

Uticaj različitih površinskih masa gips-kartonskih ploča na zvučnu izolaciju u sistemu zida od bloka sa vertikalnim šupljinama

Danica Boljević
Laboratorija za akustiku i vibracije
Institut za ispitivanje materijala ad
Beograd, Republika Srbija
danica.boljevic@institutims.rs
0000-0002-8702-2434

Damir Savković
Laboratorija za akustiku i vibracije
Institut za ispitivanje materijala ad
Beograd, Republika Srbija
damir.savkovic@institutims.rs

Aleksandar Milenković
Laboratorija za akustiku i vibracije
Institut za ispitivanje materijala ad
Beograd, Republika Srbija
aleksandar.milenkovic@institutims.rs
0000-0002-2381-0095

Stevka Baralić
Laboratorija za akustiku i vibracije
Institut za ispitivanje materijala ad
Beograd, Republika Srbija
ceca.baralic@institutims.rs

Abstract—Za potrebe ispitivanja zvučne izolacije različitih složenih konstrukcija osnovnog zida od glinenog bloka sa vertikalnim šupljinama proizvođača IGM Mladost u laboratorijskim uslovima u Laboratoriji za akustiku i vibracije Instituta IMS sprovedena su ispitivanja na jednom osnovnom zidu dodavanjem obloga od gips-kartonskih ploča različitih površinskih masa sa jedne strane osnovnog zida. Ispitivanja su sprovedena u serijama prilikom instalacije svake od obloga kako bi se pratile merodavne vrednosti izolacionih moći u različitim fazama instalacije, a sve u cilju da se vidi koliki je doprinos zvučnoj izolaciji dodavanje različitih površinskih masa gips-kartonskih ploča u sistemu sa mineralnom vunom na osnovnu konstrukciju zida od glinenog bloka.

Ključne reči—zvučna izolacija, izolacija od vazdušnog zvuka, merodavna vrednost izolacione moći, zid, giter blok, gips-kartonske ploče, malter

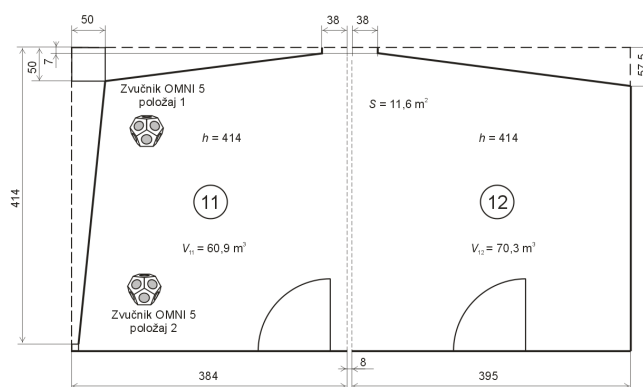
I. UVOD

Ispitivanja, čiji će rezultati biti prezentovani u radu, sprovedena su u laboratorijskim uslovima, u posebnim ispitnim prostorijama (komorama) Laboratorije za akustiku i vibracije Instituta IMS u Beogradu, izrađenim za datu namenu, bez bočnog provođenja zvuka (sa fugama koje razdvajaju prostor između njih), a koje u svemu zadovoljavaju zahteve za ispitnim prostorima u kojima se vrše laboratorijska ispitivanja zvučne izolacije u građevinskoj akustici [1]. Izgled ovih komora u horizontalnom preseku sa označenim mestom između njih u koji se ugrađuje ispitni uzorak prikazan je na Sl. 1.

Ispitni uzorak je ugrađen u ispitni otvor tako da se uzorak nalazi na strani predajne prostorije (komore u kojoj se nalazi zvučnik) sa vidljivom fugom iz prijemne prostorije (komore).

