

Ing. Eduard S t ě h r , VÚHU

Zhodnocení účinnosti protihlukových opatření realizovaných u DPD

Úvod

S rozvojem revíru dochází k přibližování tras DPD k obytným aglomeracím (např. Bílině, Mostu atd.) a tím i k obtěžování jejich obyvatel hlukem emitovaným DPD. V některých případech pak hladiny hluku k životnímu prostředí překračují nejvyšší přípustné hodnoty stanovené hygienickými předpisy Ministerstva zdravotnictví a sociálních věcí ČSR. Pokud není tato otázka dostatečně vyřešena již ve stádiu projektu, vznikají konfliktní situace, které mohou v krajním případě vyústit v omezování provozu DPD. Proto byla u zařízení DPD v SHR realizována řada protihlukových opatření.

V článku jsou shrnuty výsledky řešení této, již realizované, problematiky na jednotlivých k. p. SHD.

Analýza zdrojů hluku a jejich vliv na okolí

Dříve než provedeme hodnocení účinnosti jednotlivých protihlukových opatření a vhodnosti jejich použití v konkrétním případě, je třeba uvést mechanismus šíření hluku od jednotlivých zdrojů do okolí.

Při šíření hluku od zdroje do okolí se rozptyluje akustický výkon na stále větší a větší plochy. V důsledku toho se vzdáleností od zdroje neustále klesá plošná hustota šíření výkonu (intenzita). Tomu odpovídajícím způsobem klesá hladina akustického tlaku, v praxi hodnocená jako hladina hluku. Pokles hladiny hluku, způsobený tímto rozptylováním hluku do prostoru, nazýváme útlumem hluku sférickou divergencí.

S ohledem na šíření hluku do okolí rozdělujeme ideální teoretické zdroje hluku na plošné, liniové a bodové. Reálné, skutečně existující zdroje hluku nepravidelných konečných rozměrů, stejně jako pohybující se bodové zdroje, se za určitých zjednodušujících předpokladů chovají jako zdroje ideální.

U teoretických plošných zdrojů hluku (o nekonečně velké ploše) je útlum sférickou divergencí nulový, což znamená, že hladina hluku je konstantní bez ohledu na vzdálenost od zdroje. U reálných plošných zdrojů s definovanou, omezenou vyzařující plochou to platí jen v jejich bezprostřední vzdálenosti. Útlum sférickou divergencí se začíná uplatňovat ve větších vzdálenostech. Jeho velikost je poměrně složitou funkcí tvaru a rozměrů vyzařující plochy. V dostatečně velké vzdálenosti (rovné přinejmenším dvojnásobku největšího rozměru) je útlum sférickou divergencí prakticky stejný, jako u bodových zdrojů.

U liniových přímkových zdrojů hluku je intenzita hluku nepřímo úměrná vzdálenosti od osy zdroje. To znamená, že na každý dvojnásobek vzdálenosti klesne intenzita na polovinu.

V logaritmických veličinách, užívaných v akustice, to znamená, že na každý dvojnásobek vzdálenosti klesne hladina hluku o konstantní hodnotu 3 dB. Hladina hluku L ve vzdálenosti R od liniového zdroje je dána vztahem

$$L = L_1 - 10 \log R, \quad /1/$$

kde L_1 je hladina hluku ve vzdálenosti 1 m od zdroje.

Útlum sférickou divergencí je tedy roven

$$A = 10 \log R \quad /2/$$

U úsečkových zdrojů hluku je intenzita závislá nejen na kolmé vzdálenosti od přímky, na níž leží úsečkový zdroj, ale též na zorném úhlu, pod nímž se jeví tato úsečka z uvažovaného místa. Útlum sférickou divergencí je tedy dán součtem vlivu kolmé vzdálenosti R a zorného úhlu W (ve stupních).

$$A = 10 \log R + 10 \log \frac{180}{W} \quad /3/$$

Intenzita zvuku, jako plošná hustota akustického výkonu šířeného prostorem, je nepřímo úměrná čtverci vzdálenosti od (středů) bodového zdroje. Na každé zdvojnásobení vzdálenosti klesne intenzita na čtvrtinu, respektive hladina hluku klesne o konstantní hodnotu 6 dB.

