

Protihrupna sanacija frezalne linije v Plami-pur

Periodične meritve hrupa v delovnem okolju, opravljene v sklopu periodičnih preiskav, so pokazale, da so nekatera delovna mesta ob frezalnem stroju v družbi Plama-pur, d. d., Podgrad prekomerno obremenjena s hrupom. Na nekaterih mestih ob tem stroju je raven hrupa, ki so mu bili izpostavljeni delavci, občutno presejala 80 dBA.

1 Uvod

Zaradi ugotovljenih prekoračitev je bil sklenjen dogovor med Plamo-pur in ZVD Zavodom za varstvo pri delu Ljubljana o izdelavi programa sanacijskih ukrepov za zmanjšanje emisij hrupa v skladu z določili pravilnika o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (Uradni list RS, št. 17/2006, pop. 18/2006).

Namen tega programa je bil ugotoviti in analizirati glavne obstoječe hrupne sklope in predlagati sanacijo stanja za zmanjšanje hrupa na predpisano raven. Osnova za izdelavo programa so bile predhodno opravljene periodične meritve hrupa ter emisijske in imisijske meritve in analize ravni hrupa ob posameznih hrupnih virih oziroma na izpostavljenih delovnih mestih. V ta namen so bile zaradi vzpostavitve ustreznih korelacij predhodno opravljene še dopolnilne terenske meritve problematičnih hrupnih virov.

2 Zakonska regulativa

Pri ocenjevanju obremenitve delavcev s hrupom je bilo treba upoštevati zahteve pravilnika o varovanju delavcev pred tveganji zaradi izpostavljenosti hrupu pri delu (Uradni list RS, št. 17/2006, pop. 18/2006). Pravilnik, ki predpisuje mejne in opozorilne ravni

hrupa, določa tudi uporabo mednarodnih standardov za izvajanje meritev hrupa na delovnem mestu SIST ISO 1999. Kot tehnično dopolnilo pa smiselno uporabljamo tudi standard za ugotavljanje izpostavljenosti hrupu SIST ISO 9612.

Pravilnik zahteva, da mora delodajalec, če je ena od obeh ali če sta obe zgornji opozorilni vrednosti izpostavljenosti preseženi, na podlagi ocene tveganja izdelati in izvesti program tehničnih in/ali organizacijskih ukrepov za zmanjšanje izpostavljenosti delavcev hrupu, pri čemer upošteva tudi določen prioriteten red.

Iz opravljenih meritev in analiz hrupa je razvidno, da so bili delavci pri frezalni liniji večinoma izpostavljeni ravnemu hrupu med 80 in 85 dBA, na enem mestu pa je presegal 90 dBA. To pomeni dolžnost delodajalca, da izvede določene protihrupne ukrepe.

3 Glavni viri obstoječega hrupa v okolju

2. julija 2010 smo opravili akustične preiskave avtomatične frezalne linije Baumer GF 1200. Predhodno smo preverili, ali je proizvajalec oziroma dobavitelj priskrbel za konsko obvezne podatke o hrupnosti te linije. V skladu z evropsko varnostno direktivo 98/37 je namreč treba stroje označiti tudi s podatki o hrupu.

Avtorja:

Vladimir Jenko,
inženir varstva pri delu
Plama-pur, d. d., Podgrad
Podgrad 17
6244 Podgrad

Ferdinand Deželak,
vodja laboratorija za fizikalne
meritve
ZVD Zavod za varstvo pri delu d. d.
Chengdujska cesta 25
1260 Ljubljana Polje



Protihrupna zaščita iz kosmita st 100 je v glavnem pripomogla k znižanju ravni hrupa ob delovni mizi s 85 dBA na 77 dBA.

