filter in ga ponovno odprejo po približno dveh milisekundah, ko raven impulza že močno upade.

To po eni strani zavaruje izpostavljeno osebo pred visokimi konicami hrupa, po drugi strani pa omogoča normalno komuniciranje. Hkrati tudi ne more presenetiti vojaka do te mere, da bi prišlo do izrazitejših ekstra-auralnih učinkov. Določeni tipi te opreme omogočajo celo ojačanje določenih komunikacijskih in podobnih želenih zvočnih signalov ob skoraj hkratnem zmanjšanju neželenih visoko-impulznih signalov kot posledici pokov.

Dobro prilagojeni naušniki ponujajo zaščito **15 do 30 dB**, ušesni čepki pri dobri namestitvi pa **20 do 35 dB**. Iz tega sledi, da so dobro izbrani ušesni čepki lahko uporabni pri streljanju z nekaterimi lahki orožji, medtem ko pri izpostavljenosti težkim orožjem običajno ne zadoščajo.

V ta namen se pokaže kot primerna hkratna uporaba dobro izbranih naušnikov in čepkov hkrati. Njihov kombiniran učinek je odvisen od velikega števila faktorjev (spektra poka, spektralnih lastnosti dušenja čepkov, spektralnih lastnosti dušenja naušnikov, njihove namestitve oziroma tesnenja in podobno). Skladno z ameriški OSHA standardi se njihov kombiniran učinek na grobo oceni tako, da se učinkovitejšemu delu osebne varovalne opreme prišteje še 5 dB. Raziskave kažejo, da je pri nizkih frekvencah to skupno dušenje nekoliko višje, pri

višjih frekvencah pa nekoliko nižje od navedene vrednosti. Čeprav navidezno to ni veliko, pa dodatno znižanje za 5 dB predstavlja znižanje prejete hrupne energije za 2/3, kar seveda ni zanemarljivo. Takšna dvojna zaščita sluha daje običajno najboljše rezultate v območju nizkih in srednjih frekvenc, oziroma pod 2000 Hz.

» Osebna varovalna oprema za znižanje kostne prevodnosti zvoka

Doslej opisana osebna varovalna oprema lahko vojaka zaščiti le pred zračnim, ne pa pred kostno prevodnim zvokom. Pri večini opisanih primerov je tako možno z naušniki in čepki znižati prejeta raven hrupa do 40 dB. Nad to mejo človek še vedno zaznava zvok, vendar gre v tem primeru za zvok, ki se razširja po lobanji.

Zato je včasih potrebno stremeti k dodatnim zaščitnim ukrepom, s katerimi bo možno izpostavljenost zmanjšati za več kot 40 dB. V ta namen nekatere vojaške enote v tujini uporabljajo posebne čelade; v kombinaciji z naušniki, ki občutno znižajo tudi prenos visokih ravni hrupa na lobanjo in naprej do notranjega ušesa po kostnopravodnih poteh. Na ta način je možno doseči znižanje ravni hrupa pri prenosu na slušne organe tudi do 50 dB. **DV**



Nekateri primeri modernejših naušnikov za zaščito pred poki iz strelnega orožja.