

MĚŘENÍ VE STAVEBNÍ AKUSTICE

DOSTATEČNÁ ZVUKOVÁ IZOLACE JE JEDEN Z POŽADAVKŮ NA KONSTRUKCE A PROSTŘEDÍ BUDOV UŽÍVANÝCH ČLOVĚKEM. AKUSTICKÁ MĚŘENÍ SLOUŽÍ JAKO PRŮKAZNÝ PODKLAD PRO OBJEKTIVNÍ HODNOCENÍ KONSTRUKCÍ PLATNOU LEGISLATIVOU NEBO PRO NÁVRH ÚPRAV PRO ZLEPŠENÍ SUBJEKTIVNĚ NEVYHOVUJÍCÍCH PARAMETRŮ.

Měření zvukové izolace bývá požadováno při kolaudacích bytových a administrativních objektů a také objektů občanského vybavení. Při měřeních dochází k odhalení různých nedostatků stavebního díla. V následujícím textu se zaměříme mimo jiné i na některé konstrukční chyby, kterým lze předcházet ve stadiu návrhu nebo realizace stavby.

Pojem měření zvukové izolace zahrnuje dva základní typy měření, analogicky ke dvěma druhům zvukové izolace. Jedná se o měření vzduchové neprůzvučnosti, která se prokazuje u vnitřních stěn i stropů a u obalových konstrukcí budovy, a dále o měření kročejové izolace neboli normalizované hladiny akustického tlaku kročejového zvuku. Všechny tyto zkoušky jsou popsány v souboru norem ČSN EN ISO 140, kde jsou uvedeny jednotlivé měřicí postupy a také stanoveny požadavky na měřicí aparaturu.

MĚŘICÍ APARATURA

Základem měřicí aparatury je zvukový analyzátor a měřicí mikrofon. Pro měření zvukové izolace podle ČSN EN ISO 140 je normou požadována pro obě zařízení třída přesnosti 1, tedy třída nejvyšší. Před každým měřením je nutné provést kalibraci měřicí soustavy mikrofon – analyzátor pomocí akustického kalibrátoru. Jedná se vlastně o ověření elektrických parametrů soustavy a jejich zadání do analyzátoru. Tento postup je nutný pro získání správných výsledků. V Ateliéru DEK používáme tónový kalibrátor pracující na kmitočtu 1000 Hz s hladinou akustického tlaku v komoře kalibrátoru 114 dB.

Pro získání akustického signálu se využívá všesměrový reproduktor. Jedná se v podstatě o soustavu reproduktorů umístěných na povrch dvanáctistěny. Jako akustický signál slouží růžový šum pro měření doby dozvuku a bílý šum pro měření vzduchové neprůzvučnosti. Bílý šum je náhodný signál s plochým výkonovým spektrem v definovaném kmitočtovém rozsahu. Růžový šum je pak signál, kde je výkon přímo úměrný převrácené hodnotě kmitočtu.

Pro měření kročejové izolace, která se vyjadřuje váženou normalizovanou hladinou akustického tlaku kročejového zvuku, se používá normalizovaný zdroj kročejového zvuku. Základní součástí zdroje kročejového zvuku je soustava pěti kladívek, každé o hmotnosti 500 gramů. Tato kladívka dopadají volným pádem z výšky 40 mm na měřenou konstrukci v intervalech 100 milisekund.

ZKOUŠENÍ ZVUKOVÉ IZOLACE

Měření vzduchové neprůzvučnosti se sestává ze stanovení zvukové pohltivosti přijímací místnosti a měření útlumu zkoušené konstrukce. Pohltivost přijímací místnosti se určuje pomocí naměřených hodnot doby dozvuku. Útlum zkoušené konstrukce se poté určí souběžným nebo postupným měřením hladiny akustického tlaku vyvozené již zmíněným všesměrovým zdrojem ve vysílací místnosti, kde je tento zdroj umístěn, a v přijímací místnosti. U měření normalizované hladiny kročejového zvuku se použije normalizovaný zdroj kročejového zvuku. Měří se pouze hladina akustického tlaku v přijímací místnosti.

