

УДК 539.3+517.958+624.4

Г. С. Ратушняк, к. т. н., проф.;

Н. М. Слободян

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВІБРОСИЛОВОГО ФОРМУВАННЯ ДЕКОРАТИВНИХ БЛОКІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ЕЛАСТИЧНИХ АДАПТИВНИХ ДОУЩІЛЬНЮВАЧІВ

*Досліджено параметри ущільнення декоративних стінових блоків. За запропонованою математичною моделлю визначено: раціональний режим ущільнення, оптимальні величини тиску привантаження, амплітуду та частоту коливань.*

### Вступ

Формування декоративних бетонних блоків з бетонної суміші із застосуванням еластичних адаптивних доущільнювачів (у межах моделі пластини, яка є гнучкою і односторонньо взаємодіє з пружною основою) відбувається за умов опирання, зокрема, шарнірного, гнучкого доущільнювача на бічні сторони форми опалубки і на поверхню безпосередньо бетонної суміші. Під час вібраційного навантаження існують його дві складові — статична та динамічна. Остання виконує функцію послаблення зв'язків між частинками свіжої бетонної суміші, яку можна розглядати як рідке середовище, що має більшу щільність, ніж вода. Складний процес вібраційного ущільнення декоративних стінових виробів характеризується необхідністю здолання сил опору зчеплення та в'язкого опору.

Метою даного дослідження є аналіз основних параметрів формування бетонної суміші: амплітуди, частоти коливань, визначення межі раціонального часу формування, тиску привантажувача, режиму ущільнення.

### Основна частина

Основними параметрами формування декоративних стінових бетонних виробів є амплітуда і частота коливань, тиск привантажувача на поверхні виробу та час на ущільнення суміші. Проведені теоретичні [1, 2] та експериментальні дослідження [3, 4] технології ущільнення декоративних стінових бетонних виробів дозволили визначити основні параметри робочого процесу. Так, встановлено, що на першому етапі ущільнення (заповнення форми сумішшю та попереднє ущільнення,  $\omega = 50 \text{ с}^{-1}$ ,  $t \approx 15 \text{ с}$ ) раціональним режимом є формування без використання привантаження. На цьому етапі йде процес переукладання компонентів суміші, формування основного каркаса майбутнього виробу та витіснення повітря. Цей режим характеризується початковими значеннями амплітуди коливань  $A = 0,35 \dots 0,45 \text{ мм}$ . Щодо частоти коливань, то слід зазначити, що на першому етапі ущільнення її величину необхідно було змінювати від  $\omega = 50 \text{ с}^{-1}$  до  $\omega = 100 \text{ с}^{-1}$  з подальшим збільшенням до кінцевого значення  $\omega = 350 \text{ с}^{-1}$ . Ці теоретичні дослідження обґрунтовані зміною напруженого стану в ущільнюваній суміші. В деякій мірі такий режим реалізується в період розгону вібратора, коли частота змінюється від  $\omega = 0 \text{ с}^{-1}$  до  $\omega = 300 \text{ с}^{-1}$ . Цей режим складає всього 2...5 с і для таких невеликих виробів як блочки є достатнім.

В цілому режим формування бетонних виробів є оптимальним для реалізації змінної у часі частоти коливань (табл. 1). Амплітуду коливань вібраційного доущільнювача рекомендується вибирати в залежності від частоти коливань.

Оптимальні частоти коливань

ЕТАП УЩІЛЬНЕННЯ	СТАДІЇ	ЧАСТОТА КОЛИВАНЬ, с <sup>-1</sup>
I	Переукладання	50...100
II	Формування каркаса	100...250
III	Повне ущільнення	250...350

В загальному підході до визначення раціональної амплітуди коливань слід користуватися визначеними значеннями для досягнення найбільшого ефекту на кожному з трьох етапів ущільнення (табл. 2).

Таблиця 2

Раціональні значення амплітуд коливань

ЧАСТОТА КОЛИВАНЬ, с <sup>-1</sup>	АМПЛІТУДА КОЛИВАНЬ, мм
50...150	1,2...0,8
150...200	0,6...0,8
200...300	0,25...0,45

Застосування привантаження спільно з дією вібромайданчика значно прискорює процес ущільнення бетонної суміші, підвищує щільність бетону і покращує якість поверхні. В експериментальній частині роботи було визначено, що привантаження слід застосовувати після попереднього ущільнення ( $t \approx 15...20$  с), коли закінчується осідання бетонної суміші. Ця стадія характеризується інтенсивним вилученням повітря.

Еластичне привантаження, яке запропоновано в даній роботі, дає можливість реалізуватись процесу витіснення повітря навіть в разі його застосування крізь кінці еластичного притискувача. Величина привантаження, що визначається його тиском на суміш, складає величину  $(10...30) 10^{-2}$  Н/см<sup>2</sup>.