Ve vzdálenosti R od bodového zdroje je hladina hluku dána vztahem

$$L = L_1 - 20 \log R, \quad /4/$$

kde L_1 je hladina hluku ve vzdálenosti 1 m od zdroje. Útlum sférickou divergencí je tedy

$$A = 20 \log R \quad /5/$$

V praxi se nikdy nevyskytují pouze jednotlivé zdroje hluku, ale vždy celý soubor. Výsledná hladina hluku ve sledovaném místě je pak dána energetickým součtem příspěvků $L_1; L_2 \dots$ od jednotlivých zdrojů hluku. Matematicky lze tento součet vyjádřit vztahem

$$L = 10 \log (10^{0,1 L_1} + 10^{0,1 L_2} + \dots) \quad /6/$$

Z tohoto vztahu je patrné, že výsledná hladina hluku je určena dominantním zdrojem hluku. Výsledek součtu dvou zdrojů hluku o hladinách např. 80 a 70 dB je 80,4 dB. V opačném případě, je-li výsledná hladina hluku v daném místě při provozu dvou zdrojů 80,4 dB a víme-li, že první zdroj můžeme charakterizovat hladinou hluku 80 dB, druhý hladinou 70 dB, potom odstraněním zdroje o hladině 70 dB se výsledná hluková situace de facto nezmění. Hodnota hladiny hluku klesne na 80 dB.

Zařízení DPD můžeme z hlediska rozdělení zdrojů hluku charakterizovat následovně:

- poháněcí stanice DPD pracují v takových vzdálenostech od obydlí, že je můžeme považovat za bodové zdroje

- střední části tras DPD (pásové dopravníky) považujeme za liniové zdroje hluku.

V blízkosti poháněcích stanic zjišťujeme hladiny hluku přes 90 dB (A), zatímco poblíž středních dílů, vzdálených od stanic, se pohybují hladiny hluku pod 80 dB (A). Tato skutečnost svádí povrchní pozorovatele k představě, že hlukové poměry v nepříliš vzdáleném životním prostředí, budou určeny hlučnějšími poháněcími stanicemi.

Je však nutné si uvědomit, že tyto stanice jsou bodovými zdroji, u nichž je veškerý akustický výkon soustředěn v poměrně malém prostoru. Najednou jsou vnímány veškeré dílčí zdroje hluku poháněcí stanice (pohony, přesyp, válečky atd.), které se tak jeví jako velmi hlučné. U středních částí dopravníků je vnímán jen hluk nejbližších středních dílů a proto se dopravníky subjektivně jeví jako málo výkonné zdroje hluku. I když je měrný akustický výkon (na jednotku délky, tj. W/m) středních dílů skutečně poměrně malý, je celkový výkon dlouhých dopravních tras značný. (V průměru lze konstatovat, že 200 m dopravníku vyzařuje stejný akustický výkon, jako jedna poháněcí stanice).

Hluk poháněcích stanic bývá ve větších vzdálenostech (životním prostředí) zpravidla maskován, což je v souladu s teorií (viz /2/ a /5/), neboť hladina hluku od bodových zdrojů ubývá se vzdáleností podstatně rychleji, než od zdrojů liniových. Tento fakt je třeba vést stále v patrnosti, při každém posuzování možného vlivu zdrojů hluku na okolí.

Při posuzování vlivu jednotlivých zdrojů hluku na celkovou hlukovou situaci je třeba dále dokonale znát akustický výkon jednotlivých zdrojů, konfiguraci terénu mezi zdrojem a sledovaným bodem a mnoho dalších faktorů.

V každém případě je třeba zabývat se nejdříve dominantním zdrojem hluku (viz /6/). Konkrétní řešení dané situace je nutné zadat odborným pracovištím SHD, zabývajícím se uvedenou problematikou.

