

MDTR	je troposférické zpoždění vypočtené ze standardního modelu.
MDIO	je ionosférické zpoždění vypočtené ze standardního modelu. V případě dvoufrekvenčního měření se zapíše hodnota vypočtená z měření ve dvou frekvenčních kanálech.
MSIO	je ionosférické zpoždění vypočtené z dvoufrekvenčního měření. Uvádí se jen v případě, že je k dispozici.
FRC	je označení použitého signálu. Pro GALILEO se použije E1, nebo v případě dvoufrekvenčního měření L3E. Pro GPS se použije L1C, nebo při dvoufrekvenčním měření L3P.

Hodnoty REFSYS, SRSYS, ELV, AZTH, MDTR, MDIO a MSIO jsou vztaženy ke středu seance, tj. 6,5 min po jejím začátku uvedeném ve sloupci STTIME.

Soubory se změřenými daty GALILEO z jednofrekvenčního měření se označují jménem ve tvaru EMxxyyz.zzz, kde znaky xx reprezentují označení laboratoře, yy je označení přijímače v dané laboratoři a zzzz je datum MJD prvního měření v souboru. Pokud soubor obsahuje data z dvoufrekvenčního měření s potlačením ionosférického zpoždění, jméno souboru je EZxxyyz.zzz.

Závěr

Družicový navigační systém GALILEO bude hrát v zajištění metrologické návaznosti času a frekvence v rámci Evropské unie mimořádnou roli, neboť se jedná o systém, který je zcela pod kontrolou evropských orgánů. Úplné dokončení systému se předpokládá do roku 2020, ale k rutinnímu časovému transferu bude jistě využíván již v době, kdy kosmický segment nebude kompletní. Po technické stránce je podstatné, že systém disponuje spolehlivou infrastrukturou, jejíž koncepce vychází z potřeby diverzifikace rizik. Použité dálkoměrné signály vykazují ve srovnání se signály stávajících systémů výrazně vyšší hodnoty efektivní šířky spektra, což je základní předpoklad pro dosažení lepší přesnosti. To se týká zvláště kompozitního signálu E5 AltBOC, jehož parametry nemají ve stávajících systémech srovnání.

Literatura

- [1] „GALILEO Mission High Level Definition,“ European Commission and European Space Agency, 23 September, 2002.
- [2] „European GNSS (GALILEO) Open Service Signal In Space Interface Control Document (OS SIS ICD), Issue 1,“ European Union, February 2010.
- [3] P. Defraigne, G. Petit, „CGGTTS - Version 2E: an extended standard for GNSS Time Transfer,“ Metrologia, vol. 52 (2015), no. 4, pp. G1-22.

ZKOUŠENÍ AKUSTICKÝCH VLASTNOSTÍ U OKEN A DVEŘÍ

Ing. Pavel Rubáš, Ph.D.

Technický a zkušební ústav stavební Praha s.p.

Úvod

Zvuk je spojen s kmitáním částic prostředí a šíří se vlněním, do něhož se prostředí uvede sdílením kmitavého pohybu. Uživatel stavby pociťuje sílu, výšku, délku trvání, informaci zvukem přenášenou i nespecifické účinky působení zvuku po stránce fyziologické a psychologické. Ochrana uživatelů budov před nadměrným zvukem (hlukem) je významnou součástí kvality staveb. Důležitou vlastností oken je proto neprůzvučnost, vlastnost konstrukce, která se projevuje ztrátou akustického výkonu při přenosu vzduchem prostřednictvím konstrukce. Obvodové pláště budov jsou ve většině případů složenou konstrukcí, která je tvořena mnoha prvky o rozdílné neprůzvučnosti. Nejméně účinnými prvky složených konstrukcí jsou výplně otvorů – okna a dveře, jejichž akustické vlastnosti rozhodují o neprůzvučnosti obvodového pláště jako celku. Zároveň je známou skutečností, že akustické vlastnosti otvorových výplní nelze snadno predikovat výpočtovými metodami, a tak jediným spolehlivým zdrojem zůstávají měření v laboratořích s potlačeným bočním přenosem zvuku.

Zjišťování neprůzvučnosti otvorových výplní

Laboratorní měření akustických vlastností oken a dveří slouží nejčastěji pro určení typu výrobku (při provádění počátečního určení typu výrobku se vychází z harmonizované technické specifikace, kde je popsáno, které zkoušky provádí notifikovaná osoba, popřípadě které zkoušky provádí výrobce. Počátečním určením typu se ověřuje, zda výrobek vyhovuje harmonizované technické specifikaci. Na základě počátečního určení typu se stanoví ukazatele všech harmonizovaných charakteristik, které mají být výrobcem deklarovány. Počáteční určení typu však není posouzením vhodnosti výrobku k danému použití) podle ČSN EN 14351-1 Okna a dveře – Norma výrobku, funkční vlastnosti – Část 1: Okna a vnější dveře bez vlastností požární odolnosti a/nebo kouřotěsnosti a nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) č. 305/2011 ze dne 9. března 2011, (nařízení o stavebních výrobcích – CPR) se provádí v laboratorních podmínkách bez vedlejších cest šíření zvuku. Zvuková izolace výrobku – otvorové výplně je měřena podle série norem ČSN EN ISO 10140.

U oken se používají rozměry zkušební otvoru přednostně 1 250 mm × 1 500 mm, jak je pro specificky malý zkušební otvor popsáno v ČSN EN ISO 10140-1 Akustika –

Laboratorní měření zvukové izolace stavebních konstrukcí – Část 1: Aplikační pravidla pro určité výrobky. Odchytky od tohoto rozměru mohou být možné na základě posouzení národních stavebních zvyklostí; odchytky v ČR nelze doporučit, jelikož uvedený rozměr je při měření dlouhodobou národní zvyklostí. Vlastní montáž okna do otvoru v laboratoři musí být co nejvíce podobná způsobu užívanému v praxi. Je vhodné docílit, aby ostění mělo na obou stranách okna různou hloubku, přednostně se doporučuje poměr 2 : 1, pokud tento poměr není v rozporu s vlastní konstrukcí okna. Výsledky získané s různými poměry hloubek ostění se mohou lišit.

