

Здоренко В. Г., д.техн.н., професор, Забіяка Н.А., PhD, асистент, Себко К.В., студент,
Горбунова О.В., старший викладач

ВИЗНАЧЕННЯ МЕЖИ МІЦНОСТІ НА СТИСК R_p БАГАТОШАРОВИХ ПЛИТ ВИКОНАНИХ З ШЛАКОСИТАЛІВ

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут
ім. Ігоря Сікорського», Київ*

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків

Ключові слова: шлакоситали, будівельні конструкції, межа міцності, диференціальний акустичний метод, п'єзокерамічний перетворювач, амплітуда акустичних імпульсів, відношення коефіцієнтів згасання, швидкість проходження акустичних імпульсів, цифровий код, імітація процесу нагрівання.

Вступ

На сьогоднішній день досить перспективними будівельними матеріалами, які по довговічності не поступаються граніту і базальту та за своїми характеристиками міцності наближаються до чавуну є шлакоситали [1, 2]. У зв'язку з цим, поєднання фізичних і механічних властивостей шлакоситалів обумовлює можливість їх широкого використання в будівництві, наприклад, для підлог промислових і цивільних будівель, декоративного та захисного облицювання зовнішніх і внутрішніх стін, перегород і цоколів. Слід зазначити, що при рівній масі міцність шлакоситалових виробів близька до міцності чавунних і сталевих. Таке поєднання властивостей дозволяє використовувати шлакоситали для захисту будівельних конструкцій і апаратури хімічної галузі [1–4]. При сучасних темпах розвитку будівництва ступінь важливості неруйнівного контролю (НК) будівельних матеріалів, виробів та елементів конструкцій має особливе значення, оскільки такий контроль є необхідним на всіх етапах, від проектування до здачі об'єкта в експлуатацію [3, 4]. Слід визначити, що зниження показників якості будівельних матеріалів, деталей і елементів конструкцій важливо вчасно виявити, найкраще на початковому етапі розвитку до можливого виникнення критичних дефектів і пошкоджень. Особливого значення набуває подальший розвиток методів і пристроїв акустичного неруйнівного контролю будівельних матеріалів, конструкцій і споруд, перевагами якого є безконтактність, простота функцій перетворення і схемних реалізацій, висока надійність, чутливість, а також можливість легкої автоматизації процесу вимірювального контролю фізико-механічних властивостей контрольованих об'єктів [3–17]. Сутність методів акустичного НК матеріалів та елементів будівельних конструкцій, полягає у взаємодії проникального пакета акустичних хвиль у зразок матеріалу, що контролюється, з подальшою реєстрацією та аналізом його змінення у порівнянні зі зразком-еталоном.

Тому виникає важлива наукова і практична проблема, яка полягає в зниженні і максимальному запобіганні можливих ризиків пов'язаних із застосуванням в будівництві неякісних матеріалів за рахунок контролю фізико-механічних параметрів виробів та елементів будівельних конструкцій багатопараметровими акустичними методами неруйнівного контролю (НК).

Таким чином, НК фізико-механічних параметрів будівельних матеріалів, виробів та елементів конструкцій, є основою для перевірки їх працездатності та довговічності. Реалізація методів НК набуває також особливе самостійне значення під час оцінювання надійності об'єктів, які є складовими частинами будівельних конструкцій і споруд, при цьому на різних ділянках виробів і конструкцій їх основні фізико-механічні характеристики можуть істотно відрізнятися [5–11]. Також в процесі вимірювального контролю необхідно враховувати зв'язок між температурними і механічними параметрами досліджуваних будівельних виробів і елементів конструкцій, матеріалів і арматури, такими як нерівномірність розподілу температури по довжині об'єкта (в результаті нагрівання), що, в свою чергу, призводить до неоднорідності розподілу температурної деформації в об'єкті контролю [1–3].