Ispitivanje nivoa zvučnog pritiska je izvršeno za dva položaja zvučnika u predajnoj prostoriji u po šest mernih tačaka (pozicija mikrofona) u predajnoj i prijemnoj prostoriji, a izmerene vrednosti nivoa zvučnog pritiska su logaritamski usrednjene kako bi se dobile vrednosti nivoa zvučnog pritiska u

predajnoj i prijemnoj prostoriji potrebnih za proračun zvučne izolacione moći. Vreme reverberacije u prijemnoj prostoriji kao parametar koji je potrebno izmeriti u svrhu određivanja izolacione moći je izvršeno za dva položaja zvučnika u tri merne tačke (pozicije mikrofona) sa snimanjem po dva zapisa krive opadanja nivoa zvuka za svaku mernu tačku te je na osnovu dvanaest krivih opadanja određena srednja vrednost vremena reverberacije potrebna za proračun. Ispitni uzorak je bio površine $11,6 \text{ m}^2$, a zapremine ispitnih komora $60,86 \text{ m}^3$ (predajna komora, komora sa oznakom 11) i $70,33 \text{ m}^3$ (prijemna komora, komora sa oznakom 12). Ispitivanje je izvršeno u frekventijskom opsegu od 100 Hz do 5000 Hz, a merodavna vrednost izolacione moći (jednbrojna vrednost) određena je u frekventijskom opsegu od 100 Hz do 3150 Hz.

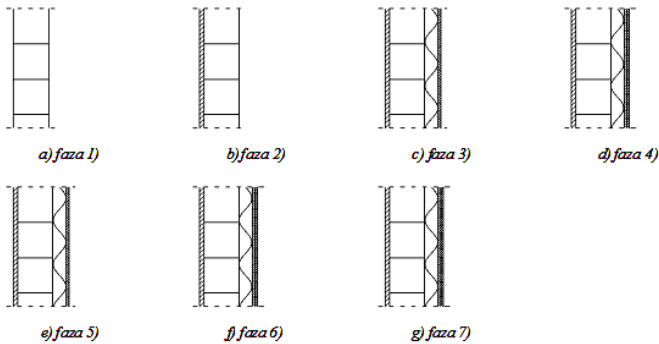


Sl. 1. Ispitne prostorije u horizontalnom preseku

U radu su prikazani rezultati izolacione moći po frekvencijama, $R(f)$, kao i merodavna (jednbrojna) vrednost izolacione moći, R_w za svaku od pregradnih konstrukcija od interesa.

II. PREDMET ISPITIVANJA

Uzorak zida ugrađen je u ispitni otvor tako da su na osnovni zid od giter bloka debljine 16 cm (GB16) dodavani slojevi i sa jedne i sa druge strane zida. Fotografije pojedinih faza instalacije zida prikazane su na Sl. 2. Na fotografijama su date skice slojeva maltera (M), mineralne (kamene) vune (MV) i gips-kartonskih ploča (GKP).



Sl. 2 Faze instalacije zida

Giter blok je klasični glineni blok sa vertikalnim šupljinama bruto zapremnske mase $724,6 \text{ kg/m}^3$ sa procentom šupljina 63%, proizvođača IGM Mladost, a gips-kartonske ploče su ploče površinskih masa $8,5 \text{ kg/m}^2$ (sonic), 10 kg/m^2 (standardna) i $12,8 \text{ kg/m}^2$ (diamant).

Ispitivanja zida su izvršena u sedam faza sa sledećim opisima konstrukcije zida:

f1: GB16: zid od giter-bloka debljine $d = 160 \text{ mm}$,

f2: M2+GB16: GB16 izmalterisan sa jedne strane (prema predajnoj komori) produžnim malterom debljine $d = 20 \text{ mm}$ ukupne debljine 162 mm,

f3: M2+GB16+MV6+GKP1,25 (standardna): GB16 izmalterisan sa jedne strane (prema predajnoj komori) produžnim malterom debljine $d = 20 \text{ mm}$ a sa druge strane obložen oblogom koja se sastoji od kamene vune debljine $d = 60 \text{ mm}$ i jednog sloja standardnih gips-kartonskih ploča debljine $d = 12,5 \text{ mm}$ i površinske mase $8,5 \text{ kg/m}^2$ (prema prijemnoj prostoriji) ukupne debljine 232,5 mm,