Zahteve

Predvsem je treba opozoriti na obveznosti proizvajalca o posredovanju emisijskih podatkov o hrupu avtomatične frezalne linije, ki predstavljajo del njenih navodil. Navodila morajo vsebovati naslednje podatke o strojih, ki so povezani s širjenjem hrupa po zraku, bodisi dejanske bodisi ocenjene vrednosti na podlagi meritev, opravljenih ob stroju:

- ekvivalent neprekinjene A-izmerjene ravni zvočnega tlaka na delovnih mestih, na katerih ta presega 70 dB(A);
- za delovna mesta, na katerih ta ne presega 70 dB(A), mora biti to posebej označeno,
- konico trenutne C-izmerjene vrednosti zvočnega tlaka na delovnih mestih, na katerih ta presega 63 Pa (130 dB glede na 20 μ Pa),
- raven moči zvoka, ki ga oddajajo stroji, kadar ekvivalent neprekinjene A-izmerjene ravni zvočnega tlaka na delovnih mestih presega 85 dB(A).

Proizvajalec mora navesti obrato-

valne pogoje strojev, pri katerih so bile izmerjene vrednosti, in uporabljene metode merjenja. Če delovno mesto ni določeno ali ga ni mogoče določiti, morajo biti ravni zvočnega tlaka izmerjene na razdalji 1 meter od površine strojev in na višini 1,60 metra nad tlemi ali nad dostopno ploščadjo. Navedena morata biti prostor merjenja in vrednost največjega zvočnega tlaka.

4 Rezultati meritev hrupa pred sanacijo

Preizkusne meritve so pokazale, da je pri komandnem pultu ekvivalentna A-vrednotena raven zvočnega tlaka znašala 82 dBA med obratovanjem na prazno. Med obratovanjem na polno je ta raven narasla za 1 do 2 dBA, nekoliko se je povečala tudi njena dinamika, vendar ni dobila značaja impulznega hrupa. Ob vrečah ventilatorjev (na oddaljenosti cca 1 meter od njih) je dosegala celo 92 dBA.

Izsevani hrup iz avtomatske frezalne linije ni problematičen samo za delovno okolje delavcev, ki jo uporabljajo, temveč tudi za

sosednje delavce in celo za delavce iz sosednjega podjetja Plama – G. E. O., d. o. o., pred vhodom v njihove delavnice. Tam je bila izmerjena raven hrupa 69 dBA.

Uredba o mejnih vrednostih kazalcev hrupa v okolju predpisuje omejitve tudi na mejah različnih podjetij (ki sodijo v IV. stopnjo varstva pred hrupom), in sicer:

- 73 dBA za dnevno raven,
- 68 dBA za večerno raven in
- 63 dBA za nočno raven.

Sicer smo pri pregledu te avtomatske frezalne linije odkrili dva pomembnejša sklopa hrupnih virov:

- ob vrečah pri ventilatorju;
- ob frezalni napravi.

Ob vrečah pri ventilatorju je šlo v prvi vrsti za aerodinamičen vir hrupa, ki je zlasti izrazil pri prehodu iz ventilatorske cevi v prašno komoro, kjer pride do nagle spremembe pretočne površine, s tem pa tudi do vrtničenja in posledično generiranja nizkofrekvenčnega hrupa z A-vrednotenim spektralnim maksimumom okrog 315 Hz.

Pri frezalni napravi se je večina hrupa izsevala iz spodnjih in zgornje (obdelovalne) odprtine. Tudi pri tem delu prevladuje v terčnem frekvenčnem spektru frekvenčna komponenta okrog 315 Hz. To odgovarja valovni dolžini okrog 1 meter.

Hrup, ki se je izseval iz spodnjih odprtih frezalne naprave, se je odbijal od gladkih betonskih tal in v znatni meri prispeval k celotni obremenitvi s hrupom v tem prostoru.



S postavitvijo zaščitne komore in absorpcijsko oblogo iz kosmit plošč st 100, deb. 15 cm, se je raven hrupa v okolici vrečastega filtra zmanjšala z 92 dBA na 78 dBA.

Nadalje smo pri akustičnih preiskavah opazili prisotnost stojećih valovanj v tem delu prostora, zlasti pri terčni frekvenčni komponenti 315 Hz. Njen izvor je bil frezalna linija, med seboj vzporedne, ravne in akustično neobdelane stene pa so pripomogle še k interferenci med vpadlim in odbitim zvočnim valovanjem.

