

PLASTOVÝ ODPAD A SPÔSOBY JEHO VYUŽÍVANIA AKO NÁHRADY PLNIVA DO ĽAHKÝCH BETÓNOV.

Ing. Miriam Ledererová, PhD., Ing. Zuzana Štefunková, PhD.

STU Stavebná fakulta, Radlinského 11, 810 05 Bratislava

miriam.ledererova@stuba.sk, zuzana.stefunkova@stuba.sk,

Abstrakt:

Odpad z plastov v stavebníctve môžu tvoriť rôzne druhy plastov, ako sú polyetylén, polypropylén, PVC, ABS, polystyrén, polykarbonát atď. Plastové odpady v stavebníctve môžu pochádzať z obalov, izolácií, stavebných materiálov, fasád, podláh a ďalších. Všetky plastové odpady vyprodukované v stavebníctve musia byť správne zhodnotené, aby sa zabránilo poškodeniu životného prostredia. Najlepším spôsobom je recyklovať plastové odpady na materiály, ktoré môžu byť použité na stavebné práce. Plastové odpady v stavebníctve sa môžu využiť na výrobu ľahkých betónových zmesí.

1 Úvod

Betón, umelý kompozitný materiál tvorený z cementu, kameniva vody a prípadne prísad a prímiesí, predstavuje v súčasnosti najpoužívanejší stavebný materiál. Je to nepochybne vďaka možnosti širokospektrálneho využitia ako aj možnosti prispôbiť niektoré z vlastností požadovaným podmienkam.

Nároky na stavebné materiály sa neustále zvyšujú – dôvodom je najmä potreba urýchlenia procesu výstavby, ako aj ekonomické hľadisko. Z tohto hľadiska je betón náročný materiál, proces tuhnutia a tvrdnutia je pre kvalitu konštrukcie nevyhnutný. Hľadajú sa preto vhodné alternatívy, ktoré by vedeli tento proces urýchliť. Možným riešením sa javí náhrada cementu ako spojiva betónu rôznymi druhmi organických spojív. V súčasnosti je často používaný ľahký betón, teda betón vylahčený dutinami a pórami. Takto vytvorený betón sa používa na výrobu stavebných prvkov a konštrukcií, ktoré nepredstavujú nosnú konštrukciu. Vyznačujú sa tepelnoizolačnou schopnosťou a nízkou objemovou hmotnosťou – podľa normy STN EN 206+A2 do 2000 kg/m³ [1].

Nízka objemová hmotnosť sa môže dosiahnuť pridaním penotvornej či plynotvornej prísady, prípadne náhradou kameniva ako plniva iným, vylahčeným plnivom. Medzi takto používané plnivá patria napríklad rôzne druhy penových plastov – polystyrén, polypropylén, polyuretán.

Stavebníctvo predstavuje tvorca veľkého množstva odpadu a toto množstvo každoročne narastá. Preto sa v poslednej dobe hľadajú možnosti, ako tvorbu odpadov v stavebníctve znížiť. Medzi možné riešenia tohto environmentálneho problému patrí recyklácia materiálov. V stavebníctve je možné použiť odpad zo stavebného procesu napríklad ako plnivo do ľahkých betónov, mált, omietok.

2 Materiály pre stavebníctvo

A Expandovaný polypropylén (PP)

Polypropylén je termoplastický polymér zo skupiny polyolefínov, používaný v mnohých odvetviach. Vyznačuje sa strednou mólovou hmotnosťou, umožňuje vytvárať veľké množstvo kopolymérov, čím je možné modifikovať jeho fyzikálno-chemické vlastnosti. Ide o jeden z najľahších plastov. Expandovaný polypropylén sa začal vyrábať v 80. rokoch 20. storočia.

B Káblový recyklát

Odpad z káblov je zaradený medzi ostatné odpady, okrem plastovej zložky obsahuje neželezné kovy, ktorých využitie, pokiaľ nejde o malé množstvá, prináša aj ekonomický prínos. Použitím obalu takto vieme zhodnotiť odpad z káblov v jeho plnom rozsahu. Zariadenia na recykláciu elektrických káblov sú

schopné spracovať káble z áut, elektrické rozvodové káble, ale aj káble z počítačov. Káble sa môžu skladať až zo 6 častí, konštrukčné detaily sa však líšia podľa použitia. Základnými časťami je ale všeobecne vodič, ktorý tvorí meď alebo hliník, a izolácia, ktorá je vyrobená prevažne z PVC. Izolácia obaľuje vodič a slúži k jeho ochrane voči okoliu [2].

