

Получена: 04.10.2017 г.

Приета: 16.10.2017 г.

## ВЛИЯНИЕ НА НАНОКЕРАМИЧНИТЕ ПОКРИТИЯ ВЪРХУ ЗВУКОПРЕМИНАВАНЕТО ПРЕЗ ТЪНКИ ПРЕГРАДНИ ЕЛЕМЕНТИ

С. Джамбова<sup>1</sup>, Н. Иванова<sup>2</sup>

*Ключови думи:* акустика, звукоизолация, строителна физика, строителни материали, нанокерамични покрития

### РЕЗЮМЕ

Изследвано е въздействието на полагането на нанокерамични слоеве върху звукоизолационните качества на някои основни строителни плоскости като гипскартон с две различни дебелини, OSB и ламарина. Експерименталните измервания са направени с помощта на умалената акустична камера, създадена в катедра Физика на УАСГ. Влиянието на нанокерамичните покрития върху звукоизолацията на изпитваните елементи се разглежда по честоти от 500 до 8000 Hz, поради спецификата на лабораторната постановка. Най-голямо се оказва въздействието на нано-керамичното покритие, нанесено върху OSB, обясняващо се със запечатване на порите на материала от покритието. За останалите елементи ефектът е незначителен, като се наблюдават интересни особености за някои честоти.

### 1. Въведение

Нанотехнологиите предлагат определен потенциал и в строителния сектор. Спектърът на прилагането им обхваща функционални фасадни покрития, подобрени строителни изолационни материали и много други. Заедно с другите им основни функции и

---

<sup>1</sup> Светлана Джамбова, доц. д-р, кат. „Физика”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: std\_fhe@uacg.bg

<sup>2</sup> Наталия Иванова, ас., кат. „Физика”, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: natalia9010@abv.bg

предимства, иновативните стенни покрития биха могли да оказват позитивно влияние върху звукоизолиращите качества на строителните елементи. В това направление липсват достатъчно изследвания, което породило идеята с помощта на умалената акустична камера на УАСГ да се направят измервания на звукопреминаването на някои основни леки преградни елементи със и без нанесено нано-керамично покритие. Изборът на елементите е продиктуван от прилагането на нанопокритията като самопочистващи се стенни покрития, пожарозащитни покрития, антикорозионни, антибактериални покрития, топлоизолационни и други видове покрития в строителството. За тези покрития основно се изследват техните химически, механични, оптични и биологични качества. В областта на архитектурата се прилагат все повече тънки строителни елементи с различно приложение. Добрите изолационни качества и особено малкото тегло на нанопокритията позволява осъществяването на тънки стенни елементи с различни практически приложения. Различни водещи международни изследователски звена разработват научни проекти с цел конкретното им приложение [1] и в бъдеще все повече ще се разработват такива продукти.

В търсенето на потенциалното им приложение се постави целта за практическото изследване на влиянието на нано-керамичните покрития върху звукоизолацията на основни тънки строителни елементи. В настоящата работа експериментално са извършени сравнителни измервания на звукопреминаването през образци от гипскартон с две различни дебелини, от OSB и от ламарина без и с нанесено нано-керамично покритие.

## 2. Експериментална постановка и процедура на измерване на звукопреминаването през образците

Експерименталната оценка на звукопреминаването през строителните елементи се извършва по метода на измерване на разликата в звуковите налягания с помощта на изградената в катедра „Физика“ умалена акустична камера. Използват се шумомери, които записват звуковите налягания преди и след образеца по терц-октавни ленти.

Подробно описание на акустичната камера е представено в [2, 3]. Преградните стени на камерата имат достатъчна степен на звукоизолация  $R_w \sim 60$  dB. Общата дебелина на стените възлиза на 335 mm. Вътрешният размер на камерата е  $0,778 \times 0,778 \times 1,00$  m, а размерът на отвора за образеца е  $0,615 \times 0,65$  m. Малкият вътрешен размер на камерата и малкият размер на образеца налагат ограничения на валидността на резултатите над 500 Hz. Измерванията, проведени с умалената акустична камера спомагат за предварителна оценка и изследване на подобрението на звукоизолационните свойства на строителните материали и комбинации на слоеве с научна цел, за търсене на най-голям ефект и приложение, за получаване на една първоначална картина на тенденциите и насока за по-нататъшно развитие.