Як відомо, акустичні методи НК засновані на реєстрації взаємодії характеристик пружної хвилі (пакетів пружних хвиль) з об'єктом контролю. При цьому параметри пакетів пружних хвиль, наприклад, амплітуду і фазу реєструють за допомогою автоматизованих систем контролю, які в якості первинних пристроїв, застосовують п'єзокерамічні перетворювачі [3–11]. В результаті такої взаємодії змінюються інформативні характеристики п'єзокерамічного перетворювача, які пов'язані з фізико-механічними параметрами будівельних матеріалів, виробів та конструкцій, а саме: v швидкість звукової поздовжньої хвилі, а також відносне збільшення коефіцієнта загасання $\Delta\eta/\eta$ (в залежності від частоти хвилі) [8, 9].

Слід зазначити, що можливості акустичного контролю механічних параметрів будівельних матеріалів, виробів та елементів конструкцій, виконаних з різних видів технічного скла і шлакоситалів на сьогоднішній день до кінця не вивчені. Не досліджені особливості роботи таких пристроїв при випробуваннях різних будівельних матеріалів і елементів конструкцій. Потребують також подальшого розвитку й вдосконалення автоматизовані багатофункціональні широкомежеві пристрої на базі п'єзоперетворювачів для визначення міцності будівельних матеріалів, виробів та елементів конструкцій. Слід зазначити, що сучасні запити будівельної галузі та науково-дослідних інститутів наполегливо вимагають вирішення зазначених вище важливих питань.

Метою роботи є дослідження диференціального методу акустичного НК межі міцності на стиск R_p та змінювання відношення коефіцієнта загасання $\Delta\eta_{23}/\eta_4$ шлакоситалових плит, що контролюються.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні завдання:

- 1) навести алгоритми вимірювальних та розрахункових процедур межі міцності на стиск R_p шлакоситалових плит.
- 2) запропонувати структурну схему автоматизованої установки для реалізації диференціального акустичного методу контролю параметрів R_p та $\Delta\eta_{23}/\eta_4$ шлакоситалових плит.

Акустичний метод вимірювального контролю межі міцності на стиск R_p та змінювання відношення коефіцієнтів загасання $\Delta\eta_{23}/\eta_4$ шлакоситалових плит

При створенні сучасних систем вимірювального контролю необхідно орієнтуватися на використання спеціалізованих приладів, що, в свою чергу, вносить певні додаткові труднощі під час проектування пристроїв контролю міцності будівельних виробів і конструкцій. При цьому, автоматизація процесу акустичного контролю та реалізація диференціальних методів, дозволить здійснювати вимірювальний контроль міцності за відносно короткий проміжок часу та завдяки усередненню результатів вимірювань,

зменшувати випадкові похибки вимірювань і тим самим підвищити точність вимірювання міцності будівельних матеріалів, виробів та елементів конструкцій.

На рис. 1, надано варіант автоматизації вимірювального контролю межі міцності R_p шлакоситалових плит.