Surovina recyklačnej výroby je drť recyklovaného káblového mäkkého PVC. Táto drť nie je úplne homogénna, popri plastových časticiach sú v nej miestami prítomné aj kovové častice medi alebo hliníka v minimálnom množstve, ktoré ostali v recykláte vplyvom nedokonalnej separácie kovových častíc od plastových počas procesu recyklácie [2].

C Odpad z umelých živíc EVA

Materiál etyl-vinyl acetát (EVA), označovaný tiež ako expandovaná alebo penová guma, je umelá živica, ktorá patrí do skupiny kopolymérov. Jedná sa o kopolymér zložený z monomérov etylénu a vinylacetátu, pričom obsah etylénu je 60-90 %, zvyšok tvorí vinylacetát [3].

Umelé živice EVA majú široké zastúpenie v obuvníctve, v obuvi vyrobenej z materiálov zo živice EVA je obsah vinylacetátu v objeme 15 až 22 %. Odpad z umelých živíc EVA je získaný recykláciou vyradenej, znehodnotenej obuvi ako sú šľapky, žabky a podobne. Umelé živice EVA majú dobrú chemickú stabilitu, odolnosť voči ozónu a starnutiu. Vďaka uzavretej štruktúre pórov sa vyznačujú výbornou odolnosťou voči vode a vlhkosti (nesavý materiál) a dobrými zvukovo-izolačnými vlastnosťami. Medzi priaznivé tepelno-izolačné vlastnosti možno radiť schopnosť udržiavať teplotu dlhú dobu bez únikov a odolnosť voči prudkému slnku a extrémnemu chladu. [3]



Obr. 1 a) PP, frakcia 4/8 mm b) recyklát z káblov frakcia 0/4 mm c) EVA, frakcia 4/8 mm

D Polyuretán (PUR)

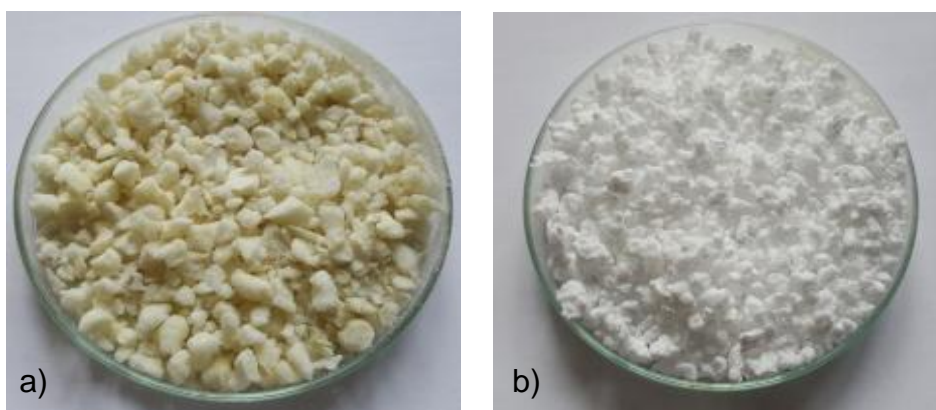
Polyuretán je polymér zložený z organických jednotiek spojených uretánovými väzbami. Vo väčšine prípadov sa polyuretány vyskytujú ako termosetové polyméry (reaktoplasty). Sú to chemické látky, ktoré po termickom vytvrdení už nie je možné ďalej spracovať teplom. V menšom množstve sa polyuretány vyskytujú ako termoplastické polyuretány, ktoré patria do skupiny elastomérov, sú elastické a tepelne spracovateľné

Recyklácia molitanu nie je veľmi ekonomicky výhodná. Tento proces vo svojej podstate nie je recykláciou, je to skôr znovu-využitie materiálu. Molitan, určený na znovu-využitie, sa pred vložením do linky na spracovanie nareže na menšie kusy. Po vložení do prístroja sa kusy molitanu melú v bubne na menšie kúsky, do frakcií podľa potreby. Zomletý molitan sa balí do vriec podľa frakcií a je možné ho znova využiť na výrobu rôznych produktov, ako napr. rohože alebo podklady pod koberce [4, 5].