f4: M2+GB16+MV6+2GKP1,25 (standardna): GB16 izmalterisan sa jedne strane (prema predajnoj komori) produžnim malterom debljine $d = 20 \text{ mm}$ a sa druge strane obložen oblogom koja se sastoji od kamene vune debljine $d = 60 \text{ mm}$ i dva sloja standardnih gips-kartonskih ploča debljine $d = 2 \times 12,5 \text{ mm}$ i površinske mase $8,5 \text{ kg/m}^2$ (prema prijemnoj prostoriji) ukupne debljine 245 mm,

f5: M2+GB16+MV6+GKP1,25 (sonic): GB16 izmalterisan sa jedne strane (prema predajnoj komori) produžnim malterom debljine $d = 20 \text{ mm}$ a sa druge strane obložen oblogom koja se sastoji od kamene vune debljine $d = 60 \text{ mm}$ i jednog sloja gips-kartonskih ploča debljine $d = 12,5 \text{ mm}$ i površinske mase 10 kg/m^2 (prema prijemnoj prostoriji) ukupne debljine 232,5 mm,

f6: M2+GB16+MV6+2GKP1,25 (sonic): GB16 izmalterisan sa jedne strane (prema predajnoj komori) produžnim malterom debljine $d = 20 \text{ mm}$ a sa druge strane obložen oblogom koja se sastoji od kamene vune debljine $d = 60 \text{ mm}$ i dva sloja gips-kartonskih ploča debljine $d = 2 \times 12,5 \text{ mm}$ i površinske mase

10 kg/m^2 (prema prijemnoj prostoriji) ukupne debljine 245 mm i

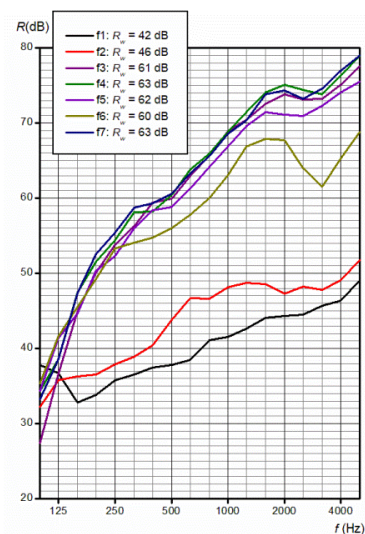
f7: M2+GB16+MV6+GKP1,25 (standardna) + GKP1,25 (diamant): GB16 izmalterisan sa jedne strane (prema predajnoj komori) produžnim malterom debljine $d = 20 \text{ mm}$ a sa druge strane obložen oblogom koja se sastoji od kamene vune debljine $d = 60 \text{ mm}$ i sloja standardnih gips-kartonskih ploča debljine $d = 12,5 \text{ mm}$ i površinske mase $8,5 \text{ kg/m}^2$ i sloja gips-kartonskih ploča debljine $d = 12,5 \text{ mm}$ i površinske mase 10 kg/m^2 (prema prijemnoj prostoriji) ukupne debljine 245 mm.

III. PRIKAZ REZULTATA ISPITIVANJA

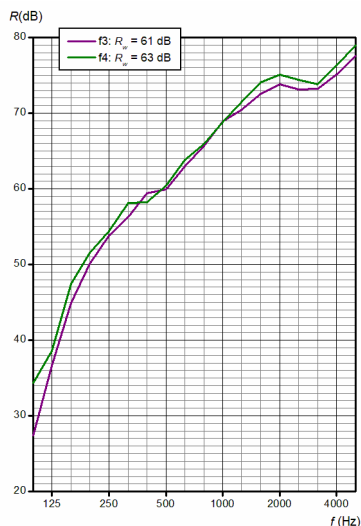
Rezultati ispitivanja prikazani u radu su dati prema ispitnim fazama i označeni osnovnom konstrukcijom (GB16) i dodatim slojem produžnog maltera (M) i gips-kartonskim sistemom sa mineralnom vunom (GKP, MV) kako je opisano u tekstu. Izmerene vrednosti zvučne izolacione moći za osnovni zid GB16 i dodate obloge su prikazani uporedno u Tabeli I i na dijagramu na Sl. 3.

