



УДК 66.9.033

*В.М. Гарнець, канд. техн. наук, професор КНУБА,
І.В. Косминський, асистент КНУБА*

ВПЛИВ ВЛАСТИВОСТЕЙ СЕРЕДОВИЩА НА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРИВАНТАЖЕННЯ

При визначенні параметрів привантаження, одним із важливих чинників є вибір моделі суміші, яка є проміжним елементом між віброплощадкою та привантажувачем. Для опису процесу ущільнення суміші необхідно знати її напружено-деформований стан, що характеризується реологічними властивостями.

При описі реологічних властивостей, звичайно, використовують пружність, пластичність та в'язкість. Основні визначення цих властивостей розглянуті в роботах по фізико-хімічній механіці [1, 2, 3]. Поряд із властивостями колоїдних частинок властивості бетонної суміші визначаються їх складом, водоцементним відношенням та поверхнево-активними речовинами, які вводять до складу бетонних сумішей. Другий дуже важливий чинник – напружено-деформований стан, від якого залежить, які з властивостей бетонних сумішей будуть проявлятися.

В залежності від виду напружено – деформованого стану можуть бути використані різні моделі стану (Гака, Ньютона, Кулона, Сен-Венана). Для випадку рухомих віброорганів при описі процесу формування, яке визначається витіканням крізь вібраційну щілину, використовують модель Ньютона, в більш складних напружених станах – модель Бінгама чи Кельвіна-Фойгта.

Характер залежності між нормальними та дотичними напруженнями (рис. 1) записано Кулоном у вигляді:

$$\tau = \tau_0 + \sigma \operatorname{tg} \varphi,$$

де τ_0 - граничне напруження зсуву; σ - нормальні напруження; φ - кут внутрішнього тертя.

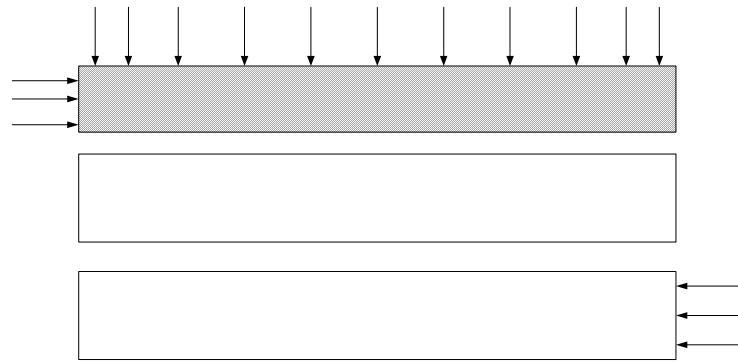
Модель Кулона доцільно використовувати для опису поведінки не лише бетонної суміші, але і відформованого бетону при негайній розпалубці виробу. Тоді значення τ_0 та кута внутрішнього тертя φ визначають можливу висоту формування виробів із жорстких чи вакуумованих бетонних сумішей.

Одна з важливих властивостей бетонної суміші – в'язкість, яка характеризується опором деформації зсуву чи ковзання одного шару по іншому. Це може бути також і опір при відомій оптимальній швидкості деформації від дії нормальних напружень. Модель Ньютона виражається рівнянням стану:

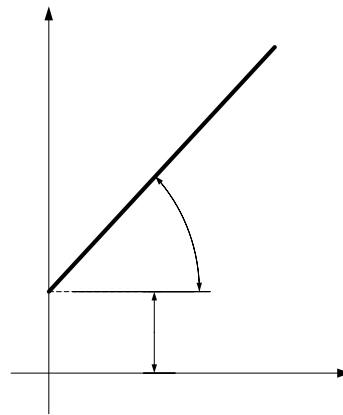
$$\sigma = v \varepsilon,$$

де v - коефіцієнт в'язкості; ε - швидкість відносної деформації.