Mezera mezi oknem a zkušebním otvorem (obvykle 10 mm, jelikož se instaluje vzorek 1 230 mm × 1 480 mm do otvoru 1 250 mm × 1 500 mm) by měla být vyplněna pohltivým materiálem (těžkou minerální vlnou) a neprodyšně utěsněna s použitím elastického tmelu z obou stran. Z toho je zřejmé, že řešení připojovací spáry je v laboratorních podmínkách blízké ideálu, a předpokládá se, že touto úpravou bude přenos zvuku mezerou mezi oknem a ostěním dostatečně potlačen. Zde lze identifikovat první faktor vedoucí k rozdílným výsledkům neprůzvučnosti u téhož výrobku použitého na stavbě. Podcenění kvality provedení připojovací spáry může totiž dosaženou neprůzvučnost negativně ovlivnit.

U oken nesmíme opomenout správné nastavení podmínek měření, protože neprůzvučnost určitých konstrukcí s vrstveným (laminovaným) zasklením závisí na teplotě v laboratoři během měření. Teplota obou laboratorních komor se musí nacházet v rozmezí 17 °C až 23 °C a zkoušená okna musejí být dokonce uložena alespoň 24 hodin při této teplotě. Zajímavou myšlenkou je provádění měření při teplotách blízkých těm, pro které je zkoušený prvek navržen. To by v praxi znamenalo měřit laboratorně s gradientem teploty mezi komorami až 35 °C, což je zatím obtížně představitelné, neboť české laboratoře s potlačeným bočním přenosem zvuku nejsou pro tento účel navrženy. Avšak pro naprostý soulad s očekávanými podmínkami při zabudovaném stavu okna je skutečně řešením pouze optimalizace teploty v místnosti zdroje zvuku na –15 °C při zachování teploty 17 °C až 23 °C v místnosti příjmu zvuku. Autor článku má zkušenost se situací, kdy velmi kvalitní výrobky typu jednoduchých oken s deklarovanou neprůzvučností $R_w > 40$ dB „selhaly“ během měření konstrukce in-situ z důvodu provádění stavební zkoušky během záporných venkovních teplot. Tento jev je možné vysvětlit ztrátou pružnosti fólie u vrstvených skel, kdy speciální izolační sklo vlivem záporné teploty přechodně přichází o své schopnosti spojené s přenosem zvuku. Otázkou je, jak ke zmíněnému „selhávání“ přistupovat. Zda je správným postupem stavební měření opakovat za vhodnějších podmínek, nebo naopak tento výsledek pokládat za jediný správný. Chráněná místnost je ve valné většině případů používána i v zimním období a její uživatelé může dočasný efekt poklesu zvukové izolace fasády během záporných teplot obtěžovat. Dosud však nebyly publikovány související studie, jež by zkoumaly a hodnotily subjek-

tivní vnímání popsaného jevu uživateli. Názor odborníků v oboru je takový, že stavební konstrukce by měly vyhovovat požadavkům stanoveným v závazných předpisech za všech podmínek, při kterých mohou být užívány.

Dveře mají poněkud odlišné zkušební podmínky, jelikož pro dveře je vždy potřebná plocha zkušební otvoru menší než 10 m², ale současně specificky malý zkušební otvor 1 250 mm × 1 500 mm je pro zkoušky dveří nevhodný, neboť nejde o typický stavební otvor pro instalaci dveří. Zkušební otvor v laboratoři se redukuje na míru konkrétních dveří a musí být uspořádán tak, aby spodní hrana dveří byla blízko podlahy zkušební místnosti, a byly tím napodobeny podmínky na stavbě. Laboratoře mají za tímto účelem obvykle připravenou stěnu pro typický rozměr 900 mm × 1 970 mm.

K vyhodnocení jednočíslných veličin se používá norma ČSN EN ISO 717-1:2013. Hlavním výsledkem akustické zkoušky otvorové výplně, který se objektivně vztahuje k měřené konstrukci, je vážená laboratorní neprůzvučnost R_w (dB). Revidovaná verze z roku 2013 přináší jednu důležitou změnu, a to možnost, že veličina R_w (dB) může být pro jednodušší vyjádření akustických požadavků ve stavebních předpisech doplněna o vyhodnocení v krocích po 0,1 dB, což může být použito pro vyjádření nejistot měření.

Popis vlastní zkoušky

Zkoušená výplňová konstrukce je instalována ve zkušebním otvoru mezi vysílací a přijímací místnostmi stanoveným technologickým postupem výrobce. Neprůzvučnost na jednotlivých třetinových pásmech se určí ze vztahu:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \cdot \log \frac{S}{A} \quad (1)$$

kde

- L_1 je průměrná hladina akustického tlaku ve vysílací místnosti (dB)
- L_2 průměrná hladina akustického tlaku v přijímací místnosti (dB)
- S plocha zkoušené dělicí konstrukce (m²), u oken standardně 1,82 m²
- A ekvivalentní pohltivá plocha přijímací místnosti (m²)

Určí se ze změřené doby dozvuku podle vztahu:

$$A = 0,163 \frac{V}{T} \quad (2)$$

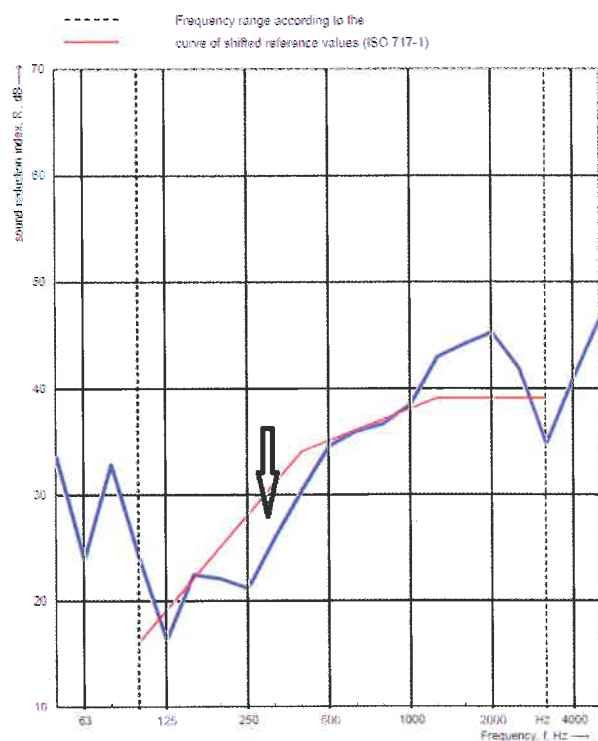
V objem přijímací místnosti (m³)

T doba dozvuku přijímací místnosti (s).