Protihlukové úpravy poháněcích stanic

Protihlukové úpravy poháněcích stanic realizované v SHR byly vedeny dvěma směry:

- 1) Snížením hlučnosti pohonů, tj. snížením hlukové emise
- 2) Odstíněním pohonů, eventuálně celých poháněcích stanic (tj. snížení hlukové emise v životním prostředí).

Snížení hlučnosti pohonů bylo provozně realizováno na k. p. DJF na poháněcí stanici č. 150, kde byly elektromotory 500 kW $1500 \text{ ot. min}^{-1}$ zaměněny elektromotory stejného výkonu, ale s otáčkami 1000 min^{-1} . Snížením vstupních otáček u převodových skříní došlo sice ke snížení výkonu této sekce PD, ale hladina akustického tlaku u pohonů klesla o 8 - 10 dB.

Na k. p. DJF byly též provedeny pokusy snížit akustickou emisi naplněním rámu pohonu chladicí emulzí, používanou při obrábění kovů. Měřením však nebyl zjištěn téměř žádný efekt snížení hladiny hluku.

Na k. p. DJF byla též realizována převážná část pokusů o snížení hlukové emise do životního prostředí odstíněním pohonů, eventuálně celých poháněcích stanic.

Plechový kryt pohonu (převodovky, spojky a motoru) s větřacími otvory, zevnitř obložený hlukopohlcujícím obkladem z minerální plsti, byl realizován na poháněcí stanici č. 153. Kryt snížil hladinu vyzářeného akustického výkonu o 17,2 dB (A). Náklady na experimentální prototyp, vyrobený v dílnách technického rozvoje DJF, činil 147 tis. Kčs.

Plenty stínící pohon, tj. železný rám uchycený v místě zábradlí a přesahující pohon ve všech směrech o cca 1 m, na němž je zavěšené dopravní pásmo, na straně k pohonu přidán obklad (minerální plst), přinesly efekt snížení hladiny hluku o cca 10 dB (A).

Realizace na k. p. DLM Lom Most na poháněcí stanici č. 104.

V dalších případech byla stíněna celá poháněcí stanice. Zemní val, sypaný zakladačem u koncové poháněcí stanice, stínil poháněcí stanici, dopravník a částečně zakladač. Výsledný

efekt snížení hladiny hluku je cca 8 dB (A). Náklady na realizaci jsou velmi nízké. Místo realizace - vnější výsypka (Malé Březno).

Náklady na betonovou protihlukovou stěnu, stínící celou poháněcí stanici, činily 2,733 mil. Kčs při přídavném útlumu 12,6 dB (A). Realizace na k. p. DJF.

Jako nejefektivnější a v praxi i z hlediska ekonomického nejvýhodnější se projevíly tyto úpravy:

- 1) Plenty stínící pohon, realizované na poháněcí stanici č. 104 Lomu Most se stínícím účinkem cca 10 dB (A). Úpravu bylo možné provést vlastními prostředky z dostupného materiálu. Vyhoví pro případy, kdy požadovaný útlum nepřesáhne 10 dB (A).
- 2) Kryty pohonů, realizované na DJF, vykazují účinek 17,2 dB (A). Obavy z nadměrného oteplování takto upravených pohonů byly vyvráceny měřeními teplot na povrchu pohonů. Ochlazování pohonů je zajištěno dvěma pomocnými ventilátory, které dodávají $2,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Po vypnutí pomocných ventilátorů, tj. pouze při provozu ventilátoru elektromotoru, se u zakrytovaného pohonu zvýšila teplota v měřicích bodech pouze o 2°C .
- 3) Na vnějších výsypkách u koncové poháněcí stanice, tj. na přesouvaných dopravnících, lze nejprve zakladačem nasypat ochranný val. Před přesunem sekce je nutné buldozerem tento val rozhrnout. Stínící účinek 8 dB (A) bude ve většině případů dostatečný.
- 4) Výměna elektromotorů $1500 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$ ze elektromotorů s $1000 \text{ ot} \cdot \text{min}^{-1}$ byla původně určena ke snížení provozních nákladů (opotřebení převodovek, válečků, pásma atd.), ale výraznou měrou se snížila i hladina hluku vyzařované pohony. Efekt 8 - 10 dB (A) není zanedbatelný.