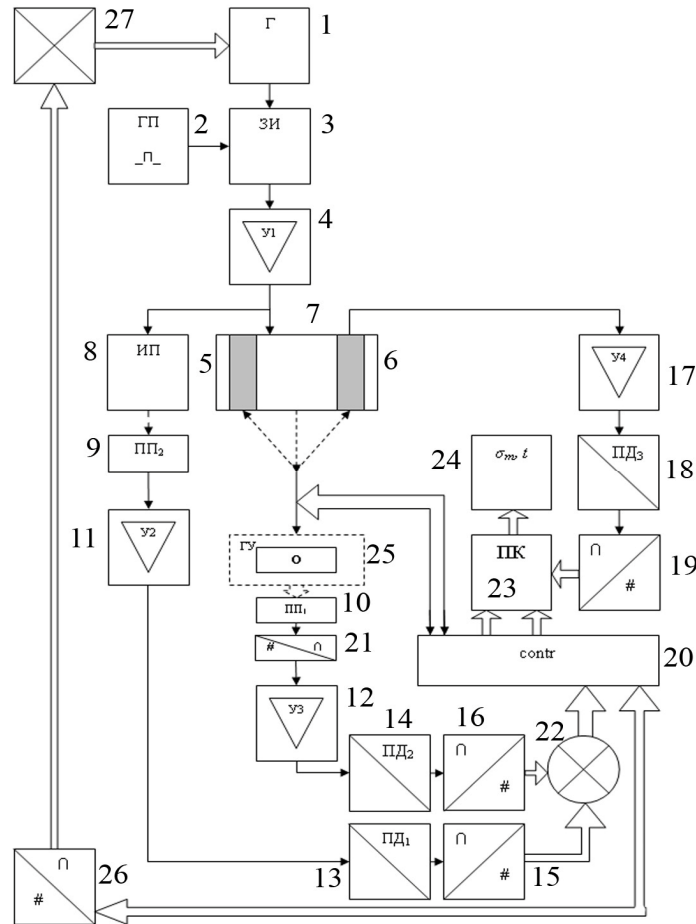


Рисунок 1 – Вимірювальний контроль фізико-механічних параметрів багатощарових шлакоситалових плит:

- 1 – генератор електричних коливань (Г); 2 – генератор прямокутних імпульсів (ГП);
- 3 – прилад створення зондуючих імпульсів (ЗІ); 4, 11, 12, 17 – підсилювачі (У1 – У4);
- 7 – п'єзокерамічний перетворювач; 5 – випромінювач; 6 – та приймач; 8 – випромінюючий п'єзоперетворювач (ВП); 9, 10 – приймаючі п'єзоперетворювачі (ПП₁, ПП₂);
- 13, 14, 18 – пікові детектори (ПД₁ – ПД₃); 15, 16, 19 – аналого-цифрові перетворювачі (АЦП);
- 20 – контролер; 21 – цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП); 22 – диференціальний пристрій (ДП); 23 – персональний комп'ютер (ПК); 24 – дисплей; О – контрольований зразок; 25 – гріюче улаштування (ГУ); 26 – ЦАП; 27 – керуючий блок (драйвер)

При цьому електричні коливання з виходу генератора 1, можуть бути описані виразом:

$$K_o = A_a \cdot \cos(w_0 t + \varphi_0), \quad (1)$$

де t – це час, A_a – амплітудне значення електричних коливань, w_0 – циклічна частота електричних коливань генератора Γ_1 , φ_0 – початкова фаза збуджуючих коливань.

Далі після перетворення за допомогою генератора ГП прямокутних імпульсів та пристрою 3, в зондувальні акустичні імпульси, які надходять на У1, для амплітуди акустичних коливань можна записати:

$$M_1(t) = \eta_1 \cdot S_1 \cdot U_a \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi_0), \quad (2)$$

де $M_1(t)$ – амплітуда акустичних коливань, η_1 – коефіцієнт посилення У1, S_1 – крутизна перетворення електричних коливань в зондуючі акустичні коливання.

Потім зондуючі імпульси надходять на перетворювач 7 та потрапляють на ПП₁ (п'єзоперетворювач 10), після проходження ними контрольованого зразка О.

Амплітуда коливань, які виникають після проходження акустичного сигналу через контрольований зразок, пропорційна амплітуді:

$$M_2(t) = \eta_1 \cdot S_1 \cdot U_a \cdot A_{22} \cdot \cos(\omega_0 \cdot t + \varphi_0), \quad (3)$$

де: A_{22} – коефіцієнт загасання для зондуючих коливань у відповідності з формулою (2).

Далі після посилення пристроєм У3, амплітуда електричних коливань проходить через детектор 14 і надходить на АЦП 16, за допомогою якого далі перетворюється в цифровий код η_1 .

Зондуючі імпульси, після їх посилення на У1, подаються на п'єзоперетворювач 8, за допомогою якого імпульси перетворюються в електричні коливання, які надходять на ПП₂ – 9.

Електричні коливання, після перетворення пристроєм 9 та посилення їх на У2, потрапляють спочатку на пристрій ПД1, після чого отримана напруга U_1 надходить на АЦП 15 та перетворюється в цифровий код η_2

$$\eta_2 = \frac{U_1}{\delta_2} = \frac{U_a \cdot G_{1-8}}{\delta_2}, \quad (4)$$

де: G_{1-8} – коефіцієнт передачі пристроїв 1–8, δ_2 – одиниця молодшого розряду АЦП 15.