E Polystyrén (PS)

Polystyrén - základnou surovinou pri výrobe polystyrénu je styrén. Polystyrén je do veľkej miery recyklovateľný materiál. Takmer všetci výrobcovia izolácií z polystyrénu ponúkajú svojim zákazníkom bezplatný zber, v niektorých prípadoch dokonca aj bezplatný odvoz odrezkov či nespotrebovaných

zvyškov izolácie z polystyrénu pri zatepľovaní fasád. Podmienkou je však aby takýto materiál bol čistý bez znečistenia maltou alebo tmelom a mohol sa opätovne využiť vo výrobe. [6]



Obr. 2 a) Recyklovaný PUR frakcia 4/8 mm b) recyklovaný PS frakcia 4/8 mm

3 Vstupné materiály a metodika výroby

Cieľom bolo overenie možnosti využitia odpadových penových plastov ako plniva pri výrobe ľahkých betónov. Overovali sa fyzikálne vlastnosti, objemová hmotnosť a tepelno-technické parametre. Významným krokom bolo aj overenie možnosti zlepšenia vybraných akustických vlastností ľahkých betónov s použitím recyklovaných penových plastov ako plniva. Vyvíjané betóny by mohli mať využitie na výrobu protihlukových stien, či do deliacich priečok. Cieľom bolo overiť experimentálne vhodnosť organického lepidla 4,4'-MDI (metyléndifenyľ diizokyanát) na výrobu ľahkých kompozitov (ľahkých betónov, resp. plastobetónov) s plnivom na báze penových plastov, konkrétne EVA, PS, PVC z káblov, PU, PP (obr.1 a 2) a ich kombinácie v rôznych pomeroch. Ide o neriedené jednozložkové aromatické organické lepidlo metyléndifenyľ diizokyanát (MDI – CONIPUR 360).

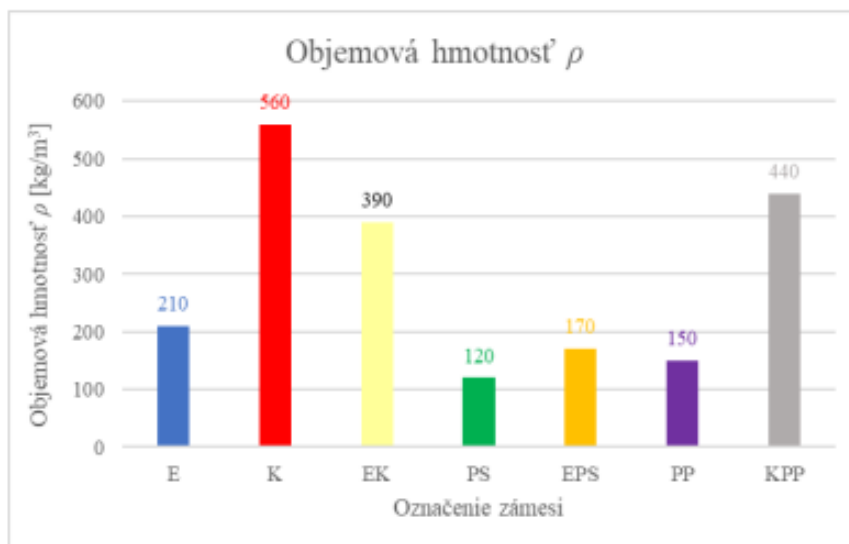
Tab. 1 – Vybrané vlastnosti sledovaných penových plastov [7]

Druh plniva	Skratka	Frakcia	Sypná hmotnosť [kg/m ³]	Hustota [kg/m ³]
etylénvinyl acetát	EVA	4/8	104,41	920 - 980
polyvinylchlorid	PVC	0/4	433,33	930 - 1300
polystyrén	PS	4/8	11,44	30 - 60
polyuretán	PU	4/8	19,57	30 - 100
polypropylén	PP	4/8	17,05	860 - 950

Z homogénnej zmesi boli vyrobené vzorky v tvare kocky s hranou 100 mm, ktoré boli uložené 48 hodín vo formách v laboratórnom prostredí. Po odformovaní ostali uložené voľne v laboratórnom prostredí s teplotou cca 20 °C a vlhkosťou cca $\varphi = 50\%$. Na týchto vzorkách sa následne sledovali fyzikálne vlastnosti (objemová hmotnosť, tepelno-technické parametre a na upravených vzorkách zvuková pohltivosť).