Protihlukové úpravy pásových dopravníků

Principiálně lze protihlukové úpravy pásových dopravníků rozdělit na úpravy, vedoucí ke snížení hlukové emise zdrojů a na úpravy ke snížení hlukové imise v životním prostředí.

Pokusy o snížení hlukové emise dopravníků byly realizovány převážně na k. p. DJF. Výměnou opotřebovaných válečků za nové, polské produkce, se snížila hlučnost o 9 dB (A). Náklady na 1566 m dlouhém úseku činily 9,995 mil. Kčs.

U nových válečků domácí produkce došlo ke konstrukčním změnám při těsnění ložiska a zavaření čel, jakož i ke změně tukové náplně. Náplně LV 2-3 a AK 2 mají oproti původnímu tuku NH 2 desetinásobnou odolnost vůči vypírání vodou. Tuk LV 2-3 je vyroben na bázi Li, AK 2 na bázi Al. Nové řešení by mělo přinést klidnější chod válečků a podstatně vyšší životnost při zachování lepších dynamických vlastností. Výměnou válečků za nové provedení došlo ke snížení hladiny hluku o 7 - 9 dB (A). Na k. p. DLM a DVIL již byly provedeny funkční zkoušky dalšího typu válečku (Oskar) s dobrými výsledky.

Zavěšením girland u středních dílů dopravníků na lana, při současném zvýšení rozteče mezi girlandami na 1880 mm, došlo ke snížení hladiny hluku o 5 - 7 dB (A). Realizace tohoto opatření je na PD č. 157 na VMG. O možnosti výroby těchto dílů již proběhlo jednání s výrobcem Transporta Chrudim.

Pouhé zvýšení rozteče mezi girlandami na 2 m, bez lanové nadstavby, realizované na Lomu Most, nepřineslo požadovaný efekt.

Snížení rychlosti dopravníku na $\frac{2}{3}$ původní rychlosti výměnou el. motorů 1500 ot.min^{-1} za el. motory 1000 ot.min^{-1} došlo ke snížení hladiny hluku o cca 7 dB (A). Realizace - VMG, PD č. 150.

Při omezování vlivu hluku DPD na okolí byla v severočeském hnědouhelném revíru uplatněna celá řada protihlukových opatření ke snížení imise.

Pro odstínění pásových dopravníků byla vyzkoušena montovatelná stěna, sestávající z ocelové nosné konstrukce, instalované na betonových silničních panelech, na níž byly zavěšeny stínicí plasty z vyřazeného pásma dopravníků. Experimentální 48 m dlouhý úsek stál 147 tis. Kčs. Útlum ohybem má hodnotu 13 dB (A).

Přibližně 2,5 km dlouhá betonová protihluková stínicí stěna, instalovaná na zemním valu (efektivní výška překážky 6 m) vykazuje přídatný útlum cca 9 dB (A). Realizováno na k. p. DJF s náklady 12 894 mil. Kčs.

Protihluková betonová stínicí stěna o efektivní výšce 7 m a délce 828 m má stínicí účinek 12,6 dB (A). Náklady na realizaci na PD č. 353 VMG činily 7,314 mil. Kčs.

Náklady na protihlukové stínění skrývkových drah pomocí zemních valů jsou velmi závislé na místních podmínkách. Někdy stačí pouze přizpůsobit technologický postup při zakládání výsypky. Náspem vysokým 20 m lze dosáhnout přídatného útlumu až 25 dB (A).

Jako nejefektivnější se projevily tyto protihlukové úpravy pásových dopravníků:

- 1) Zavěšení girland u středních dílů dopravníků na lana při současném zvýšení rozteče mezi girlandami na 1880 mm. Poruchovost uvedené úpravy je zanedbatelná. Toto opatření bude nutné realizovat na trasách PD nejbližší k obytné zástavbě.
- 2) Použití stínicích stěn.