Dále se určují faktory přizpůsobení spektru (C ; C_w), které lze podle typu spektra zdroje hluku v reálných podmínkách přičítat k hodnotě R_w . Hodnota C představuje faktor pro různý šum vážený funkcí A , který zhruba odpovídá spektru hluku při činnostech v bytě nebo dopravnímu hluku na dálnicích. Faktor C_w se vztahuje k váženému spektru dopravního hluku v městech a obcích. Uvedené

faktory (C ; C_{tr}) se uvádějí současně s veličinou R_w (dB) a platí pro základní kmitočtový rozsah 100 Hz až 3 150 Hz. Jako doplňkové byly dále určeny faktory přizpůsobení spektru pro rozšířený kmitočtový rozsah $C_{100-5000}$ a $C_{tr, 100-5000}$, které jsou vztaženy ke kmitočtovému rozsahu 100 Hz až 500 Hz. Podrobnější popis a způsob použití faktorů je uveden v [1], přílohy A a B. Tyto faktory budou pravděpodobně hrát významnější roli v další generaci vyhodnocovacích metod.

Vyhodnocení probíhá podle již zmíněné normy ČSN EN ISO 717-1:2013 a je použit počítačově či ručně zpracovaný normalizovaný diagram. Jedná se o pravoúhlý diagram, kde je na vodorovné ose stupnice v logaritmickém měřítku, vytvořená ze šestnácti středních kmitočtů pásem 1/3 oktávy, a na svislé ose neprůzvučnost R (viz obr. 1). Zhodnocení neprůzvučnosti, resp. zvukoizolační vlastnosti okna pomocí souboru šestnácti hodnot, je pro běžné použití nepraktické a v podstatě pro uživatele, který hodlá srovnávat několik výrobků na trhu, dokonce nepoužitelné. Proto je podle [1] zavedena metoda stanovení jednočíselné hodnotící veličiny – vážené neprůzvučnosti R_w (dB). Směrná křivka je dvakrát lomenou čarou, a při hledání vážené hodnoty laboratorní neprůzvučnosti se hledá správná poloha směrné křivky vůči spektru naměřených hodnot neprůzvučnosti. Směrná křivka se pohybuje s krokem 1 dB či 0,1 dB ve svislém směru, přičemž se hodnotí nepříznivé odchylky až do okamžiku, kdy je jejich součet nanejvýš 32 dB. V tom okamžiku je směrná křivka ve správné poloze vůči spektru naměřených hodnot, a na pásmu 500 Hz se na **směrné křivce** odečítá vážená neprůzvučnost R_w (dB).



Obr. 1: Ukázka záznamu z měření laboratorní neprůzvučnosti R_w (dB) u okna včetně označení oblasti nepříznivých odchylek – viz šipka

Požadavky na okna zabudovaná ve stavbě

Požadavek na váženou neprůzvučnost okna zabudované ho ve stavbě závisí na:

- absolutní ploše okna,
- podílu plochy okna a celkové plochy obvodového pláště místnosti,
- ekvivalentní hladině akustického tlaku před fasádou v noci a přes den,
- využití místnosti.

Harmonizovaná norma pro okna ČSN EN 14351-1 Okna a dveře – Norma výrobku, funkční vlastnosti – Část 1: Okna a vnější dveře bez vlastností požární odolnosti a/nebo kouřotěsnosti uvádí akustické vlastnosti v souvislosti s označením CE. Označení CE je u výrobků typu oken a vnějších dveří od 1. 2. 2010 povinné. Neprůzvučnost má být stanovena referenční metodou podle série norem ČSN EN ISO 10140 nebo alternativně výpočtem u jednoduchých oken s izolačním sklem, avšak výpočtem stanovená vážená neprůzvučnost nesmí být větší než 39 dB. Výsledná hodnota stavební neprůzvučnosti v zabudovaném stavu je tedy určena plochou, použitým zasklením, počtem těsnění a řešením připojovací spáry. Mezi chyby v návrhu okna patří opomenutí **tabulky 1**.

Tabulka 1: Extrapolací pravidla pro rozdílné rozměry oken

Rozsah velikosti okna		Hodnota zvukové izolace okna
Výsledky laboratorní zkoušky pro zkušební vzorek každé velikosti	Tabulkové hodnoty	
–100 % až +50 % celkové plochy zkušební vzorku	celková plocha $\leq 2,7 \text{ m}^2$	R_w a $R_w + C_{tr}$
+50 % až +100 % celkové plochy zkušební vzorku	$2,7 \text{ m}^2 < \text{celková plocha} \leq 3,6 \text{ m}^2$	R_w a $R_w + C_{tr}$ opravené o –1 dB
+100 % až +150 % celkové plochy zkušební vzorku	$3,6 \text{ m}^2 < \text{celková plocha} \leq 4,6 \text{ m}^2$	R_w a $R_w + C_{tr}$ opravené o –2 dB
> +150 % celkové plochy zkušební vzorku	$4,6 \text{ m}^2 < \text{celková plocha}$	R_w a $R_w + C_{tr}$ opravené o –3 dB
Intervaly plochy uvedené pro tabulkové hodnoty jsou identické s intervaly pro výsledky zkoušek s použitím doporučeného zkušební vzorku rozměru 1,23 m × 1,48 m.		