Проведено е сравнително измерване на звукопреминаването през леки преградни елементи за случаите, в които те са без нанесено нано-керамично покритие и съответно със нанесено нано-керамично покритие. За целта вътре в камерата се поставя източник на розов шум със звуково налягане 96,0 dB. При измерването на звукопреминаването през елементите, отворът на камерата се затваря със съответния елемент. Нивото на пропуснатото звуково налягане се измерва в децибели с калибриран октавен шумомер марка Pulsar на разстояние 70 cm от елемента, вж. фиг. 1. Изследва се честотния диапазон от 500 Hz до 8000 Hz, поради факта, че вътрешният размер на камерата не позволява разпространението на по-ниските честоти, тъй като дължината на звуковата им вълна  $\lambda$

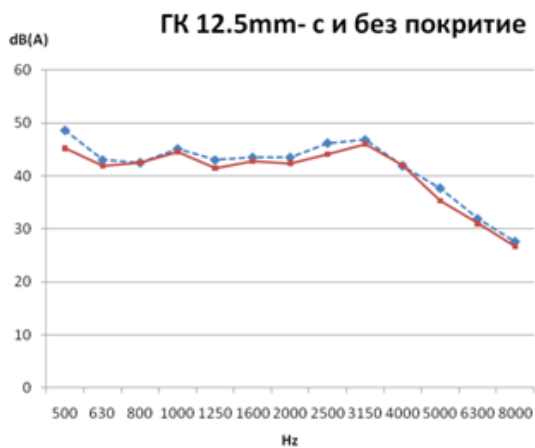
става по-голяма от размерите на камерата. Измереният сигнал в приемащото помещение поддържа нива над допустимата разлика с фоновия шум.



Фиг. 1. Външен вид на използваната акустична камера

### **3. Резултати от измерванията на звукопреминаването на въздушен шум по октавни ленти за различни образци с размер $600 \times 600$ mm**

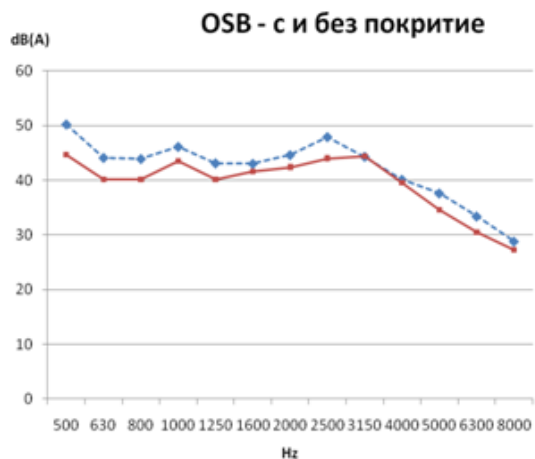
Експерименталните резултати са представени от кривите на фиг. 2, фиг. 3 и фиг. 4 съответно за образците от гипсокартон с дебелина 12,5 mm, ламарина – 1 mm и OSB – 10 mm. На всяка фигура са изобразени 2 експериментални криви, като горната пунктирна крива представлява звукопреминаването през образеца без нанесено покритие, а долната пълтна крива – звукопреминаването през образеца с нанесено покритие. По този начин може да се прецени ефекта на нанопокритието върху звукопреминаването по честоти. Вижда се, че ефектът като цяло е сравнително равномерен в разглеждания честотен диапазон. За всички образци се наблюдава леко понижаване на звукопреминаването след нанасянето на нано-керамичното покритие или повишаване на звукоизолационната им способност. Най-значителен е ефектът от до 5 dB за образеца от OSB, което се обяснява със запълване на порите на материала от покритието.