Акустичні коливання, які відбиваються від зразка О, потрапляють на приймач 6 п'єзоперетворювача 5, де перетворюються в електричні коливання, потім, після їх посилення пристроєм У4, потрапляють на детектор ПД3, де створюється напруга U'_1 , яка надходить на АЦП 19, потім напруга U'_1 перетворюється в код η_3 .

Всі цифрові коди записуються в пам'ять ПК 23, при цьому прийняте для порівняння значення коду еталонного зразка – η_4 , записується в пам'ять ПК один раз.

Визначити зміну відношення $\Delta\eta_{23}/\eta_4$ можна за допомогою диференціального пристрою 22, за зміною цифрового коду η_3 або цифрового коду η_4 (при контролі еталонного зразка, виконаного з того ж матеріалу).

Таким чином

$$\frac{\Delta\eta_{23}}{\eta_4} = f(R_p). \quad (5)$$

Регулювання частоти генератора Г здійснюється за допомогою контролера 20 через ЦАП 26 при використанні драйвера 27.

Слід зазначити, що контроль міцності матеріалу R на кратних частотах, пов'язаний з тим, що незначна зміна геометричних параметрів контрольованої плити, призводить до значної зміни узагальнених параметрів універсальних функцій перетворення вимірювального пристрою, які пов'язані з фізико-механічними характеристиками матеріала зразка. При цьому на кратних частотах f_0 , якщо довжина плити становить l , то швидкість v_t проходження акустичних імпульсів через плиту, на першій кратній частоті f_0 визначається за формулою:

$$v_T = \frac{l}{t} = 2f_0l, \quad (6)$$

де індекс "T" – означає, що дана величина залежить від температури.

Результати вимірювального контролю межі міцності на стиск R_p контрольованої плити, виводяться на дисплей 24.

Процес нагріву виробу, що контролюється для випадку імітації виробничих процесів при виготовленні шлакоситалових плит, здійснюється за допомогою цифро-аналогового перетворювача ЦАП 21, на який надходять цифрові коди з мікропроцесорного контролера 20.

В табл. 1, наведено результати вимірювального контролю параметрів R_p і $\frac{\Delta\eta_{t23}}{\eta_4}$, зразка (плити виконаної з матеріалу СТМ - 1).

Таблиця 1 –Результати контролю параметрів R_p і $\frac{\Delta\eta_{t23}}{\eta_4}$

№	R_p	$\frac{\Delta\eta_{t23}}{\eta_4}$
1	310	0,02
2	350	0,06
3	380	0,12
4	390	0,18
5	398	0,22
6	400	0,25
7	405	0,28
8	412	0,31
9	419	0,34
10	423	0,37

Висновки: в рамках визначення шляхів розв'язування важливої наукової і практичної проблеми, яка полягає в зниженні та максимальному запобіганні можливих ризиків пов'язаних із застосуванням в будівництві неякісних матеріалів за рахунок контролю фізико-механічних параметрів виробів та елементів будівельних конструкцій багатопараметровими акустичними методами неруйнівного контролю (НК), в цій статті досліджено диференціальний двопараметровий метод акустичного контролю межі міцності на стиск R_p шлакоситалових плит та змінення відношення коефіцієнтів згасання

$\Delta\eta_{23}/\eta_4$. При цьому, контроль міцності матеріалу R_p на кратних частотах, пов'язаний з тим, що незначна зміна геометричних параметрів контрольованої плити, призводить до значної зміни узагальнених параметрів універсальних функцій перетворення вимірювального пристрою, які пов'язані з фізико-механічними характеристиками матеріалу зразка. Запропонований варіант автоматизації, надає змогу щодо здійснення вимірювального контролю міцнісних характеристик шлакоситалових плит за відносно короткій проміжок часу. Наведено алгоритми вимірювальних та розрахункових процедур межі міцності на стиск R_p шлакоситалових плит. Запропоновано структурну схему автоматизованого пристрою для реалізації диференціального акустичного методу контролю параметрів R_p та $\Delta\eta_{23}/\eta_4$ шлакоситалових плит. Науковою новизною статті є наведені в роботі теоретичні положення реалізації диференціального методу акустичного контролю R_p межі міцності на стиск шлакоситалових плит, які пов'язують сигнали первинного п'єзоперетворювача (амплітуду і фазу пакетів акустичних коливань) з цифровими кодами $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4$ багатофункціонального диференціального акустичного пристрою. Практичним значенням роботи є те, що отримано значення відносних змін коефіцієнтів загасання $\frac{\Delta\eta_{23}}{\eta_4}$. При цьому, межі зміни інформативних компонентів сигналів багато-