Z tabulky 1 je zřejmé, že například u okna s laboratorně změřeným $R_w = 32 \text{ dB}$, které má zkušební plochu $1,87 \text{ m}^2$, nemůže výrobce deklarovat, že tento výrobek (zasklení, rám atd.) s plochou $4,62 \text{ m}^2$, má též vlastnost $R_w = 32 \text{ dB}$. Správnou deklarací pro výrobek uvedené plochy je $R_w = 29 \text{ dB}$.

Konkrétní požadavky na neprůzvučnost zabudovaných oken stanoví národní norma ČSN 73 0532:2010. Pokud plocha oken zaujímá větší plochu než 50 % celkové plochy

obvodové konstrukce v místnosti, je minimální požadavek na váženou laboratorní neprůzvučnost okna R_w (dB) stanoven hodnotou uvedenou v **tabulce 2** z ČSN 73 0532. Jestliže plocha oken představuje 35 % až 50 % celkové plochy obvodové konstrukce v místnosti, je minimální požadavek na váženou neprůzvučnost okna R_w o 3 dB nižší než hodnota uvedená v **tabulce 1**. Pro okna zaujímající menší plochu než 35 % celkové plochy obvodové konstrukce v místnosti je požadavek na váženou neprůzvučnost o 5 dB nižší než jednočíselná hodnota uvedená v **tabulce 1**. Snížené požadavky na neprůzvučnost oken vyplývající z výše uvedených podílů plochy okna na celé ploše obvodové konstrukce v místnosti se uplatňují jen tehdy, jestliže hodnota jednočíselné veličiny neprůzvučnosti plné části obvodového pláště je **nejméně o 10 dB vyšší** než hodnota vážené neprůzvučnosti okna. Za plochu okna se ve smyslu uvedené normy považuje plocha celého okenního otvoru, tj. okno včetně rámu a připojovací spáry. Celkovou plochou obvodové konstrukce v místnosti se rozumí plocha obvodového pláště včetně oken při pohledu z místnosti.

Požadavky na dveře zabudované ve stavbě

Ve stavbách se setkáváme většinou se společnými stěnami s dveřmi mezi sousedícími prostory, kde se požadavek na stavební neprůzvučnost stěny $R'_{w, s}$ (dB) vztahuje vždy pouze na plnou část stěny (bez dveří) a během měření na stavbě se vliv dveří potlačuje speciální přídavnou konstrukcí. Současně však platí požadavek na dveře, který norma vyjadřuje laboratorní váženou neprůzvučností R_w (dB). Zejména v případě bytů, kde je zvoleno dispoziční řešení, kdy vstupní místnost je chráněnou obytnou místností (např. chybí předsíň mezi společnou chodbou a obývacím pokojem), je nutné si uvědomit, že významně narůstá požadavek na laboratorní váženou neprůzvučnost vstupních dveří bytu, tj. 37 dB, ve srovnání se standardně požadovanými 32 dB, které se uplatní v kombinaci společná chodba – předsíň – obývací pokoj. Požadavkem, který může být pro mnohé překvapením, je požadavek na váženou laboratorní neprůzvučnost interiérových dveří $\geq 27 \text{ dB}$, které spojují **dvě obytné místnosti v jednom bytě**.

Měření výplní otvorů v zabudovaném stavu

Stavební měření výplní otvorů zabudovaných v obálce budovy je samostatnou, poměrně složitou kapitolou. Postupuje se podle měřicích metod uvedených v ČSN EN ISO 140-5 Akustika – Měření zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách – Část 5: Měření vzduchové neprůzvučnosti obvodových plášťů **a jejich částí na budovách**. Norma popisuje celou řadu měřicích metod, které je možné rozdělit do dvou skupin. První skupinou metod je měření vzduchové neprůzvučnosti prvků obvodových plášťů budov, což jsou metody vhodné právě pro okna a dveře v roli komponent obvodového pláště (metody prvku). Druhou skupinou metod je měření zvukové izolace obvodového pláště jako celku (metody celku). Primární metoda pro prvky používá reproduktor jako umělý zdroj zvuku. Další tři méně přesné metody pro prvky používají dosažitelný dopravní hluk (silniční,

železniční, letecký). Pouze metodou „prvek–reproduktor“ je možné určit stavební neprůzvučnost okna či vnějších dveří, která může být za určitých podmínek srovnatelná s hodnotami neprůzvučnosti změřenými v laboratoři podle série norem ISO 10140. Metoda se proto používá tehdy, pokud chceme hodnotit účinnost okna na stavbě ve vztahu k jeho účinnosti v laboratorních podmínkách.

Popis vlastní zkoušky při použití in-situ metody „prvek–reproduktor“

Zkoušená výplňová konstrukce je instalována ve stavebním otvoru mezi venkovním prostorem a chráněným prostorem, přičemž zabudování závisí na kvalitě provedení připojovací spáry. Stavební neprůzvučnost R'_{45} se použije pro okno či vnější dveře, když je zdrojem zvuku reproduktor a úhel dopadu zvuku je 45° . Určuje se podle vztahu

$$R'_{45} = L_{1,s} - L_2 + 10 \cdot \log \frac{S}{A} - 1,5 \quad (3)$$

kde

- $L_{1,s}$ průměrná hladina akustického tlaku na povrchu zkoušeného vzorku
- L_2 průměrná hladina akustického tlaku v přijímací místnosti (dB)
- S plocha zkoušené dělicí konstrukce (m^2)
- A ekvivalentní pohltivá plocha přijímací místnosti (m^2).

Určí se ze změřené doby dozvuku analogicky podle rovnice (2).