5 Protihrupni ukrepi in njihova prioriteta

Znižanje hrupa lahko dosežemo pri viru (znižanje emisije), med virom in sprejemnikom (povečanje transmisijskih izgub) in na za hrup občutljivem mestu (znižanje imisije in hrupne ekspozicije pri delavcu). Protihrupni posegi pri viru imajo sicer najvišjo prioriteto v lestvici protihrupnih ukrepov, med drugim tudi zato, ker so delavci najpogosteje v bližini hrupnega vira in so v celoti prizadeti s hrupom, ki ga ta vir emitira. Zaradi tega imenujemo ukrepe za znižanje hrupa s posegi prav pri viru primarne ukrepe. Ukrepe s posegi na transmisijski poti od vira k za hrup občutljivemu objektu ali delavcu, kot na primer montaža protihru-

pnih kabin, postavitve pregrad itn., pa imenujemo sekundarni ukrepi. Na repu prioritete lestvice pa so ukrepi na mestu sprejema (delavca), saj osebna varovalna oprema ali kabine za delavce pogosto motijo pri delu in komunikaciji, povzročajo tudi utesnjenost, razne alergije itn. Te ukrepe včasih poimenujemo terciarni ukrepi in so na repu prioritete liste izvajanja protihrupnih ukrepov. Praviloma se uporabljajo kot začasen ukrep oziroma izhod v sili.

5.1 Ukrepi za zmanjševanje hrupa na poti razširjanja – sekundarni ukrepi

Med sekundarne protihrupne ukrepe prištevamo posege okrog hrupnih virov, na poti od vira do sprejemnika (delavca oziroma za hrup občutljivega objekta), s ciljem znižanja hrupa na opazovanem imisijskem mestu. Znižanje hrupa v delovnem in bivalnem okolju na splošno predstavlja zapleten problem, pri katerem je treba upoštevati tudi vse specifičnosti okolja. Pri reševanju prekomernega hrupa na poti njegovega razširjanja proti delavcu oziroma

za hrup občutljivemu objektu je v prvi vrsti treba natančneje poznati mehanizem tega razširjanja. Del hrupa se širi namreč po zraku, del pa po konstrukciji. S ciljem čim uspešnejše protihrupne sanacije je treba vsak delež posebej ovrednotiti. Najpreprostejši poseg v tej smeri je izkoriščanje geometrijske divergence in absorpcije zvoka v zraku, kar lahko dosežemo z lokacijo hrupnega vira na čim večji oddaljenosti od za hrup občutljivega mesta. Žal pa je običajno v tej smeri zelo malo manevrskega prostora. Raven zvočnega tlaka iz točkovnega vira pada v prostem zvočnem polju s 6 dB/(podvojitve oddaljenosti), linijskega pa s 3 dB/(podvojitve oddaljenosti). V primeru prisotnosti odmevnega zvočnega polja, ki je prisotno v zaprtih prostorih, je to upadanje bistveno počasnejše, še zlasti pri večjih oddaljenostih od hrupnih virov. Sekundarne – pasivne ukrepe uporabimo takrat, ko primarni ukrepi ne zadoščajo ali tako narekujejo ekonomski kazalci. Ti ukrepi temeljijo na principu interference, absorpcije in odboja zvoka. Interferenca je značilna v primeru

sistemov z aktivnim dušenjem hrupa, absorpcija pri uporabi disipativnih metod in odboj pri uporabi reaktivnih metod. Med disipativne metode uvrščamo notranjo in zunanjo izolacijo (kombinirano z absorpcijo) cevodovodov in kanalov ter notranjih sten prostorov in industrijskih hal, nato glušnike, ovire, pregrade, oklepe in kabine z absorpcijskimi akustičnimi oblogami. Pri disipativnih metodah se zvočna energija izniha v porah absorpcijskega materiala in spremeni v toploto, kar smo uporabili tudi v našem primeru. Uporaba oklepov, pregrad, ovir ali kabin se lahko nanaša na vir, pot širjenja ali mesto sprejema (delavca).