функціонального акустичного пристрою відповідають діапазонами змінення межі міцності на стиск R_p зразка, що в свою чергу, дозволяє проектувати, конструювати і створювати експериментальні та промислові пристрої на базі акустичних перетворювачів для контролю фізико-механічних характеристик різних типів будівельних конструкцій та матеріалів. Перспективи подальших досліджень полягають у створенні автоматизованих систем багатопараметрового вимірювального контролю фізико-механічних характеристик матеріалів і елементів будівельних конструкцій широкого асортименту на основі первинних електромагнітних перетворювачів при реалізації методів НК, які дозволяють підвищити вірогідність контролю за рахунок визначення багатьох параметрів будівельних конструкцій.

Література

1. Щербаков А.С. Основы строительного дела. М.: Высшая школа, 1984. 336 с.
2. Лівійський О.М., Куро О.І., Пшінько О.М., Савицький М.В. та ін. Будівельні матеріали та вироби: підручник. К.: «М Леся», 2016. 660 с.
3. Valerie, S., & Tegger, A.D.. Improvement of Recycled Concrete Aggregate Properties by Polymer Treatments // International Journal of Sustainable Built Environment. 2013. № 2 (2), P. 143–152.
4. Троицкий В.А. Особенности неразрушающего контроля и диагностики строительных сооружений // Техническая диагностика и неразрушающий контроль. 2002. № 2, С. 24–28.
5. Ермолов И.Н., Алешин Н.П., Гурвич А.К., Сухоруков В.В.. Неразрушающий контроль каталог в 5 кн.. / Кн. 2: Акустические методы контроля: Практическое пособие. М.: Высшая школа, 1991. 283 с.
6. Таланчук П.М., Скрипник О.Ю., Дубровський В.О. Засоби вимірювання в автоматичних інформаційних та керуючих системах. К.: Райдуга, 1994. 664 с.
7. Коркин В.Б., Григорьянц Т.В., Макаров Э.Ф. и др. Основы автоматизации измерений. М.: Изд-во стандартов, 1991. 256 с.
8. Скрипник Ю.А., Присенко М.О., Дубровський В.О. Проектування засобів вимірювання з періодичним порівнянням. К.: КНУТД, 2008. 267 с.

9. Скрипник Ю.О., Здоренко В.Г., Лісовець С.М.. Використання ультразвукових засобів для контролю параметрів технологічних процесів. Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах і конверсії виробництва: мат. III науково-технічної конференції, Хмельницький, 23–25 травня 1995 р. Хмельницький: ХТИ, 1995. С. 77.
10. Карпаш М.О.. Підвищення чутливості акустичного методу неруйнівного контролю матеріалів // Техн. діагностика и неразруш. контроль. 2011. № 4. С. 39–43.
11. Здоренко В.Г., Лісовець С.М. Застосування методу скінченних різниць в часовій області для контролю структурно-неоднорідних полікристалічних матеріалів // Вісник Вінницького політехнічного інституту 2014. № 1, С. 9–15.
12. Єременко Б.М. Огляд та аналіз методів і моделей діагностування об'єктів будівництва // Теорія і практика будівництва. 2012. № 9. С. 43–46.
13. Скальський В.Р., Сулим Т.Г. Основи акустичних методів неруйнівного контролю: навчальний посібник. Львів : Видавничий центр Львівського національного університету ім. І.Франка, 2010. 384 с.
14. Скальський В.Р., Сергієнко О.М., Коваль П.М., Лотоцький Ю.Л. Акустико-емісійна оцінка ранніх стадій мікротріщиноутворення під час твердіння бетону // Машинознавство. 2004. № 8. С. 16–21.
15. Головач В.М., Баранова О.С. Вплив характеристик дефектів фанери на коефіцієнт гармонійних спотворень вихідного сигналу ударного датчика // Технічні науки та технології. Чернівці. 2016. № 2(4). С. 195–199.
16. Голофеева М.А. Акустический метод контроля синтеграновых изделий // Проблемы техники. Одеса. 2013. № 3. С. 119–124.
17. Setyowati, E., Hardiman, G., Atmadja, S.T. Green Material Comparison of Sawdust and Coconut Fibre Acoustical Waffle Panel // Applied Mechanics and Materials. 2015 Vol 747. P. 221–225.