Porovnáním vzorce (1) pro neprůzvučnost v laboratoři a stavební neprůzvučnost in-situ (2) zjistíme podstatný rozdíl. Laboratorní měření pracuje s rozdílem průměrných hladin akustického tlaku mezi vysílací a přijímací místností, kde na obou stranách konstrukce je difúzní zvukové pole, avšak metoda in-situ využívá rozdílu mezi průměrnou hladinou akustického tlaku na povrchu zkoušeného vzorku a průměrnou hladinou akustického tlaku v přijímací místnosti. To je dáno tím, že „vysílací místností“ je nekonečně velký venkovní prostor, s nikoli difúzním, ale s volným zvukovým polem v jehož podmínkách je hledání jakési průměrné hladiny akustického tlaku nereálné. Z tohoto důvodu se mikrofon kontaktně upevňuje na zkoušený prvek a konstanta –1,5 dB v rovnici (3) je korekcí tohoto způsobu upevnění mikrofonu.

Rovnice (3) vychází z předpokladu, že zvuk na zkoušený prvek dopadá pouze pod úhlem 45° a že zvukové pole v přijímací místnosti je dokonale difúzní.

Kromě stavební neprůzvučnosti R'_{45} se při hodnocení akustických vlastností otvorových výplní in-situ můžeme vzácněji setkat s veličinami $R'_{tr, s}$, $R'_{rt, s}$ a $R'_{at, s}$. Jde o metody „prvek – silniční hluk“, „prvek – železniční hluk“ a „prvek – letecký hluk“, Slouží ke stejným účelům jako metoda „prvek – reproduktor“. Jsou využitelné v případech, kdy se metoda primární „prvek – reproduktor“ nemůže použít v praxi. Důvodem může být právě velmi vysoké pozadí z dopravního hluku ve venkovním prostoru. Tyto metody vedou často k rozdílným výsledkům, vykazují obvykle nižší hodnoty neprůzvučnosti než primární metoda s reproduktorem.

rem a nejsou vůbec porovnatelné s výsledky laboratorních měření, mohou ale dobře vypovídat o skutečné zátěži uživatelů budovy dopravním hlukem resp. o úrovni jejich ochrany před tímto hlukem vlivem konstrukce okna.

Mezi časté dotazy našich klientů – výrobců oken patří dotaz spojený s obavou, zda není výsledek stavebního měření neprůzvučnosti okna ovlivněn stěnou, jež zkoušený prvek obklopuje. Tento dotaz je logický, neboť výslednou hladinu akustického tlaku v místnosti neovlivňuje pouze okno, ale v určitých případech se může skutečně projevit vliv neprůsvitné části fasády – stěny. K tomu lze provést tuto zkoušku. Měřené okno se pokryje z vnitřní strany minerální vlnou tloušťky 100 mm a opláští se dvojitým sádkartonovým záklopem. Neprůzvučnost takto vylepšeného okna se změní znovu, a pokud měření prokáže zvýšení neprůzvučnosti vlivem přídatné konstrukce o méně než 6 dB v celém kmitočtovém rozsahu nebo jeho části, potom je přenos zvuku stěnou obklopující vzorek skutečně nepřipustně vysoký. Zároveň v takovém případě není opět možné srovnání s laboratorními zkouškami.

Ideální okno z pohledu stavební akustiky

Výrobce, zvažující při vývoji nového typu stavební akustiku, pracuje obvykle s následujícími parametry:

- 1) Šířka vzduchové mezery – Pokud konstruujeme jednoduché okno, pak je jeho výplň izolační sklo, obvykle dvojsklo či trojsklo. Menší tloušťky vzduchových mezer používané u izolačních skel (12 mm–16 mm) nejsou z hlediska zvukové izolace vhodné. Za optimální šířku vzduchové mezery se ve stavební akustice považuje interval 50 mm až 200 mm. V oblasti 50 mm až 100 mm roste podle teorie vážená neprůzvučnost o 1 dB s každým přidaným 1 cm vzduchové mezery, nad 100 mm do 200 mm je další nárůst již pozvolnější a na základě osobních zkušeností ho lze odhadnout na 0,5 dB s každým dalším přidaným 1 cm vzduchové mezery. V oblasti nad 200 mm je již další progres natolik nevýrazný, že není praktického rozdílu mezi mezery 30 cm a 40 cm. Z tohoto důvodu jsou v rámci základního požadavku ochrany proti hluku nejvhodnější konstrukcí dvojitá (špaletová) okna, kde je možné docílit mezery mezi okny 10 cm až 20 cm.

Obr. 2 dokumentuje teoretický příspěvek vzduchové mezery v rozmezí 0 cm až 20 cm u konstrukce tvořené dvěma skly, přičemž každé má tloušťku 4 mm. Na základě výsledků měření v naší laboratoři jsme formulovali empirický vztah (4) pro stanovení neprůzvučnosti v závislosti na vzduchové mezeře v rozmezí 0 mm až 200 mm u konstrukce tvořené dvěma skly každé o tloušťce 4 mm Prostým dosazením zjistíme, že vzduchová mezera mezi pozicemi zasklení má potenciál zvýšit neprůzvučnost až o 14 dB. Pozornému čtenáři neunikne, že hovoříme o vzduchové mezeře, ačkoliv pro výplně izolačních skel se používají inertní plyny typu argon aj. Vzhledem k téměř identickým objemovým hmotnostem vzduchu a inertních plynů platí rovnice (4) i pro inertní plyny.

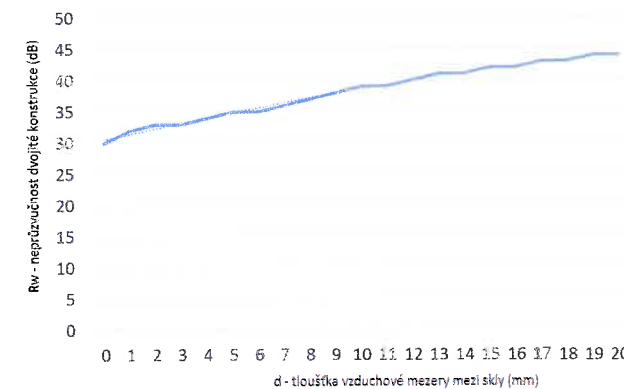
$$R_w \approx -0,0121d^2 + 0,95d + 29,6 \quad (4)$$

kde

d je tloušťka uzavřené vzduchové mezery mezi skly (mm).