SVISLÉ KONSTRUKCE

Při zkouškách zvukové izolace se setkáváme s různými nedostatky stavebních konstrukcí, která degradují právě jejich zvukověizolační vlastnosti. Podívejme se nejprve na problematiku svislých konstrukcí. Častým problémem je oslabování zděných konstrukcí různými instalacemi. Problematické je umístování zásuvkových krabic do mezibytových stěn naproti sobě. U konstrukce, která je v rámci ekonomické optimalizace projektu navržena na samé hranici požadavku na zvukovou izolaci, představuje takové umístění zásuvkových krabic zásah, který jí může posunout již pod hranici požadované hodnoty stavební vzduchové neprůzvučnosti. Stejný efekt může mít umístění většího počtu zásuvkových krabic v libovolné poloze do jedné konstrukce. Pro dodatečně



01 | Zvukoměr
02 | Zdroj kročejového zvuku
03 | Detail zdroje kročejového zvuku

odstranění tohoto nedostatku je většinou nutné doplnit konstrukci o sádkartonovou předstěnu v tloušťkách od cca 70–80 mm. To představuje zásah do užitné plochy většinou zařízených bytů a v některých případech (kuchyňské linky, nábytek na míru) toto může být problematické.

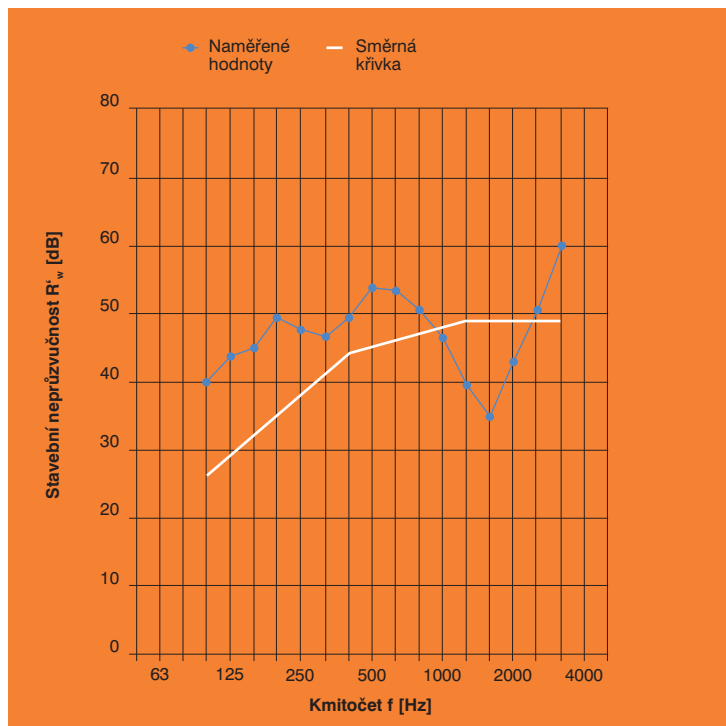
Velice problematické je umístování trubních rozvodů do dělicích mezibytových konstrukcí, obzvláště v případech, kdy je jedna ze sousedících místností obytná. Takovýto stavební zásah představuje výrazné oslabení tloušťky konstrukce, a to na ploše poměrně větší než v předchozím příkladu. Problémem v tomto případě nebývá jen nedostatečná vzduchová neprůzvučnost konstrukce, ale především přenos hluku z vodovodního potrubí konstrukcí. To se stává zejména v případě, kdy je potrubí do konstrukce zabudováno bez jakékoli pružné izolace. Na tento hluk se dle metodického pokynu hlavního hygienika České republiky vztahují hygienické limity hluku, které jsou v případě hluku uvnitř budovy poměrně přísné. Náprava problému je velice obtížná, často neakceptovatelná. Vzduchová