5.2 Uporaba protihrupnih oblog

S protihrupnimi oblogami je možno doseči učinkovito zmanjšanje hrupa na poti njegovega širjenja. Njihova učinkovitost je odvisna od zvočne izoliranosti sten, absorpcije na notranjih stenah, od odprtih in prenosnih poti za strukturalni zvok, pa tudi od povezave z zvočnim virom. V primeru nepazljivosti lahko začne obloga vibrirati z enako frekvenco kot vir hrupa in z amplitudo, ki je lahko še večja kot pri viru. Amplituda in frekvenca nihanja obloge je odvisna od mase, togosti in dušenja oklepa obloge, od resonance zračne blazine v oblogi in od resonance oklepa obloge.

5.3 Povečanje absorpcije sten zaprtih prostorov

Znižanje splošne ravni hrupa v delovnih prostorih lahko dostikrat dosežemo tudi s povečanjem

zvočne absorpcije na stropu in stenah. Pri tem je treba upoštevati frekvenčne karakteristike hrupnih virov, razporeditve strojev in delovnih mest ter geometrijo prostora. Pred posegom je priporočljiva analiza akustičnih lastnosti prostora, predvsem njegove odmevnosti in stopnje difuzije. Za prostore z difuznim zvočnim poljem je značilno, da je raven zvočnega tlaka od določene razdalje od vira dalje praktično konstantna.

S povečanjem absorpcije v prostoru z difuznim zvočnim poljem se ustrezno zmanjša odmevni čas, s tem pa tudi splošna raven hrupa. Znižanje ravni hrupa ΔL je odvisno od spremembe odmevnega časa in se v grobem približno izraža z enačbo:

$$\Delta L = 0 \log \frac{A_2}{A_1} = 0 \log \frac{T_1}{T_2}$$

A_1 je ekvivalentna absorpcijska površina prostora pred sanacijo, A_2 pa po njegovi sanaciji. Podobno pomeni T_1 prvoten odmevni čas, T_2 pa odmevni čas po dodani absorpciji. Iz te enačbe je razvidno, da lahko splošno raven hrupa v prostoru znižamo za 3 dB, če odmevni čas razpolovimo, pri štirikratnem znižanju se raven hrupa zmanjša za 6 dB itn.

6 Izvedba programa sanacijskih ukrepov

Potrebna je bila uskladitev predlaganih protihrupnih ukrepov s tehnološkimi zahtevami, varstvom pri delu, požarno varnostjo, higienskimi in sanitarnimi zahtevami in podobno. Med iz-



Dodatna postavitev nape s kosmit oblogo st 100, deb. 5 cm, je največ pripomogla k zmanjšanju hrupa nad frezalnikom s 84 dBA na 77 dBA.

vajanem sanacije je bilo treba zagotoviti stalni strokovni nadzor z občasnimi kontrolnimi meritvami in analizami po vsaki zaključeni fazi protihrupne sanacije.

Po zaključenih sanacijskih delih so bile opravljene kontrolne meritve emisij hrupa na saniranih virih in meritve imisij hrupa na najbolj izpostavljenih mejah; s tem je bil preverjen doseženi učinek sanacije hrupa.

7 Upoštevana priporočila v zvezi s protihrupno sanacijo
Pri meritvah hrupa, ki ga povzroča frezalna linija, so bile ugotovljene prekoračitve. Vodstvo družbe Plama-pur, d. d., Podgrad je v ta namen pripravilo sanacijski program, zato je bilo treba opraviti natančnejše preiskave posameznih hrupnih virov oziroma njihovih skupin.