Bibliography (transliterated)

1. Shcherbakov A.S. Osnovy stroitel'nogo dela. M.: Vysshaya shkola, 1984. 336 p.
2. Liviiskiy O.M., Kuro O.I., Pshinko O.M., Savytskyi M.V. ta in. Budivelni materialy ta vyroby: pidruchnyk. K.: «M Lesia», 2016. 660 p.
3. Valerie, S., & Tegguer, A.D. Improvement of Recycled Concrete Aggregate Properties by Polymer Treatments // International Journal of Sustainable Built Environment. 2013. № 2 (2), P. 143–152.
4. Troitskiy V.A. Osobennosti nerazrushayushchego kontrolya i diagnostiki stroitel'nykh sooruzheniy // Tekhnicheskaya diagnostika i nerazrushayushchiy kontrol. 2002. № 2. P. 24–28.
5. Ermolov I.N., Aleshin N.P., Gurvich A.K., Sukhorukov V.V. Nerazrushayushchiy kontrol katalog v 5 kn.. / Kn. 2: Akusticheskiye metody kontrolya: Prakticheskoye posobiye. M.: Vysshaya shkola. 1991. 283 p.
6. Talanchuk P.M., Skrypnyk O.Iu., Dubrovskiy V.O. Zasoby vymiriuvannya v avtomatych-nykh informatsiynykh ta keruiuchykh systemakh. K.: Raiduha, 1994. 664 p.
7. Korkin V.B., Grigoriants T.V., Makarov E.F. i dr. Osnovy avtomatizatsii izmereniy. M.: Izd-vo standartov. 1991. 256 p.
8. Skrypnyk Yu.A., Pryslenko M.O., Dubrovskiy V.O. Proektuvannya zasobiv vymiriuvannya z periodychnym porivnianniam. K.: KNUTD, 2008. 267 p.

9. Skrypnyk Yu.O., Zdorenko V.H., Lisovets S.M. Vykorystannia ultrazvukovykh zasobiv dlia kontroliu parametriv tekhnolohichnykh protsesiv. Vymiriuvalna ta obchysliu-valna tekhnika v tekhnolohichnykh protsesakh i konversii vyrobnytstva: mat. III naukovotekhnichnoi konferentsii, Khmelnytskyi, 23-25 travnia 1995 r. Khmelnytskyi: KhTY, 1995. P. 77.
10. Karpash M.O. Pidvyshchennia chutlyvosti akustychnoho metodu neruinivnoho kontroliu materialiv // Tekhn. dyahnostyka y nerazrush. kontrol. 2011. № 4. P. 39–43.
11. Zdorenko V.H., Lisovets S.M. Zastosuvannia metodu skinchennykh riznyts v chasovii oblasti dlia kontroliu strukturno-neodnorodnykh polikrystalichnykh materialiv // Visnyk Vinnytskoho politekhnichnoho instytutu 2014. № 1, P. 9–15.
12. Yeremenko B.M. Ohliad ta analiz metodiv i modelei diahnostuvannia obiektiv budivnytstva // Teoriia i praktyka budivnytstva. 2012. № 9. P. 43–46.
13. Skalskyi V.R., Sulym T.H. Osnovy akustychnykh metodiv neruinivnoho kontroliu: navchalnyi posibnyk. Lviv : Vydavnychiy tsentr Lvivskoho natsionalnoho universytetu im. I.Franka, 2010. 384 p.
14. Skalskyi V.R., Serhienko O.M., Koval P.M., Lototskyi Yu.L. Akustyko-emisiina otsinkarannikh stadii mikrotrishchynoutvorennia pid chas tverdinnia betonu // Mashynoznavstvo. 2004. № 8. P. 16–21.
15. Holovach V.M., Baranova O.S. Vplyv kharakterystyk defektiv fanery na koeffitsient harmoniinykh spotvoren vykhidnoho syhnalu udarnoho datchyka // Tekhnichni nauky ta tekhnolohii. Chernihiv. 2016. № 2(4). P. 195–199.
16. Golofeyeva M.A. Akusticheskiy metod kontrolya sintegranovykh izdeliy // Problemi tekhniki. Odesa. 2013. № 3. P. 119–124.
17. Setyowati, E., Hardiman, G., Atmadja, S.T. Green Material Comparison of Sawdust and Coconut Fibre Acoustical Waffle Panel // Applied Mechanics and Materials. 2015 Vol 747. P. 221–225.