neprůzvučnost se zde dá zvýšit vybudováním předstěny jako v předešlém případě. Dodatečná předstěna ale ne vždy dostatečně utlumí hluk z vodovodního potrubí, který se šíří i okolními konstrukcemi. Pak je neúčinnějším opatřením obnažení potrubí a jeho dodatečné obalení pružnou izolací, například pěnovým polyetylenem. Takováto úprava představuje významný stavební zásah do užívání objektu. Její provedení není většinou reálné i proto, že se jedná o stavební práce v jiném bytě, než v bytě stěžovatele.

V akustické praxi jsme se setkali i s umístěním požárního hydrantu do stěny mezi schodištěm a ložnicí. V takto oslabené stěně byla v místě niky pro hydrant umístěna pouze jedna sádkartonová deska. Vzduchová neprůzvučnost konstrukce byla samozřejmě hluboko pod požadovanými $R'_{w} = 52$ dB. Úprava stěny si vyžádala vybudování dvojité opláštěné předsazené sádkartonové konstrukce. Podobná oslabení jsou jednoznačně zcela nevhodná a výsledek zkoušky vzduchové neprůzvučnosti takovéto stěny předem poměrně snadno odhadnutelný, nevyhovující.

Zdrojem problémů bývají také lehké vazníkové střechy. Svislé konstrukce se u vazníkových střech obvykle provádějí pouze do úrovně podpory vazníků (úroveň podhledu). Tak vzniká nad podhledem průběžný prostor, částečně vyplněný pouze minerální izolací. Prostory se vzájemným požadavkem na zvukovou izolaci jsou odděleny mimo stěnové konstrukce navrhované na požadovaný útlum pouze deskami sádrokartonového podhledu, jejichž útlum zvuku je nedostačující. Vzduchová neprůzvučnost mezi místnostmi v takovéto situaci nedosahuje požadavku stanoveného například pro mezibytovou stěnu. Problém lze řešit více způsoby. První z možností je dozdit svislé stěny až po střešní plášť a spáru mezi zdívkem a střechou náležitě dotěsnit. Toto řešení ale není vždy možné, jeho použitelnost závisí na rozmístění vazníků v podstřešním prostoru. Jinou z možností je přepažení podstřešního prostoru nad jednotlivými stěnami sádrokartonovou nebo jinou stavební deskou. Tato deska by měla být samozřejmě napojena na okolní konstrukce těsně. Zde je nutné zmínit ještě jednu důležitou zásadu. Podhled nesmí probíhat průběžně z jedné místnosti do druhé. Nad stěnou je nutné desky podhledu proříznout a vzájemně separovat. Může totiž docházet k vedení zvuku rozkmitáním podhledu a následným vyzařováním zvuku v dalších místnostech.

Posledním z problémů zvukové izolace svislých konstrukcí, o kterém se zde zmíníme, je neodborný návrh nebo použití sádrokartonových předstěn a desek. Jak jsme již zmiňovali výše, sádrokartonovou předstěnou lze zvýšit vzduchovou neprůzvučnost jednoduché konstrukce. Do těchto konstrukcí se řadí například konstrukce zděné z cihel a tvárnice a železobetonové konstrukce. Přidáním předstěny vznikne dvojitá kombinovaná konstrukce s jednou ohybově tuhou a jednou ohybově poddajnou konstrukcí (sádrokartonová předstěna). Neprůzvučnost těchto konstrukcí je ovlivňována jednak neprůzvučností konstrukcí dílčích a dále změnou neprůzvučnosti



Graf 01 | Vzduchová neprůzvučnost s anomálií na vyšších kmitočtech

vlivem tloušťky vzduchové vrstvy a jejího vyplnění.