**Фиг. 2. Звукопреминаване по честоти през гипскартон 12,5 mm със и без нанопокритие**



**Фиг. 3. Звукопреминаване по честоти през ламарина със и без нанопокритие**



**Фиг. 4. Звукопреминаване по честоти през OSB плоскост със и без нанопокритие**

Именно за образца от OSB са представени по-подробни данни от експеримента. В табл. 1 са показани по честоти нивата на звуковото налягане в dB в излъчващото и приемното помещение, както и нивото на фоновия шум. В последната колона е изчислена разликата в звуковите налягания в dB между приемно и шумно помещение, което директно описва звукоизолиращата способност на образца от OSB преди нанасяне на покритието. Наблюдават се два спада в стойностите на звукоизолацията в областта на 800 Hz и на 2500 Hz. Спадът при 2500 Hz се обяснява с честотата на вълново съвпадение.

В табл. 2 са представени аналогичните данни за образца от OSB с нанесено нано-керамично покритие. В този случай най-ниските стойности на звукоизолация се наблюдават при 1000 Hz и при 3150 Hz. Нанесеното нано-керамично покритие оказва влияние върху споменатите спадове като ги отмества към по-високите честоти.

Описаният ефект се илюстрира графично на фиг. 5, на която са представени разликите в звуковите нива по честоти за образца OSB без и с нанесено нано-керамично покритие. За някои честоти подобрението на звукоизолацията приближава 5 dB.

Честотата на вълново съвпадение т.нар. коинциденсна честота за OSB без покритие е в участъка на 2500 Hz. Тя се съгласува с теоретично изчислената стойност по формула, дадена в литературата [4, 5]:

$$f_g = \frac{60}{d} \sqrt{\frac{\rho}{E_{dyn}}},$$

където  $d$  е дебелината на материала,  $\rho$  – обемната плътност, а  $E_{dyn}$  – динамичния модул на еластичност.

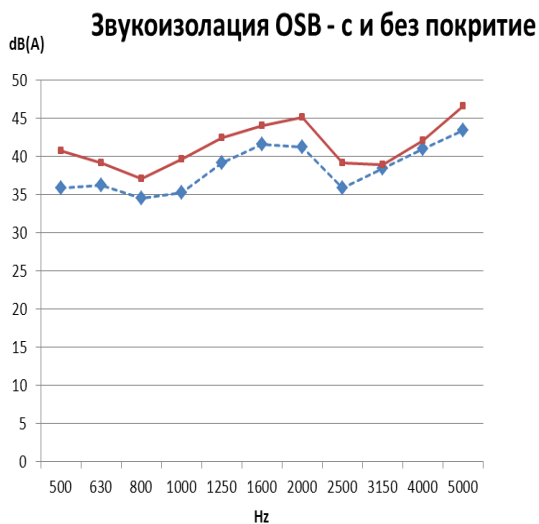
Честотата на вълново съвпадение за OSB образца с нанесено нанопокритие се измества към 3150 Hz.

**Таблица 1. Звукоизолация на OSB образец без покритие**

Честота	Ниво в излъчващото помещение	Ниво в приемното помещение	Фонов шум	Корекция	Разлика в звуковите нива
[Hz]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
500	86,2	50,2	27,6	50,2	35,9
630	80,0	44,1	19,3	44,1	36,2
800	77,9	43,9	18,3	43,9	34,6
1000	80,5	46,1	15,5	46,1	35,3
1250	81,5	43,1	20,9	43,1	39,2
1600	83,9	43,0	16,4	43,0	41,6
2000	85,1	44,6	11,3	44,6	41,2
2500	83,6	47,9	11,6	47,9	35,9
3150	82,7	44,3	12,7	44,3	38,5
4000	81,2	40,1	17,9	40,1	41,0
5000	81,5	37,6	10,8	37,6	43,5