На основі аналізу динаміки хвилеутворень бетонної суміші авторами запропоновано модель ривняння стану бетонної суміші, яка дозволяє визначити раціональний час ( $t_{\text{рац}}$ , тривалість) максимального ущільнення бетонної суміші в процесі виготовлення декоративних стінових виробів

$$\tilde{\rho}_0 = \frac{\gamma}{\omega_1} \int_0^x \int_0^{t_{\text{рац}}} \left\{ -\rho_0 \frac{\partial v}{\partial \xi} + \eta' \frac{\partial^2 v}{\partial \xi^2} \right\} \exp \left\{ -\frac{\beta'}{6} (t - \xi) \right\} \sin \left[ \omega_1 (t_{\text{рац}} - \xi) \right] d\xi d\tilde{x}. \quad (1)$$

де  $\rho_0$  — щільність;  $v(\xi, x)$  — «меморонна хвиля» — суперпозиція двох хвильових пакетів з дискретним спектром швидкостей;  $\omega$  — частота коливань;

$t$  — час;

$x$  — поздовжня просторова координата;

$\xi$  — відносна величина, що характеризує граничні умови,  $\xi = f/h$ , де  $f$  — амплітуда прогину,  $h$  — висота виробу;  $\eta'$  — коефіцієнт пропорційності;

$\beta' = \frac{\beta}{\mu}$ ,  $\beta$  — константа релаксаційної дисипації,  $\mu$  — маса перерізу частинки, що коливається;

$\gamma$  — коефіцієнт втрат енергії за рахунок внутрішнього тертя у суміші, характеризує розсіювання енергії в оброблюваному середовищі суміші.

Розрахунки раціонального часу ущільнення  $t_{\text{рац}}$  декоративного блочка, отримані з (1) за числовим методом скінченних різниць на ЕОМ, дають значення цього показника, що збігаються з наведеними для бетонних сумішей в роботах [5, 6], де описані форми коливань під час здійснення ударо-вібраційного і ударного режимів.

## Час ущільнення за різних режимів, с

ЖОРСТ- КІСТЬ СУМІШІ, С	РЕЖИМИ УЩІЛЬНЕННЯ		
	Симетричний ( $f = 50$ Гц, $A_b = 3,5g$ )	Ударно-вібраційний ( $f = 15$ Гц, $A_{b_1} = 2,5g$ , $A_{b_2} = 5...7g$ )	Ударний ( $f = 5$ Гц, $A_t = 10g$ )
20	30	15	90
35	90	32,5	130
50	150	50	170
62,5	225	85	195
75	300	120	220

Примітка:  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup> — прискорення вільного падіння;  $A_b$  — амплітуда прискорення;  $A_{b_1}$ ,  $A_{b_2}$  — амплітуди прискорення за руху робочого органу вібропреса вгору та вниз (відносно сили земного тяжіння), відповідно.

## Висновки

1. Визначено раціональні режими та параметри формування бетонних виробів. Оптимальні частоти коливань та раціональні значення амплітуд коливань подано в таблиці 1, 2.
2. Оптимальний тиск привантаження  $(10...30)10^{-2}$  Н/см<sup>2</sup>.
3. Найраціональніший режим ущільнення є ударно-вібраційний, він забезпечує мінімум часу ущільнення.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ратушняк Г. С., Слободян Н. М. Порівняльний аналіз математичних моделей розрахунків прогинів еластичного привантаження під час формування декоративних бетонних блоків: моделі гнучких пластин та мембран I, II // Вестник ХГТУ. — 2002. — № 2(15). — С. 393—398.
2. Слободян Н. М. Математична модель розрахунків прогинів еластичного привантаження під час формування декоративних бетонних блоків // Вісник ВПІ. — 2001. — № 1. — С. 10—12.
3. Власенко А. М., Смоляк В. В. Пластичні можливості житлового будинку з використанням дрібнорозмірних блоків // Вісник ВПІ. — 1984. — № 3(4). — С. 18—20.
4. Власенко А. М., Слободян Н. М. Оцінка прогину поверхні адаптивного при вантаженні // Вісник ВПІ. — 2000. — № 6. — С. 14—17.
5. Гусев Б. В., Зазимко В. Г. Вибрационная технология бетона. — К.: Будівельник, 1991. — 160 с.
6. Савинов О. А., Лавринович Е. В. Вибрационная техника уплотнения и формирования бетонных смесей. — Л.: Стройиздат. Ленингр. отд-ние, 1986. — 280 с.

Рекомендована кафедрою теплогазопостачання

Надійшла до редакції 8.02.05  
Рекомендована до друку 8.03.05

**Ратушняк Георгій Сергійович** — завідувач кафедри, **Слободян Наталія Михайлівна** — старший викладач.

Кафедра теплогазопостачання, Вінницький національний технічний університет