TABELA I. IZMERENE VREDNOSTI ZVUČNE IZOLACIONE MOĆI U ZAVISNOSTI OD VRSTE OBLOGE

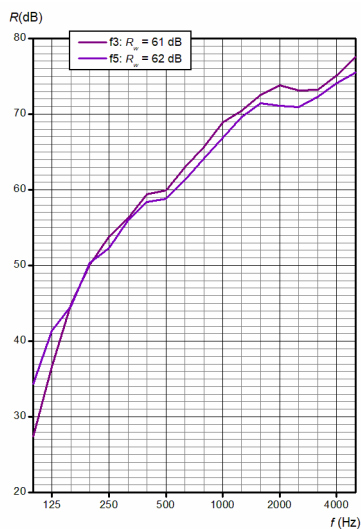
f (Hz)	R (dB)						
	f1)	f2)	f3)	f4)	f5)	f6)	f7)
100	37,8	32,2	27,4	34,3	34,3	35,3	33,2
125	36,7	35,8	36,6	38,6	41,4	41,6	38,6
160	32,8	36,3	44,9	47,5	44,7	45,5	47,4
200	33,8	36,5	50,1	51,5	50,3	49,2	52,5
250	35,8	37,9	53,8	54,4	52,3	53,3	55,4
315	36,5	38,9	56,3	58,1	56,0	54,1	58,7
400	37,5	40,4	59,4	58,2	58,4	54,7	59,3
500	37,8	43,8	59,9	60,4	58,8	56,0	60,6
630	38,5	46,7	63,0	63,8	61,3	57,8	63,3
800	41,1	46,6	65,7	65,9	64,2	60,0	65,6
1000	41,5	48,1	68,9	68,8	66,9	63,1	68,6
1250	42,6	48,7	70,4	71,4	69,6	66,9	70,3
1600	44,1	48,6	72,5	74,1	71,4	67,9	73,8
2000	44,3	47,3	73,8	75,1	71,1	67,7	74,3
2500	44,5	48,2	73,1	74,4	70,9	64,0	73,2
3150	45,7	47,8	73,2	73,8	72,3	61,5	74,6
4000	46,4	49,1	75,1	76,3	74,1	65,3	76,9
5000	49,1	51,8	77,5	79,0	75,5	68,8	79,0
w	42	46	61	63	62	60	63



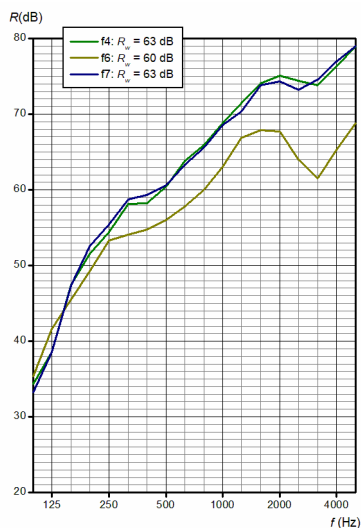
Sl. 3 Izmerene vrednosti zvučne izolacione moći u zavisnosti od vrste obloge