Таблица 2. Звукоизолация на OSB образец с нанесено нано-керамично покритие

Честота	Ниво в излъчващото помещение	Ниво в приемното помещение	Фонов шум	Корекция	Разлика в звуковите нива
[Hz]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
500	85,6	44,7	27,6	44,7	40,8
630	79,0	40,1	19,3	40,1	39,2
800	76,6	40,1	18,3	40,1	37,1
1000	82,3	43,5	15,5	43,5	39,7
1250	81,8	40,1	20,9	40,1	42,5
1600	84,9	41,6	16,4	41,6	44,0
2000	86,8	42,4	11,3	42,4	45,1
2500	83,0	44,0	11,6	44,0	39,2
3150	83,3	44,4	12,7	44,4	39,0
4000	81,7	39,5	17,9	39,5	42,1
5000	81,6	34,6	10,8	34,6	46,6



Фиг. 5. Звукоизолация по честоти през OSB плоскост със и без нанопокритие

#### 4. Заключение

- Умалената акустична камера, изградена в катедра „Физика“ на Университета по архитектура, строителство и геодезия е успешно приложена за сравнителни изследвания на звукопреминаването през образци от строителни елементи без или с нанесено върху тях нано-керамично покритие.

- Най-голямо се оказва въздействието на нано-керамичното покритие, нанесено върху OSB. То се изразява в намаляване на звукопреминаването през материала и се обяснява със запечатване на порите на материала от нанопокритието. За останалите елементи ефектът е незначителен.
- Ефектът на намаляване на звукопреминаването през образците с нанесено нано-керамично покритие като цяло е равномерен в изследваната честотна област от 500 Hz до 8000 Hz.
- Наблюдава се изместване на честотата на вълново съвпадение на OSB образца с нанесено нанопокритие към по-високите честоти. Предстои по-подробно изследване на особеностите за някои честоти.

## Благодарности

Това изследване е реализирано със съдействието на ЦНИП при УАСГ – София по договор № БН-200/17 „Прецизиране на физичните характеристики (звукоизолационни и слънцеотражателни) на материали за ограждащи конструкции“.

## ЛИТЕРАТУРА

1. [https://www.hessen-nanotech.de/mm/NanoBau\\_final\\_Internet.pdf](https://www.hessen-nanotech.de/mm/NanoBau_final_Internet.pdf).
2. Джамбова, С., Пleshкова-Бекярска, С., Недков, Ц. Лабораторна шумозаглушена камера за оценка на звукоизолацията на преградни елементи. Юбилейна международна научно-техническа конференция “65 години Хидротехнически факултет и 15 години немскоезиково обучение”, 6 – 7 ноември 2014.
3. Джамбова, С., Недков, Ц., Христов, И. Изследване на възможностите на лабораторна звукоизолирана камера за оценка на шумоизолацията на строителни елементи. // Годишник на УАСГ, том 49, св. 4, с. 141 – 148, София, 2016.
4. [https://www.uni-due.de/ibpm/Bauphysik-Interaktiv/koinzidenz\\_4.htm](https://www.uni-due.de/ibpm/Bauphysik-Interaktiv/koinzidenz_4.htm).
5. Fasold, W., Veres, E. Schallschutz und Raumakustik in der Praxis, Verlag für Bauwesen, Berlin, 2003.

# NANOCERAMIC COVERING EFFECT ON THE SOUND TRANSMISSION OF THIN PARTITION ELEMENTS

S. Djambova<sup>1</sup>, N. Ivanova<sup>2</sup>

*Keywords:* acoustics, sound insulation, building physics, building materials, nanoceramic covering

## ABSTRACT

The nanoceramic covering effect on the sound insulation properties has been laboratory investigated for some basic building boards as plasterboard (of different thickness), OSB and steel sheet. The experimental measurements have been carried out on a small acoustic chamber built in the Physics Department of UACEG. The influence of the nanoceramic coverings on the sound insulation of the building elements has been tested for frequencies from 500 Hz to 8000 Hz, due to the specifics of the laboratory set-up. The effect of the nanocovering has proved to be sufficient for the OSB sample, which is explained by the sealing of the pores of the material by the covering. For the rest of the elements the effect is insignificant though interesting features have been observed at some of the frequencies.

---

<sup>1</sup> Svetlana Djambova, Assoc. Prof. Dr., Dept. "Physics", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: std\_fhe@uacg.bg

<sup>2</sup>Natalia Ivanova, Assist., Dept. "Physics", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: natalia9010@abv.bg