УДК 534.08

Здоренко В.Г., д.техн.н., професор, Забіяка Н.А., PhD, асистент, Себко К.В., студент,
Горбунова О.В., старший викладач

ВИЗНАЧЕННЯ МЕЖИ МІЦНОСТІ НА СТИСК R_p БАГАТОШАРОВИХ ПЛИТ ВИКОНАНИХ З ШЛАКОСИТАЛІВ

Знайшла подальший розвиток методологія створення багатofункціональних акустичних автоматизованих пристроїв, яка заснована на побудові простих алгоритмів перетворення та обробки сигналів засобів вимірювань. Досліджено диференціальний акустичний метод контролю фізико-механічних параметрів багатошарових плит, які виконано з шлакоситалів. Запропоновано структурну схему автоматизованого пристрою для вимірювального акустичного контролю межі міцності на стиск R_p шлакоситалової плити, яка контролюється. Розглянутий у статті варіант автоматизації процесу вимірювального контролю, надає змогу щодо визначення міцнісних характеристик за відносно короткий проміжок часу та завдяки усередненню результатів вимірювань фізико-механічних параметрів шлакоситалових плит, призводить до зменшення випадкових похибок вимірювань та тим самим сприяє підвищенню точності вимірювань фізико-механічних параметрів шлакоситалових виробів. Отримано значення відносних при-

рошень коефіцієнта згасання $\Delta\eta_{23}/\eta_4$, при цьому діапазони змінення значень коефіцієнта згасання пакетів хвиль акустичного пристрою, відповідають діапазонам змінення межі міцності на стиск R_p досліджуваного зразка шлакоситалової плити. При цьому, контроль міцності матеріалу R_p на кратних частотах, пов'язаний з тим, що навіть незначна зміна геометричних параметрів шлакоситалової плити, призводить до змінення узагальнених параметрів універсальних функцій перетворення вимірювального диференціального акустичного пристрою, які пов'язані з фізико-механічними характеристиками матеріалу зразка, що контролюється. Запропонований двопараметровий диференціальний акустичний метод контролю надає змогу враховувати зв'язок поміж важливими експлуатаційними температурними та механічними параметрами: нерівномірністю розподілу температури за довжиною зразка та неоднорідністю розподілу температурної деформації з локалізацією її пластичної складової у середній частині шлакоситалової плити, яка найбільш суттєво піддається температурному впливу та як наслідок піддається повільному руйнуванню.

Ключові слова: шлакоситали, будівельні конструкції, межа міцності, диференціальний акустичний метод, п'єзокерамічний перетворювач, амплітуда акустичних імпульсів, відношення коефіцієнтів згасання, швидкість проходження акустичних імпульсів, цифровий код, імітація процесу нагрівання.