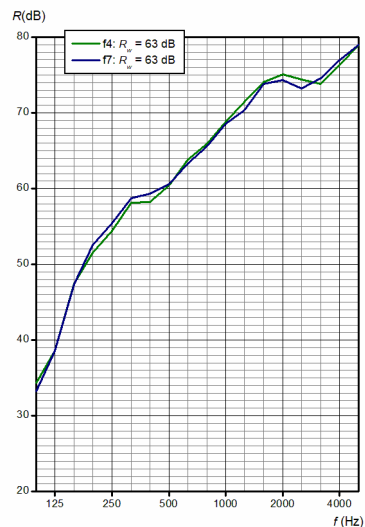
Sl. 4 Karakteristični dijagram: izmerene vrednosti zvučne izolacione moći u zavisnosti od broja gips-kartonskih ploča za standardne ploče



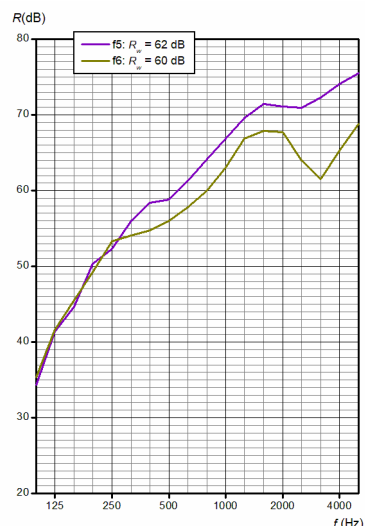
Sl. 5 Karakteristični dijagram: izmerene vrednosti zvučne izolacione moći sa jednom gips-kartonskom pločom u zavisnosti od vrste gips-kartonskih ploča



Sl. 6 Karakteristični dijagram: izmerene vrednosti zvučne izolacione moći sa dve gips-kartonske ploče u zavisnosti od vrste gips-kartonskih ploča



Sl. 7 Karakteristični dijagram: izmerene vrednosti zvučne izolacione moći u zavisnosti od vrste gips-kartonskih ploča u drugom sloju



Sl. 8 Karakteristični dijagram: izmerene vrednosti zvučne izolacione moći u zavisnosti od broja gips-kartonskih ploča za sonic ploče

Na dijagramima na Sl. 4, Sl. 5, Sl. 6, Sl. 7 i Sl. 8 dati su uporedni rezultati po karakterističnim fazama koje su interesantne za analizu.

IV. KOMENTAR NA DOBIJENE REZULTATE ISPITIVANJA

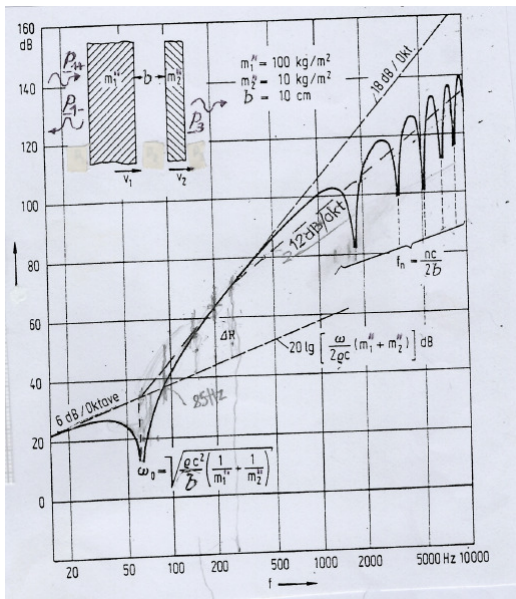
S obzirom na to da je ispitivanje zvučne izolacije sprovedeno po fazama parcijalni rezultati ispitivanja pokazuju očekivani trend porasta (poboljšanja) merodavne (jednbrojne) vrednosti izolacione moći dodavanjem slojeva na osnovnu konstrukciju zida. Ipak, pojedine faze su pokazale i da ne mora uvek sa porastom površinske mase gips-kartonske ploče da se poboljša merodavna (jednbrojna) vrednost izolacione moći.

Merenjem izolacione moći zida u prvoj fazi (1) dobijena je očekivana vrednost merodavne izolacione moći $R_w = 42$ dB.