4 Objemová hmotnosť

Objemová hmotnosť sledovaných zmesí sa určila ako priemerná hodnota objemových hmotností troch sledovaných vzoriek z rovnakej zmesi. Najnižšie hodnoty objemových hmotností dosiahli vzorky s použitím polystyrénu (PS) ako plniva – 120 kg/m³, následne polypropylén (PP) – 150 kg/m³, kombinácia EVA plastu a polystyrénu (EPS) v pomere 1:1 – 170 kg/m³, EVA plast (E) – 210 kg/m³, kombinácia EVA plastu a PVC (EK) – 390 kg/m³ a kombinácia PVC a polypropylénu (KPP) v pomere 1:1 – 440 kg/m³. Najvyššie hodnoty boli zaznamenané pri vzorkách s použitím PVC (K) ako plniva – 560 kg/m³. Prehľad priemerných hodnôt objemových hmotností zmesí je na obr. 3.



Obr. 3 Graf priemerných objemových hmotností

5 Tepelno-technické parametre

Na vykonanie meraní tepelno-technických parametrov bol použitý prístroj ISOMET 2114 s plošnou sondou (obr. 4). Tento prístroj je schopný súčasne merať tepelnú vodivosť, difúziu, objemovú tepelnú kapacitu a teplotu. Merania boli vykonané na hladkých stranách vzoriek, čím bol zabezpečený kontakt so sondou. Výsledky meraní sú uvedené na obr. 5.