Здоренко В. Г., д.техн.н., професор, Забияка Н. А., PhD, ассистент, Себко К. В., студент, Горбунова О. В., старший преподаватель

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛА ПРОЧНОСТИ НА СЖАТИЕ R_p МНОГОСЛОЙНЫХ ПЛИТ ВЫПОЛНЕННЫХ С ШЛАКОСИТАЛЛОВ

Нашла дальнейшее развитие методология создания многофункциональных акустических автоматизированных устройств, которая основана на построении простых алгоритмов преобразований и обработки сигналов средств измерений. Исследован дифференциальный акустический метод контроля физико-механических параметров многослойных плит, которые выполнены из шлакоситаллов. Предложено структурную схему автоматизированного устройства для измерительного акустического контроля предела прочности на сжатие R_p контролируемой шлакоситалловой плиты. Рассмотренный в статье вариант автоматизации процесса измерений, даёт возможность осуществлять измерительный контроль прочностных характеристик за относительной короткой промежуток времени и за счет усреднения результатов измерений физико-механических параметров шлакоситалловых плит, приводит к уменьшению значений случайных погрешностей измерений и тем самым способствует повышению точности измерений физико-механических параметров шлакоситалловых изделий. Получены значения относительных приращений коэффициента затухания $\Delta\eta_{23}/\eta_4$, при этом диапазоны изменения значений коэффициента затухания пакетов волн акустического преобразователя, соответствуют диапазонам изменения предела прочности R_p на сжатие исследуемого образца. При этом, контроль прочности материала R_p на кратных частотах, связан с тем, что даже незначительное изменение геометрических параметров шлакоситалловой плиты, приводит к изменению обобщенных параметров универсальных функций преобразования измерительного дифференциального акустического устройств, которые связаны с физико-механическими характеристиками контролируемого материала образца. Предложенный двухпараметровый дифференциальный акустический метод контроля даёт возможность учитывать связь между важнейшими эксплуатационными

температурними и механическими параметрами: неравномерностью распределения температуры по длине образца и неоднородностью распределения температурной деформации с локализацией ее пластической составляющей в средней части шлакоситалловой плиты, которая подвержена влиянию температуры наиболее существенно и как следствие подвержена постепенному разрушению.

Ключевые слова: шлакоситаллы, строительные конструкции, предел прочности, дифференциальный акустический метод, пьезокерамический преобразователь, амплитуда акустических импульсов, отношения коэффициентов затухания, скорость прохождения акустических импульсов, цифровой код, имитация процесса нагрева.

Zdorenko V.H., Zabiika N.A., Sebko K.V., Gorbunova O.V.

DETERMINATION OF THE COMPRESSION STRENGTH R_p OF MULTILAYER PLATES MADE OF SLAGOSITALS

The methodology of creating multifunctional acoustic automated devices has been further developed, it is based on the construction of simple algorithms for transforming and processing signals of measuring instruments. A differential acoustic method for controlling the physical and mechanical parameters of multilayer plates made of slag glass-ceramics has been investigated. A structural diagram of an automated device for measuring acoustic control of the ultimate compressive strength R_p of a controlled slag glass-ceramics plate is proposed. The option of automation of the measurement process considered in the article makes it possible to carry out measuring control of the strength characteristics for a relatively short period of time and by averaging the results of measurements of the physical and mechanical parameters of slag glass-ceramic plates, leads to a decrease in the values of random measurement errors and thereby contributes to an increase in the accuracy of measurements of physical and mechanical parameters of slag glass-ceramics products. The values of the relative increments of the attenuation coefficient $\Delta\eta_{23}/\eta_4$ were obtained, while the ranges of the values of the attenuation coefficient of a transmission of various waveforms of the piezoelectric transducer correspond to the ranges of the compressive strength R_p of the test sample. At the same time, the control of the strength of the material R_p at multiple frequencies is due to the fact that even a slight change in the geometric parameters of the slag glass-ceramics slab leads to a change in the generalized parameters of the universal transformation functions of the measuring differential acoustic devices, which are associated with the physical and mechanical characteristics of the controlled material of the sample. The proposed two-parameter differential acoustic control method allows to keep in mind the linkage between temperature and mechanical parameters: the unequal distribution of the temperature along the length of the sample and the uneven distribution deformation of temperature with the localization of this plastic component in the middle part of the slag glass-ceramics plate, which is most significantly affected by temperature and, as a consequence, is subject to gradual destruction.

Keywords: slag glass-ceramics, building constructions, tensile strength, the fluxional acoustic method, piezo transducer, acoustic pulse amplitude, damping factor ratio, acoustic impulse velocity, digital code, imitation of the heating process.