V minulosti byl v izolačních sklech využíván též fluorid sírový (hexafluorid síry, někdy označovaný podle vzorce SF₆). Tato látka je velice nepolární a patří k plynům s vysokou hustotou, asi 6krát vyšší, než je hustota vzduchu, zároveň je čirá. Na rozdíl od ostatních fluoridů síry není jedovatá, avšak jde o prokázaný významný skleníkový plyn společně s dalším fluoruhlovdíky a perfluoruhlovdíky, a tak je jeho průmyslové používání velmi omezené.

- 2) Tloušťka skel a vrstvení skel – U jednoduchých konstrukcí, mezi které nesporně patří tabule plaveného skla, platí, že s plošnou hmotností roste zároveň neprůzvučnost. Obecně můžeme podle teorie očekávat nárůst vážené neprůzvučnosti o 6 dB s každým zdvojnásobením plošné hmotnosti resp. tloušťky tabule skla. Při využívání této závislosti rychle narazíme na fyzikální limity, neboť předpokládáme-li u tabule skla o tloušťce 4 mm neprůzvučnost $R_w = 23$ dB, potom $R_w = 47$ dB teoreticky odpovídá tabuli skla tlusté 48 mm! Účinnějším nástrojem je proto použití vrstvených skel, kde dochází ke slepení např. dvou 4mm skel pomocí vložené fólie do vrstveného skla typu 44.1 či 44.2., která mají lepší neprůzvučnost než obyčejná tabule skla 8 mm.



Obr. 2: Příspěvek vzduchové mezery v rozmezí 0 až 200 mm u konstrukce tvořené dvěma skly každé o tloušťce 4 mm

- 3) Asymetrie v zasklení – Na první pohled může být málo účinným řešením, ale opak je pravdou, viz **tabulku 2**, ze které je zřejmé, že správným rozložením poměru hmoty v izolačním skle lze dosáhnout zajímavých nárůstů neprůzvučnosti při minimální změně tloušťky zasklení. Izolační trojskla a čtyřska jsou často chybně považována za správný směr ke zvyšování neprůzvučnosti. Zde je možné konstatovat, že tyto konstrukce nejsou pro dosahování vysokých neprůzvučností perspektivní kvůli výskytu vícenásobných rezonancí ve zvukoizolační oblasti, a tak se svými akustickými vlastnostmi blíží konstrukcím dvojitým, a tak například rozdíl mezi neprůzvučnostmi izolačního dvojskla 4/15/4 a trojskla 4/15/4/15/4 není velký.

Tabulka 2: Neprůzvučnost R_w u asymetrických izolačních dvojskel, výsledky vycházejí z dlouhodobé zkušenosti laboratoří TZÚS Praha, s.p.

Složení izolačního skla sklo/mezera/sklo (mm)	R_w	Celková tloušťka
4/15/4	32 dB	23 mm
6/15/4	34 dB	25 mm
8/12/5	36 dB	25 mm
10/12/8	37 dB	30 mm
10/15/6	38 dB	31 mm

- 4) Konstrukce rámu a křídla – Logicky se podílí na neprůzvučnosti okna, zejména u oken s vyšší neprůzvučností (> 38 dB). Nelze očekávat automatickou rovnost mezi neprůzvučností zasklení $R_{w,IGU}$ (dB) a neprůzvučností okna $R_{w,WIN}$ (dB), viz **tabulku 3** a **obr. 3**, závislost je výrazně složitější a může být pouze odhadnuta na základě porovnání realizovaných výsledků měření izolačních skel a oken, viz autorem článku formulovaný empirický vztah s exponenciální závislostí (5). Obecně výhodnější jsou hmotné rámy, což jde zcela proti **základnímu požadavku na ochranu tepla**. Materiálovým ideálem podle stavební akustiky je tedy ocel či hliníkový rám a křídlo s dutinami, jež jsou zcela vyplněny pískem nebo okna z těžkých druhů dřev.

Tabulka 3: Teoretická závislost neprůzvučnosti jednoduchého otvívavého okna na neprůzvučnosti použitého izolačního skla

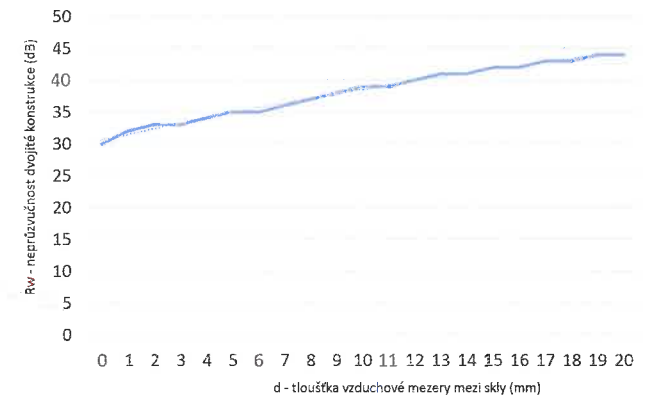
Neprůzvučnost izolačního skla $R_{w,IGU}$ (dB)	Neprůzvučnost okna $R_{w,WIN}$ (dB) s konkrétním izolačním sklem
27	30
28	31
29	32
30	33
32	34
34	35
36	36
38	37
40	38
51	46

Poznámka: Tabulka kombinuje závislosti publikované v ČSN EN 14351-1 a poznatky autora článku

$$R_{w,WIN} \approx 19,156 \cdot e^{0,0175 R_{w,IGU}} \quad (5)$$

kde

$R_{w,IGU}$ neprůzvučnost použitého zasklení (dB);



Obr. 3: Závislost neprůzvučnosti $R_{w,WIN}$ (dB) jednoduchého okna s dvojitým těsněním na neprůzvučnosti použitého zasklení $R_{w,IGU}$ (dB)
e Eulerovo číslo $e = 2,718$

- 5) Těsnění funkční spáry – V praxi je řešeno obvykle dvoustupňově pomocí těsnících profilů. Zde je rozpor se **základním požadavkem na hygienu** spočívajícím ve výměně vzduchu při zavřeném okně. Náročnější požadavky na neprůzvučnost oken se proto řeší zatlučenými ventilačními klapkami (štěrbínami) nebo vyloučením otírání oken, kde rám a křídlo splynou v jeden prvek, do něhož se osadí zasklení. Větrání je pak nutno řešit odděleně od okna např. vдуchotechnikou.
- 6) Těsnění připojovací spáry – Zde je vhodné zapomenout na univerzální výplň ve formě PUR pěny a raději přistoupit k laboratornímu řešení, jež spočívá ve vyplnění spáry těžkou minerální vlnou a v oboustranném překrytí tmelem či maltou.