Důležitým faktorem ovlivňujícím návrh předstěny je rezonanční kmitočet vzduchové vrstvy konstrukce. Ten je ovlivněn plošnou hmotností obou dílčích stěn a jejich vzájemnou vzdáleností. Zde je nutné uvést, že hodnocená zvukově izolační oblast je v rozsahu kmitočtů 100–3150 Hz. Rezananční kmitočet je tedy nutné dostat mimo tuto oblast, prakticky do oblasti mnohem nižší než 100 Hz, přibližně $f_r < 70$ Hz. Toto ověříme vztahem pro výpočet rezonančního kmitočtu:

$$f_r = 60 * ((1/m_1' + 1/m_2')/d)^{1/2},$$

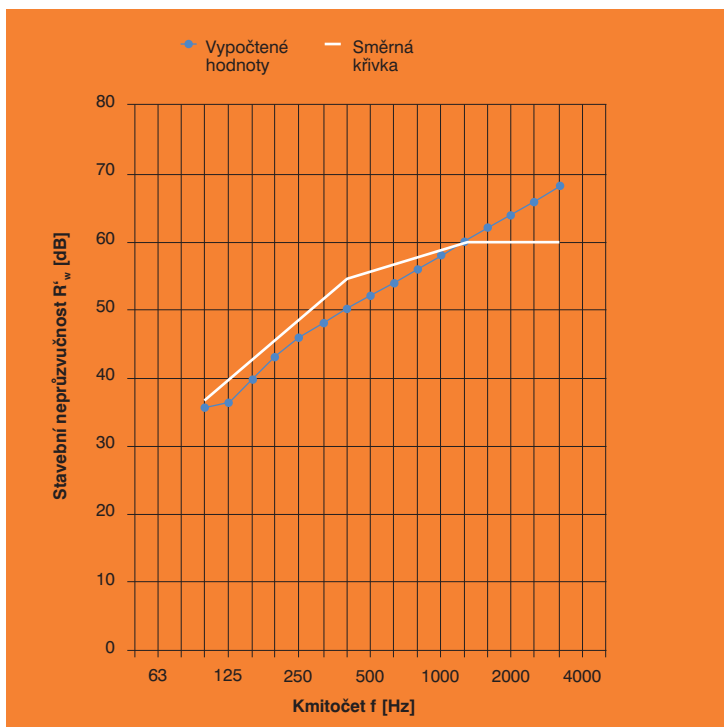
kde:

m' jsou plošné hmotnosti dílčích konstrukcí [kg/m²],
 d je tloušťka vzduchové vrstvy [m].

Praktickým vyzkoušením tohoto vztahu zjistíme, že pro běžné hmotnosti stěn vychází pro sádrokartonové předstěny odsazené cca 60 mm. V případě, kdy nebude toto pravidlo zachováno a rezonanční kmitočet bude ležet

ve zvukověizolačním rozmezí, může dojít i ke zhoršení izolačních vlastností konstrukce. V extrémním případě může takto vzniknout v podstatě pasivní reproduktor.

Praktický dopad tohoto jevu si můžeme demonstrovat na dvou následujících příkladech. V prvním z nich bylo na stavbě rozhodnuto, snad vinou nedostatečné jakosti zděné a vzniklých nerovností, o obložení zděné stěny sádrokartonovými deskami namísto provedení omítek. Sádrokartonové desky byly na stěnu nalepeny přes maltové polštáře. Tím vznikla mezi stěnou a deskami vzduchová vrstva o minimální tloušťce. Při prověřování zvukové izolace byla zjištěna hodnota vzduchové neprůzvučnosti hluboko pod hodnotou deklarovanou výrobcem tvárnice. Vliv popisované rezonance zde byl zvýrazněn oboustranným obložением stěny, kdy se negativní vlivy z obou vzduchových vrstev počítaly. Druhým a do jisté míry podobným případem je obložení železobetonové stěny deskami z polystyrenu s nalepenou deskou z dřevité vlny a na ně provedenou