Dodavanjem sloja maltera u fazi (2) dobijeno je poboljšanje merodavne izolacione moći od 4 dB ($R_w = 46$ dB).

Dodavanjem sistema sa mineralnom vunom i jednom standardnom gips-kartonskom pločom u fazi 3) dobijeno je poboljšanje merodavne izolacione moći od 15 dB u odnosu na fazu 2) ($R_w = 61$ dB) odnosno 17 dB kada se doda sistem sa dve standardne gips-kartonske ploče u fazi 4) ($R_w = 63$ dB).

Dodavanjem sistema sa mineralnom vunom i jednom sonic gips-kartonskom pločom u fazi 5) dobijeno je poboljšanje merodavne izolacione moći od 1 dB u odnosu na fazu 3) ($R_w = 62$ dB) kada se u sistemu nalazi standardna gips-kartonska ploča, ali kada se u sistem doda i druga sonic gips-kartonska ploča u fazi 6) dolazi do pogoršanja merodavne izolacione moći ($R_w = 60$ dB) i to za 3 dB u odnosu na isti sistem sa dve standardne gips-kartonske ploče ($R_w = 63$ dB).



Sl. 9. Principski dijagram

Osnovni zid (zid od giter bloka) i obloga od GKP se mogu posmatrati kao dvostruki zid ilustrativno prikazan na Sl. 9 preuzet iz [9] s tim da i brojne vrednosti za površinske mase prikazane na njoj približno odgovaraju površinskim masama koje su bile predmet ispitivanja u ovom radu. Sa slike se uočava da postoji prvi minimum u ostvarenoj vrednosti izolacione moći na niskim frekvencijama. Za sistem iz faze 5) ova frekvencija iznosi 88 Hz, odnosno 63 Hz za sistem iz faze 6). Na karakterističnim dijagramima koji su prikazani u radu ovi minimumi se ne vide jer su izmerene vrednosti izolacione moći na njima prikazane od 100 Hz, te ne utiču na proračun merodavne (jednbrojne) vrednosti izolacione moći.

Na višim frekvencijama se, pak, u ovakvim sistemima javljaju minimumi koji su posledica rezonance u prostoru između osnovnog zida i obloge. Frekvencija ovih rezonanci zavisi isključivo od rastojanja između zida i obloge i mogu se izračunati u skladu sa (1) [10]:

$$f_n = \frac{nc}{2b} \quad (1)$$

gde je c – brzina zvuka, b – rastojanje između pregrada, a n – redni broj rezonance. Za sisteme iz faza 5) i 6) ove rezonance su na frekvencijama: 3430 Hz, 6860 Hz i 10290 Hz. Izraženost

ovih rezonanci zavisi od površinskih masa sistema, što obloga ima veću površinsku masu to je „propad“ u izolaciji veći. Ove rezonance postoje u izvesnoj meri u svim sistemima sa gips-kartonskim pločama prikazanim u ovom radu, ali se samo u fazi 6) njihovo postojanje odrazilo na smanjenje vrednosti izolacione moći. Razlog tome je što je površinska masa obloge povećana dva puta u odnosu na površinsku masu obloge u fazi 5) te su se stvorili uslovi za izraženost ove rezonance koja postoji u gips-kartonskim pločama (usled fleksionih talasa), a koja odgovara tercnom opsegu sa centralnom frekvencijom 3150 Hz, dok ostale rezonance nisu od interesa (iznad su 5 kHz). U fazi 6) desilo se zajedničko dejstvo dve različite rezonance, jedne koja je posledica fleksionih talasa i druge koja je posledica rastojanja između osnovnog zida i obloge. Ove dve rezonance „upale“ su u isti terčni opseg uzrokovale minimum vidljiv na Sl. 8.