Naprostu špičkovým oknem – výrobkem pro řešení základního požadavku CPR č. 5 ochrana proti hluku se zdá být dvojitě okno, jež se skládá ze dvou nezávislých jednoduchých oken bez možnosti otírání. Rám každého z těchto oken je ocelový s důsledným vyplněním veškerých vnitřních dutin pískem, izolační skla jsou vrstvená s neprůzvučností deklarovanou výrobcem $R_w = 50$ dB, vnitřní mezera mezi okny je 180 mm až 200 mm. Příznivě se může projevit i zasklení vnějšího a vnitřního okna v navzájem různoběžných rovinách. U popsané okna lze očekávat laboratorní neprůzvučnost R_w až na úrovni 55 dB. Na druhou stranu základní řešení fasádní otvorové výplně spočívá v jednoduchém otvívacím okně s prostým zasklením tabulí 4 mm, kde není zvlášť řešena funkční spára. Tento výrobek se s neprůzvučností R_w (dB) bude pohybovat okolo 23 dB – 25 dB. Rozdíl mezi špičkovým výrobkem a primitivním, v podstatě středověkým oknem je 30 dB, což je škála, ve které se při návrhu akustických vlastností oken pohybujeme. Nechtějme od oken neprůzvučnost 60 dB, fyzikálně to není možné, nechtějme od nich ani 50 dB, ačkoliv se to zdá konstrukčně uskutečnitelné. Zmíněné okno s neprůzvučností 55 dB potlačuje kvůli ochraně proti hluku ostatní základní požadavky, které jsou na něj kladené. Ale hlavně si takové okno nemůžeme otevřít, abychom se na jaře s chutí nadechli čerstvého vzduchu.

Závěr

Všechna okna a vnější dveře označené značkou CE mají zaručený volný pohyb po celé Evropské unii jako zboží a je možné je bez dalších obchodních překážek prodávat na jednotném evropském trhu. Uvádění akustických vlastností není pro obchod nutnou podmínkou, výrobce může akustické vlastnosti označit jako NPĐ (vlastnost nestanovená). Stejná situace však neplatí při navrhování staveb a zabudování výrobků do staveb. Zde již nejsou předpisy, obvykle stavební zákony a stavební řády, harmonizovány. V každém členském státě EU mohou být řádově odlišné úrovně požadavků na neprůzvučnost zabudovaných otvorových výplní. V našich podmínkách musíme pro návrh oken a vnějších dveří důsledně používat ČSN 73 0532:2010 Akustika – Ochrana proti hluku v budovách a související akustické vlastnosti stavebních výrobků – Požadavky a zejména přílohy normy ČSN EN 14351-1 Okna a dveře – Norma výrobku, funkční vlastnosti – Část 1: Okna a vnější dveře bez vlastností požární odolnosti a/nebo kouřotěsnosti. V požadavkové normě na stavební akustiku nalezne projektant pro konkrétní navrhovanou stavbu kritérium – minimální požadavek na neprůzvučnost okna či dveří, a navrhne pro stavbu vhodnou otvoro-

vou výplň i s ohledem na její akustické vlastnosti. Investor dle návrhu projektanta vybere na trhu okno či dveře se známou laboratorní vzduchovou neprůzvučností, které mají vlastnost ideálně ověřenou v akreditované laboratoři, a kruh se celkem rozumně uzavírá.

Literatura:

- [1] ČSN EN ISO 717-1. *Akustika – Hodnocení zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách – Část 1: Vzduchová neprůzvučnost.*
- [2] ČSN EN 14351-1. *Okna a dveře – Norma výrobku, funkční vlastnosti – Část 1: Okna a vnější dveře bez vlastností požární odolnosti a/nebo kouřotěsnosti.*
- [3] ČSN EN ISO 140-5. *Akustika – Měření zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách – Část 5: Měření vzduchové neprůzvučnosti obvodových plášťů a jejich částí na budovách.*
- [4] ČECHURA, J. *Stavební fyzika 1: Akustika stavebních konstrukcí.* Praha: Nakladatelství ČVUT, 1999. ISBN 80-01-01593-9.
- [5] BERÁNEK, L. *Snižování hluku.* Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1965.



Česká metrologická společnost

Vás zve na

na 18. fórum metrologů

které se koná 15. listopadu 2016 v Praze

NOVINKY V METROLOGICKÉ LEGISLATIVĚ A DOPADY NA PRAXI



Letošní konferenci jsme zaměřili především na **změny právních a technických předpisů**, které jsou připravovány nebo byly přijaty v posledním období, **na řízení kvality měřicích procesů** a technickou normu **ČSN EN ISO 9001**.

Dále budou účastníci konference seznámeni se závěry **15. konference** Mezinárodní organizace pro legální metrologii (OIML) a s **národním metrologickým systémem Slovenské republiky**.

Podrobnosti najdete na webové stránce ČMS: www.csvts.cz/cms

Jménem výboru ČMS Vás srdečně zveme.