Účinek závisí na úhlu ohybu, tj. čím je stěna dále od dopravníku, tím musí být vyšší, abychom dosáhli stejného stínicího účinku.

Použití stínicích stěn je v praxi omezováno prostorem, který je nutné zachovat pro údržbu a čištění dopravních linek.

Nároky na plošnou hmotnost použitého stínicího materiálu nejsou vysoké. Dostatečná je hodnota 10 kg.m^{-2} . Konstrukce musí vyhovovat i jiným hlediskům (požární bezpečnost, vliv větru atd.).

- 3) Snížení rychlosti dopravníku na $\frac{2}{3}$ původní rychlosti výměnou elektromotorů na poháněcích stanicích ve většině případů sice sníží max. okamžité přepravované množství materiálu, ale v celkových přepravovaných výkonech se tato změna neprojeví. Běžný režim PD je plnění pásu na cca 50 - 60 %.

Vliv opotřebení na hladinu hluku zařízení DPD

Závislost hladiny hluku zařízení na jeho technickém stavu byla sledována četnými terénními měřeními.

U dopravníků závisí převážně na technickém stavu válečků. Nejvýraznější podíl na výsledné hladině hluku má pak technický stav ložisek, ale nezanedbatelný vliv mají i nálepy na válečcích způsobené špatnou funkcí stěračů. Váleček se stává dynamicky nevyvážený a výsledkem je nejen zvýšená hlučnost, ale i snížení jeho životnosti. Rozdíl mezi hladinami hluku podél jednoho PD (tj. jednotlivých girland) je až 16 dB (A).

Vliv opotřebení krycích vrstev dopravního pásma na výslednou hladinu hluku PD se projeví tzv. "pískáním" pásu. Nárůst hladiny hluku je až 8 dB (A). Na výslednou hladinu hluku PD má vliv i kvalita a množství spojů a průrazů, se kterými je dopravník provozován. V praxi se to projeví tzv. "pleskáním" pásu. Jedná se o krátkodobé, ale výrazné zvýšení hladiny hluku, projevující se zvýšením ekvivalentní hladiny hluku o několik dB (A), záleží na množství a velikosti porušení dopravního pásma.

Podobná situace, jako u dopravníků, je i u pohonů PS, které určují celkovou hladinu hluku poháněcí stanice. Hluku pohonů závisí především na technickém stavu převodové skříně. Řadou porovnávacích měření a sledování byly zjištěny rozdíly až 16 dB (A) mezi jednotlivými, stejně výkonnými pohony. V závislosti na čase dochází k podobnému nárůstu 16 dB (A) od záběhu

až k havárii a výměně jednoho pohonu.

Jak je z uvedených případů patrné, dochází vlivem technického stavu zařízení k nárůstům hladin hluku až 16 dB (A), což je hodnota přinejmenším srovnatelná, v mnohých případech však i překračující efekty následných protihlukových opatření.

Závěr

Protihluková opatření, realizovaná u zařízení DPD, jsou většinou ekonomicky náročná. Před jejich realizací je proto nutná pečlivá analýza hlukové situace a volba správného postupu při snižování hladin hluku jednotlivých zdrojů. To je činnost velice náročná, vyžadující nejen dostatečné teoretické, ale i praktické znalosti. Nelze tedy pouze paušálně vycházet z příkladů uvedených nejefektivnějších protihlukových opatření, ale každou hlukovou situaci řešit vždy komplexně.

Údržba zařízení je velice důležitá, neboť vliv opotřebení na celkovou hladinu hluku je značný. V mnohých případech přesahuje nárůst hladiny hluku efekt protihlukových opatření. Proto je nutné udržet soulad mezi kvalitou výroby, montáže a údržbou.

S h r n u t í

Článek obsahuje výsledky zhodnocení účinnosti jednotlivých protihlukových opatření realizovaných u zařízení DPD v SHR, včetně jejich efektu a nákladů na realizaci. Na závěr jednotlivých kapitol jsou vybrána nejefektivnější a ekonomicky nejvhodnější protihluková opatření.