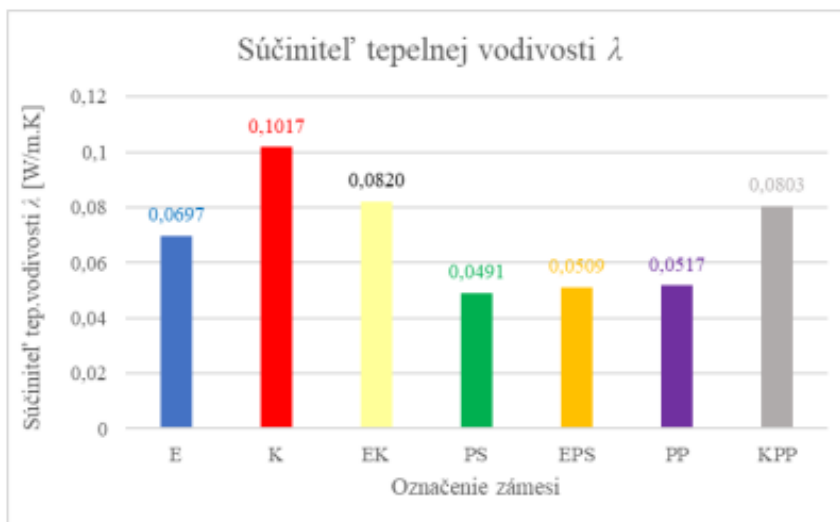


Obr. 4 ISOMET 2114 s plošnou sondou

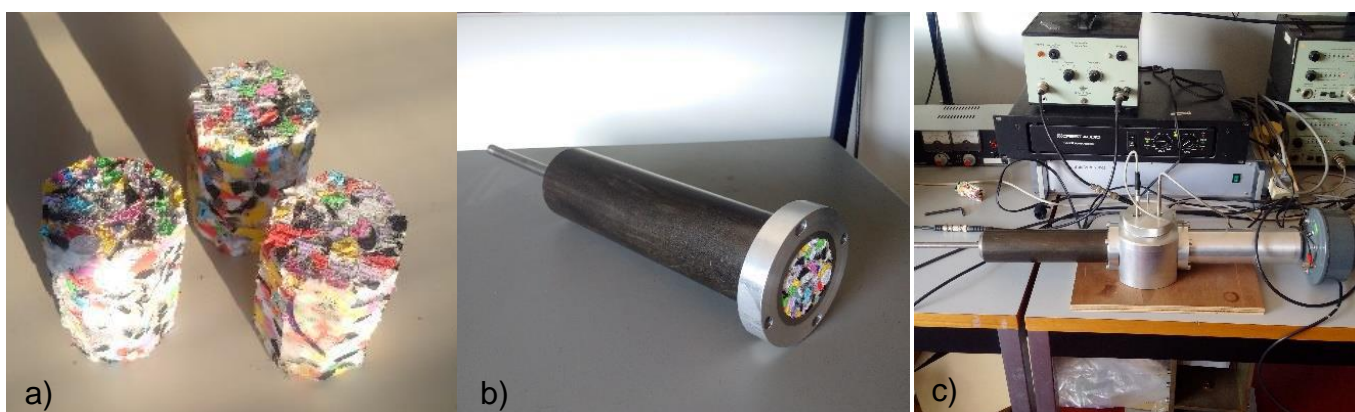
6 Zvuková pohltivosť

Poznanie zvukovej pohltivosti stavebných materiálov otvára možnosti ich aplikácie aj z hľadiska tlmenia zvuku ako v interiéri (všeobecne difúznom zvukovom poli), tak aj v exteriéri (voľnom zvukovom poli) [8,9]. Experiment bol zameraný na meracie techniky stanovenia činiteľa zvukovej pohltivosti. Za týmto účelom bola zostavená modifikovaná meracia zostava impedančnej trubice (obr. 7 c) a postup prípravy meraní a prípravy vzoriek len z plastového odpadu EVA. Následne sú namerané prvé výsledky a porovnávané s referenčnými meraniami v partnerskom laboratóriu akustiky. Boli preukázané veľké rozdiely vo výsledkoch dvoch rôznych metód meraní. Pre overenie zvukovej pohltivosti bol použitý etylvinyl acetát (EVA) v kombinácii so spojivom Conipur 360, kde sa pripravili vzorky v tvare valca

s priemerom 40 mm a výškou 65 mm (obr. 7 a, b). Meranie a použitá meracia zostava funguje na princípe popísanom v norme ISO 10534-1a ISO 10534-2 [10,11].

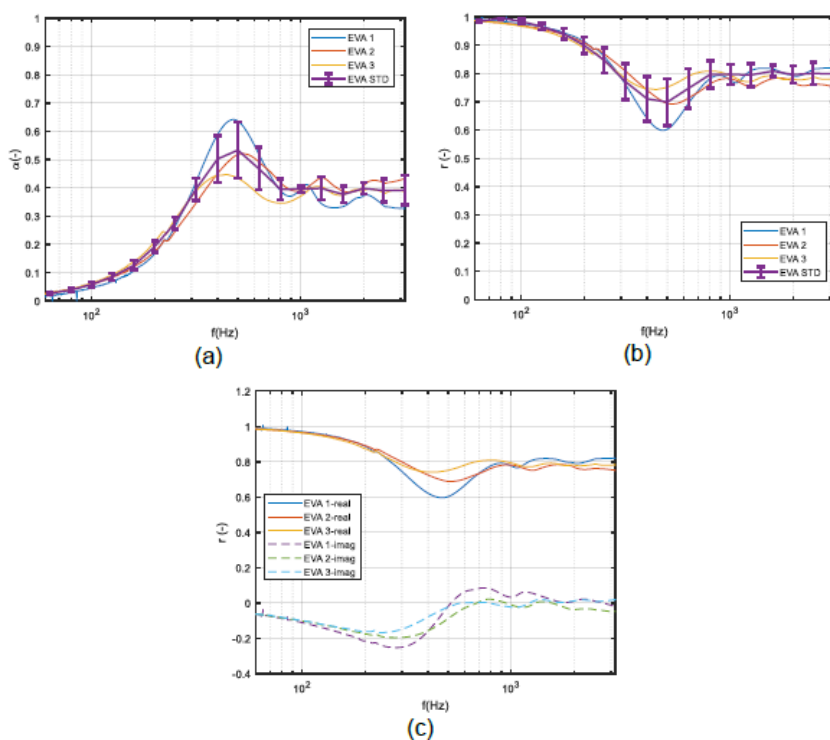


Obr. 5 Priemerné hodnoty súčiniteľa tepelnej vodivosti



Obr. 7 Meranie referenčnej vzorky EVA a) referenčná vzorka b) vzorka vložená do piestu meracej zostavy c) Kundtova Impedančná trubica

Obrázok 8 zobrazuje výsledky činiteľa zvukovej pohltivosti α (-) a činiteľa odrazu akustického tlaku pri kolmom dopade zvuku r (-) namerané v akustickom laboratóriu na KU Leuven (Belgicko). Výsledky získané týmto meraním (overená impedančná trubica s vysokou presnosťou, stabilitou a opakovateľnosťou merania) sú v tejto práci považované ako referenčné. Z výsledkov je zrejmé, že už pri porovnaní troch vzoriek toho istého kompozitu došlo k odchýlkam v nameraných hodnotách až do 10%. Môže to predurčovať rôznorodosť meranej vzorky, ale takisto aj spôsob inštalovania vzorky do meracej zostavy (vzorky boli väčšie ako je priemer meracieho piestu, a tak boli manuálne upravované).