I na kraju, a što je takođe interesantno, u fazi 7) dodavanjem dijamant gips-kartonske ploče na standardnu gips-kartonsku ploču ne daje nikakav doprinos zvučnoj izolaciji ($R_w = 63$ dB) u odnosu na isti sistem sa dve standardne gips-kartonske ploče u fazi 5) ($R_w = 63$ dB).

Poboljšanja izolacije od vazdušnog zvuka dodavanjem gips-kartonskih ploča različitih površinskih masa po frekvencijama se mogu hronološki videti na dijagramu na Sl.3. Sve obloge se slično ponašaju na svim frekvencijama te su njihove merodavne (jednbrojne) vrednosti međusobno slične sa nijansama u vrednostima unutar 3 dB izuzev sistema u fazi 6) kada vrednosti izolacione moći padaju na srednjim i visokim frekvencijama.

ZAHVALNICA

Rad je nastao u vreme trajanja ugovora između Instituta IMS i Ministarstva nauke, tehnološkog razvoja i inovacija (evidenioni broj ugovora: 451-03-47/2023-02/200012).

REFERENCE/LITERATURA

- [1] SRPS EN ISO 10140-5:2013, Akustika – Laboratorijska merenja zvučne izolacije građevinskih elemenata – Deo 5: Zahtevi za ispitne prostore i ispitnu opremu
- [2] SRPS EN ISO 10140-1:2017, Akustika – Laboratorijska merenja zvučne izolacije građevinskih elemenata – Deo 1: Pravila primene za određene proizvode
- [3] SRPS EN ISO 10140-2:2013, Akustika – Laboratorijska merenja zvučne izolacije građevinskih elemenata – Deo 2: Merenje izolacije od vazdušnog zvuka
- [4] SRPS EN ISO 10140-4:2013, Akustika – Laboratorijska merenja zvučne izolacije građevinskih elemenata – Deo 4: Procedure merenja i zahtevi
- [5] SRPS EN ISO 3382-2:2010, Akustika – Merenje akustičkih parametara u prostoriji – Deo 2: Vreme reverberacije u običnim prostorijama
- [6] SRPS EN ISO 717-1:2015, Akustika – Utvrđivanje zvučne izolacije u zgradama i zvučne izolacije građevinskih elemenata – Deo 1: Izolacija od vazdušnog zvuka
- [7] SRPS EN ISO 12999-1:2016, Akustika – Određivanje i primena merne nesigurnosti u građevinskoj akustici – Deo 1: Zvučna izolacija
- [8] A. Milenković, D. Boljević, “Doprinos slojeva u složenim konstrukcijama na zvučnu izolaciju”, Zbornik radova LXVII konferencija ETRAN, Istočno Sarajevo, BiH, ISBN 978-86-7466-969-3, 2023, AK2.5.
- [9] L. Cramer, Vorlesungen über Technische Akustik, pp.286-287, Springer-Verlag, Berlin, 1971.
- [10] H. Kurtović, “Proračun izolacione moći dvostrukih pregrada”, Zbornik radova XXVIII jugoslovenske konferencija ETAN, Split, Jugoslavija, 1984.

ABSTRACT

For the purposes of airborne sound insulation testing of various complex base wall constructions made of clay blocks with vertical cavities in laboratory conditions in the Laboratory for Acoustics and Vibrations of the IMS Institute, tests were conducted on one base wall with the addition of plasterboard linings of different surface density with one side of the base wall. The tests were carried out in series during the installation of each of the coverings in order to monitor the relevant values of the sound reduction index at different stages of the installation, all with the aim of seeing how much contribution to sound insulation the addition of different surface density of gypsum plasterboard in the system with mineral wool to the basic clay block wall construction.

**THE INFLUENCE OF DIFFERENT SURFACE
DENSITIES OF GYPSUM PLASTERBOARDS ON
SOUND INSULATION IN A BLOCK WALL SYSTEM
WITH VERTICAL CAVITIES**

Danica Boljević, Aleksandar Milenković, Damir Savković,
Stevka Baralić