Na osnovi meritev in analiz je bilo izdelano priporočilo, da se za del sklopa pred vrečami pod ventilatorjem in komoro izdelata protihrupni oklep, ki naj bo sestavljen iz

8 Meritve, opravljene maja 2011 po opravljeni sanaciji

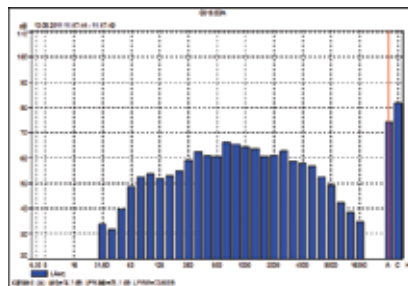
približno 1 milimeter debele galvanizirane pločevine in ki naj bo z notranje strani prevlečen s približno 15 centimetrov debelo absorpcijsko plastjo, ta naj ima dobre zvočnoabsorpcijske lastnosti pri frekvenci okrog 315 Hz.

Predlagano je bilo, da se s podobnimi absorpcijsko-izolacijskimi elementi zapre tudi spodnji del frezalne naprave, vendar tako, da bo čim manj moten pretok dovodnega zraka vanjo. Zato naj bodo zaprte predvsem odprtine, ki so orientirane proti mestom, kjer se delavci običajno največ zadržujejo. Stene frezalne naprave, ki so blizu delavcem, naj se v ta namen zaprejo oziroma podaljšajo do tal.

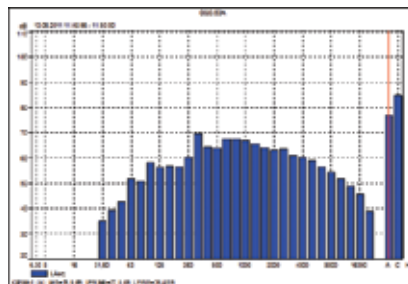
Prav tako je bila priporočena akustična obdelava sten ob frezalni liniji s podobnimi zvočnoabsorpcijskimi materiali, s čimer bi zmanjšali učinek stoječih valovanj, znižali odbojno hrupno komponento, s tem pa tudi celotno raven v širšem delu prostora okrog frezalne linije. Na pločevinasto steno, ki deli prostor od hodnika z vhodom v Plamo G. E. O., pa naj se z njene notranje strani (proti rezalni napravi) prav tako namesti 15 centimetrov debela zvočnoabsorpcijska plast.

Št.	Lokacija	Raven hrupa (dBA)		Razlika (dBA)
		Pred sanacijo	Po sanaciji	
1	Avtomatska frezalna linija GF 1200 – ob frezalnem stroju pri tleh	86	80	6
2	Pred vrečastim filtrom	92	78	14
3	Pri komandnem pultu	83	74	9
4	Ob mizi pred ograjo	85	77	8
5	Ob frezalnem stroju	84	77	7
6	Pred vhodom v Plamo G. E. O.	69	61	8

Rezalna linija Baumer GF 1200 po sanaciji, hrup pri komandnem pultu



Rezalna linija GF 1200 po sanaciji, hrup ob frezalnem stroju



9 Zaključek

Opravljene meritve in analize hrupa pred in po opravljeni protihrupni sanaciji so pokazale, da je bila ta uspešno izvedena. Z njo smo v okolici frezalne linije v povprečju dosegli okrog 8 dBA nižanje ravni hrupa. Na ta način smo znižali ravni hrupa na delovnih mestih pod raven 80 dBA, na meji z najbližjim sosednjim podjetjem pa pod 61 dBA. S tem smo v celoti izpolnili tako zahteve za dovoljene ravni hrupa na delovnih mestih kot tudi v okolju.

Protihrupna sanacija je bila opravljena z lastnim zvočnoabsorpcijskim materialom kosmit, ki ga izdeluje Plama-Pur, zato so bili njeni stroški tudi relativno nizki. Doseženo znižanje ravni hrupa se odraža tudi pri zadovoljstvu izpostavljenih delavcev, saj je dosežena razlika v ravneh hrupa jasno zaznavna.

Pri realizaciji projekta sanacije rezalne linije Baumer GF 1200 v proizvodnji čistilnih gobic so sodelovali dr. Ferdinand Deželak iz ZVD Ljubljana, Vladimir Jenko – zaposleni inženir varstva pri delu v Plama-pur in podjetje Proizvodnja strojev Valter Frank, s. p., Gornja Bitnja iz Ilirske Bistrice.