Obr. 8 Výsledné spektrá pre kolmý dopad zvukovej vlny s ich štandardnou odchýlkou. a) Spektrum činiteľa zvukovej pohltivosti; b) Absolútna hodnota činiteľa odrazu; c) Reálna a imaginárna zložka činiteľa odrazu

7. Záver

Výskum poskytol možnosť opätovného využitia penových plastov na výrobu ľahkých betónov, a teda šetrenia životného prostredia. Overila sa možnosť náhrady najpoužívanejšieho spojiva – cementu – organickým spojivom 4,4'MDI. Prácou boli stanovené predovšetkým fyzikálne, tepelno-technické parametre a zvuková pohltivosť ľahkých betónov s použitím vybraných druhov recyklovaných penových plastov ako plniva. V prípade použitia sledovaných materiálov do exteriérových konštrukcií je potrebné ešte stanoviť nasiakavosť a mrazuvzdornosť týchto materiálov.

V prípade použitia recyklovaných plastov EVA do akustických konštrukcií bolo zaujímavé sledovanie zvukovej pohltivosti. V rámci experimentu stanovenia činiteľa zvukovej pohltivosti boli zvažované štandardizované metódy. Z nich bola vybraná metóda pre kolmý dopad rovinných zvukových vln, kde sa činiteľ zvukovej pohltivosti určuje na základe analýzy stojatého vlnenia v impedančnej trubici. Metóda nevyžaduje veľké vzorky a zostavenie meracej zostavy bolo finančne nenáročné.

Výsledky KUL dávali nižšie hodnoty pohltivosti. V KUL sa použila metóda transformačnej funkcie. Metóda transformačnej (prevodovej) funkcie ponúka vyššiu stabilitu. Jej výhodou je tiež čas trvania merania, kedy je meranie vykonané v do 10 minút. Namerané hodnoty sú relevantné po frekvenciu 1250- 1500Hz.

LITERATÚRA:

- [1] STN EN 206+A2 - Betón. Špecifikácia, vlastnosti, výroba a zhoda
- [2] www.bestmachinery.sk [online, prístupné dňa 17.apríla 2017]
dostupné na: <http://bestmachinery.sk/spracovanie-kabloveho-odpadu>
- [3] www.en.wikipedia.org/wiki/Ethylene-vinyl_acetate [online, prístupné dňa 18.01.2020] dostupné na https://en.wikipedia.org/wiki/Ethylene-vinyl_acetate

- [4] Syntex America. *EVA – Ethylene Vinyl Acetate*. [online] [cit. 12. mája 2016].
Dostupné z: <http://syntexamerica.com/homepage-2-2-2/eva-ethylene-vinyl-acetate/>.
- [5] www.prodej-molitanu.cz [online, prístupné dňa 12.11.2019] dostupné na <https://prodej-molitanu.cz/jak-se-vyrabi-molitan>
- [6] www.ekostyren.sk [online, prístupné 10. apríla 2018]
dostupné na: <http://www.ekostyren.sk/recyklacia-polystyrenu/>
- [7] A.Daubnerová, Vybrané vlastnosti ľahkých betónov s použitím organického spojiva a penových plastov., 27th Annual PhD Student Conference on Applied Mathematics, Applied Mechanics, Geodesy and Cartography, Landscaping, Building Technology, Theory and Structures of Buildings, Theory and Structures of Civil Engineering Works, Theory and Environmental Technology of Buildings, Water Resources Engineering, Spektrum STU, Bratislava, Slovakia, 2017, pp. 232-237
- [8] L.L. Beranek, Tichý, J., Břeský, M., Kaplan, J., & Wanke, J. , Snižování hluku, SNTL1965.
- [9] C. Hopkins, Sound insulation. , Routledge.2012
- [10] ISO 10534-1:1996 Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes -- Part 1: Method using standing wave ratio, 1996.
- [11] ISO 10534-2:1998 Acoustics - Determination of sound absorption coefficient and impedance in impedance tubes - Part 2: Transfer-function method, 1998.