Graf 02 | Vypočtená vzduchová neprůzvučnost jednoduché stěny

omítkou. Křivka vzduchové neprůzvučnosti této konstrukce vykazuje oproti běžným stavebním konstrukcím velmi odlišný průběh. Popisovaná anomálie je dobře patrná z grafů /01/ a /02/, kde je uvedena měřená konstrukce a pro srovnání vypočtená hodnota pro obdobnou stěnu bez uvedeného obložení. U stěny zde dochází k velmi výraznému poklesu neprůzvučnosti v třetinooktávovém pásmu 1600 Hz a v několika pásmech sousedních a to až o 15 dB. Důvod tohoto propadu lze vysvětlit jevem, který se v literatuře nazývá rezonance typu „hmotnost poddajnost“. Jedná se o kmitání vrstvy o poměrně malé plošné hmotnosti (v tomto případě omítky) na izolační vrstvě s poměrně velkou dynamickou tuhostí (polotuhé izolační desky). Tato anomálie má samozřejmě i podstatný vliv na váženou hodnotu vzduchové neprůzvučnosti, která nespĺňuje požadovanou hodnotu pro mezibytovou stěnu.

VODOROVNÉ KONSTRUKCE

Zvuková izolace se u vodorovných konstrukcí dělí na vzduchovou

neprůzvučnost a kročejovou izolaci vyjadřovanou normalizovanou hladinou (akustického tlaku) kročejového zvuku. Problematika vzduchové neprůzvučnosti a kročejové izolace je poněkud odlišná, i když se vzájemně ovlivňují. Problematika kročejového hluku se začala dostávat do popředí s nástupem železobetonových stropů. U samotného železobetonového stropu platí mezi váženými hodnotami vzduchové neprůzvučnosti a normalizované hladiny kročejového zvuku přibližně vztah:

$$L_{nw} \approx 135 - R_w \text{ [dB]},$$

kde:

L_{nw} je normalizovaná hladina kročejového zvuku,
 R_w je laboratorní vzduchová neprůzvučnost.

Při pohledu na normové požadavky na zvukovou izolaci například mezi dvěma byty ($R'_w = 52$ dB; $L'_{n,w} = 58$ dB) je jasné, že pouze jednoduchá stropní deska je nedostačující ($135 - 52 = 83$). Z tohoto důvodu je nutné

u konstrukcí, jež mají plnit akusticky dělicí funkci, vytvářet plovoucí podlahy, které jsou od ostatních konstrukcí odděleny pružným prostředím. Příspěvek plovoucích podlah je především v oblasti kročejové izolace, ale mají vliv i na vzduchovou neprůzvučnost, a to jednak přidáním hmotnosti a dále působením pružné mezivrstvy. Právě souvrství plovoucí podlahy je zdrojem nejčastějších problémů s nedodržením požadavků především na kročejovou izolaci.

Základní zásadou pro správnou akustickou funkci stropu je důsledné oddělení skladby podlahy od nosné konstrukce v ploše místnosti, od stěny a také od prostupujících konstrukcí. Při provádění roznášecí vrstvy je tedy nutné myslet i na pružnou separaci prostupujících trubek otopné soustavy a podobných instalací. U tvrdých nášlapných vrstev je vhodné dilatačně oddělit i nášlapnou vrstvu s obvodovou lištou nebo páskem.

Podstatný vliv na kročejovou izolaci stropu má kromě jiného samotná nášlapná vrstva podlahy. Z hlediska kročejové izolace stropu je nevhodnější nášlapnou vrstvou koberec. Naopak podlahová krytina z keramické dlažby nebo laminátu na kročejovou izolaci skladby nemá pozitivní vliv. To je důvod, proč by se při návrhu skladby nemělo uvažovat s nášlapnou vrstvou. Ve výsledku je ve většině případů rozhodující přenos kročejového zvuku přes skladbu s keramickou dlažbou, která bývá narušena v koupelně, a to i v případech, kdy koupelna s obytnou místností přímo nesusousedí.