HISTORIE STÁTNÍ METROLOGIE V ČESKÝCH ZEMÍCH – (Díl třetí)

Ing. Zdeňka Pohořelá, Ing. Štěpán Mašek

Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví

Zavedení vídeňských měr a vah na celém území Rakouska-Uherska v polovině 18. století podle patentů ze 14. července 1756 a z 1. prosince 1757, v Čechách pak podle patentu z 30. července 1764, ve Slezsku podle patentu z 24. února 1750 (s platností až od 1. ledna 1765) a nařízení z 2. září 1768 a na Moravě podle patentu z 6. února 1758 představovalo základní podmínku pro další reformní kroky říšské vlády. Pokus o sjednocení měr a vah byl, tehdy motivován hlavně zájmem státní správy, v té době se ještě neprojevila potřeba ze strany výroby a obchodu. V rámci upřesnění měr a vah v Dolním a Horním Rakousku dochází podle výše zmiňovaných patentů kromě jiného k vyhotovení nového vídeňského sáhu, který měl nahradit požadavkům již neodpovídající sáh, jenž byl umístěný na radnici ve Vídni. Nový etalon, který se stal základem později zpřesněných měr, tvořilo mosazné pravítko na horní straně postříbřené, délky téměř 2,1 m, šířky 10,5 mm a tloušťky 3,33 mm, spojené velkým množstvím kovových spon s pásovým železem postaveným na výšku, jež tvořilo jeho podklad. Uprostřed pravítka byla slabá ryska, na jejíž koncích byly vyznačeny dva body, vzdálenost mezi nimi (rozdělená na 6 stop) představovala délku vídeňského sáhu.

V době vlády Josefa II. (1780-1790), který navazuje na snahy své matky Marie Terezie o zavedení jednotného systému měr a vah, byla metrologie na území Rakouska-Uherska řízena cestou dvorských dekretů, z nichž pro zajímavost uvádíme:

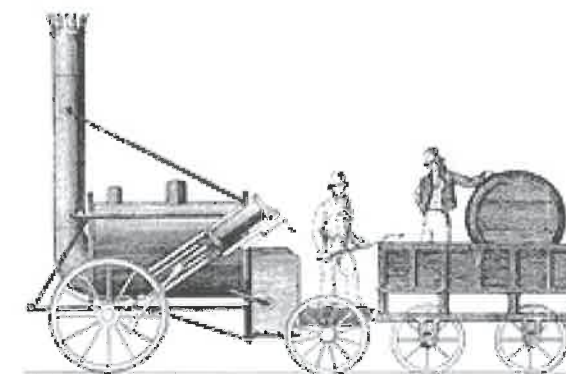
- Dvorský dekret č. 522 z r. 1781 – tímto dekretem Josef II. obnovuje patent z r. 1764, jímž byla zrušena staročeská míra a zavedena rakouská míra. Pro obchodníky z jiných zemí byla tato povinnost změkčena a výjimka jim umožňovala používat i jiné, než rakouské míry avšak jen v případech neveřejného prodeje.
- Dvorský dekret č. 523 z r. 1782 – tento dekret řeší používání délkových měr a nařizuje pod hrozbou sankcí jejich povinné cejchování. Cejch, obsahující císařského orla a rok provedení cejchování se do míry (loket, sáh,...) vypaloval. Sankce byly peněžitého rázu (např. za měření krátkým loktem 10 říšských tolarů). Při udělování pokut se většinou přihlíželo k majetkové situaci provinilce, mnohdy byly sankce prominuty.
- Dvorský dekret č. 529 z r. 1785 – tento dekret činí používání rakouských měr a vah na celém území Rakouska-Uherska závazným. Používání českých délkových a plošných měr, avšak řádně ocejchovaných, připouští pouze v soukromém obchodě (pozn. v případě objemových měr nebyla tato výjimka aplikována).
- Dvorský dekret č. 532 z r. 1787 – tento dekret v rámci zrušení cimentních úřadů (zřízených r. 1764) a převodu jejich pravomocí na magistráty nařizuje porovnávání

měr používaných v obchodním styku s etalony magistrátů a jejich „kolkování“ (značení). Pozn. dříve byly tyto míry používané v obchodním styku porovnávány s „normální“ umístěnými na budovách radnic.

- Dvorský dekret č. 533 z r. 1787 – tento dekret přenáší působnost v oblasti metrologie na krajské úřady resp. magistráty a ukládá:
 - magistrátům a vrchnostenským úřadům zajistit dozor nad mírou a váhou;
 - magistrátům, aby si z vlastních prostředků zajistily „dokonalé míry“ (etalony), označily je kolky a zrušily neoznačené míry;
 - každému krajskému městu zavést etalony;
- Dvorský dekret č. 535 z r. 1787 – tento dekret stanoví, aby „primární etalony“ (tzv. „pradělové“) používané dříve cimentními úřady byly uchovávány v krajských městech a v případě, že takový není, pak má být tento doplněn z prostředků města. Pozn. Tyto etalony byly upraveny a navazovány na hlavní etalon úřadu v Praze.

Přes četné snahy zavést v Rakousku-Uhersku jednotnou soustavu měr, byla 1. polovina 19. století provázena četnými „metrologickými“ zmatky. V Čechách byly Dolnorakouské míry a váhy zavedeny osmkrát než došlo k jejich prosazení.

Období konce 18. a prakticky celého 19. století je ve světě, zejména v Evropě a později v Americe charakterizováno velkými změnami, historikové mluví o jednom z nejdůležitějších období lidských dějin vůbec. Toto období je nazýváno **průmyslovou revolucí (nebo také stoletím páry)**, kdy postupně dochází k zásadním proměnám života lidské společnosti. Mění se zemědělská výroba, těžba surovin, doprava, dochází k přechodu od manufaktur k tovární sériové výrobě. Uvedené přeměny úzce souvisí s mnoha vědeckými a technickými objevy. Z nejvýznamnějších vynálezů zmíníme alespoň vynález parního stroje (James Watt, 1765), parní lokomotivy, parní lodi, mechanického tkalcovského stroje, telegrafu a žárovky. Probíhající průmyslová revoluce sebou přinášela i zvýšené požadavky na měřidla a měření v kontextu jejich přesnosti a použití.



Obr. 1: Parní lokomotiva „Rocket“ (R. Stephenson, 1829)