Ke zhoršení kročejové izolace může dojít i chybou provádění v ploše stropu. Pro roznášecí vrstvy se kromě betonové mazaniny používají i lité potěry na bázi síranu vápenatého. Jejich rizikem je velká tekutost při zpracování. Před pokládkou potěry je nutné provést dostatečně účinnou pomocnou hydroizolační vrstvu a zamezit riziku jejího poškození během realizace potěry. V případě zatečení a zatuhnutí potěry nebo betonové mazaniny skrz izolační vrstvu na nosnou konstrukci dochází

k propojení roznášecí vrstvy a nosných konstrukcí objektu. Funkce izolační vrstvy je v tomto případě velmi omezena a požadavek normy většinou překročen. Oprava této vady představuje vybourání podlahového souvrství. Pokud se k ní musí přistoupit, je velmi nepříjemná. Alternativně lze v případě problému s vertikálním přenosem realizovat zvukověizolační podhled. Účinnost podhledu je ale omezená a provedení podhledu je závislé na rezervě světlé výšky chráněných místností do výšky požadované.

Setkali jsme se i s problémem nadměrného přenosu kročejového hluku v rámci jednoho podlaží, i když plovoucí podlahy byly v předemtných prostorech realizovány. Při podrobnějším průzkumu byla odhalena příčina nadlimitního přenosu zvuku. Roznášecí vrstva byla provedena v bytě i ve společné chodbě zároveň bez vzájemné pružné separace. Pro odstranění tohoto problému bylo nutné proříznout v místě dveří v roznášecí vrstvě spáru a vložit do ní separační pásek.

Závěrem této kapitoly uvedme jeden příklad pro vzduchovou neprůzvučnost stropní konstrukce. Jedná se o stropní konstrukce mezi vytápěným prostorem a prostorem nevytápěným (garáže, exteriér). Setkali jsme se s problémy se zvukovou izolací stropních konstrukcí

mezi bytem a garáží, na něž je ze spodní strany proveden kontaktní zateplovací systém s tepelnou izolací z pěnového polystyrenu. Pokud není při návrhu těchto konstrukcí zahrnut kontaktní zateplovací systém, může být zvuková izolace stropu získaná měřením o 1–3 dB nižší než hodnota předpokládaná výpočtem. Tento rozdíl je dán již zmiňovanou rezonancí typu „hmotnost poddajnost“, kdy tenká vrstva omítky kmitá na dynamicky poměrně tuhé vrstvě pěnového polystyrenu. Tuto problematiku lze obecně přenést i na zateplování svislých obvodových stěn. Zde tento problém ale není většinou klíčový, neboť požadavek na zvukovou izolaci obvodového pláště je mnohem mírnější nežli požadavek na zvukovou izolaci mezi vnitřními hlučnými prostory (strojovny, garáže) a bytovými jednotkami.

SHRNUTÍ

Nadměrný přenos hluku bývá jedním z častých důvodů reklamací uživatelů obytných domů. Kvalitní návrh konstrukcí je jedním ze základních kroků k dosažení požadovaných zvukověizolačních vlastností konstrukcí. V článku jsme ukázali některá chybná řešení, se kterými jsme se setkali při našich měřeních. Takovým řešením je třeba předcházet.

<Jan Pešta>
DEKPROJEKT s.r.o.

Literatura:

- [1] ČSN 73 0532
Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a související akustické vlastnosti stavebních výrobků – Požadavky
- [2] Soubor norem
ČSN EN ISO 140 Měření zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách
- [3] Stavební fyzika 10 – Akustika stavebních konstrukcí
doc. Ing. Jiří Čechura, CSc.,
Vydavatelství ČVUT, 1999
- [4] www.akustikastaveb.cz