Модель Бінгама являє собою послідовне поєднання пружного, пластичного та в'язкого елементів. Рівняння стану такого тіла можна репрезентувати у вигляді:



а)



б)

Рис. 1. Залежність між нормальними та дотичними напруженнями:
а - схема дії напружень; б - графік залежності

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \text{ за умови } \sigma < \sigma_m;$$

$$\varepsilon = \frac{(\sigma - \sigma_m) \cdot t}{\nu} + \frac{\sigma}{E} \text{ за умови } \sigma > \sigma_m,$$

де σ_m - границя течії; ν - коефіцієнт в'язкості системи.

Модель Бінгама у багатьох випадках задовільно характеризує властивості розчинних та бетонних сумішей.

Дослідження [4] базуються на моделі Кельвіна-Фойгта, яка являє собою рівнобіжне поєднання пружних та в'язких елементів (рис. 2).

Рівняння коливань за моделлю Кельвіна-Фойгта має вигляд:

$$\rho \frac{\partial^2 z}{\partial t^2} - E \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + q \frac{\partial^3 z}{\partial x^2 \partial t} = 0,$$

де ρ - щільність суміші; q - коефіцієнт в'язкого тертя.

Для інтенсифікації режиму вібрації застосовується тиск привантажувача, значення якого повинні бути оптимальними, на що суттєво впливає вихідна вологість бетонної суміші.

Базуючись на дослідженнях [3] побудовано залежності (рис. 3) та встановлені оптимальні режими ущільнення: частота 25...75 Гц, прискорення 5g та тиск 80 кПа (табл.1).

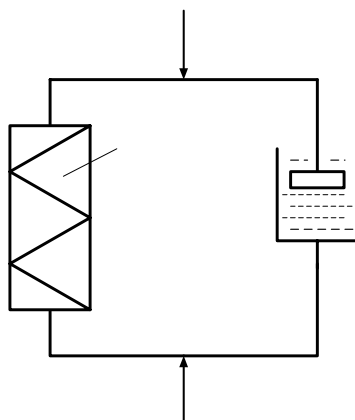
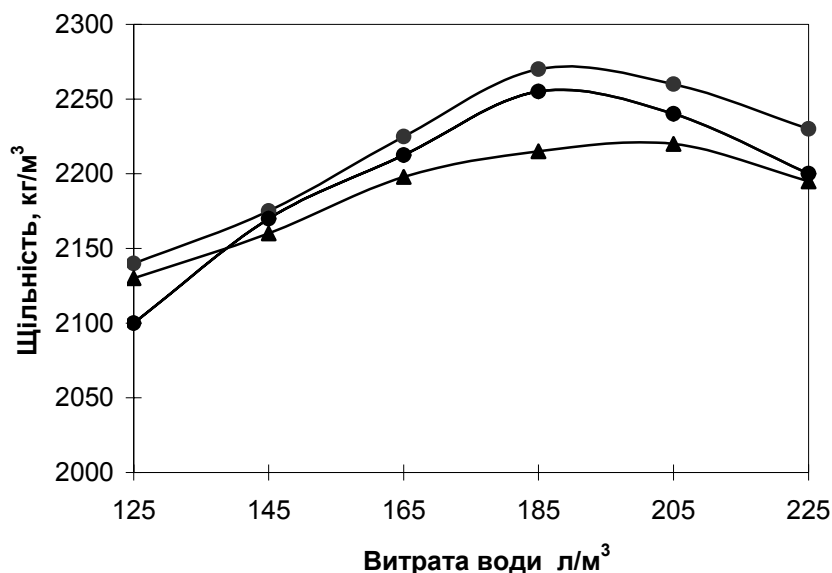


Рис. 2. Ущільнення стовпа бетонної суміші. Модель Кельвіна-Фойгта



- Ущільнення трамбуванням витрата цементу 600 кг на кубометр бетону
- Ущільнення вібропресуванням, витрата цементу 600 кг на кубометр бетону
- ◆— Ущільнення трамбуванням витрата цементу 450 кг на кубометр бетону
- ▲— Ущільнення вібропресуванням витрата цементу 450 кг на кубометр бетону

Рис. 3. Залежність щільності дрібнозернистих бетонних сумішей від витрати води

Проведеними дослідженнями було також оцінено зміну динамічних параметрів робочого органу віброплощадки.

На рис. 4 подано криві зміни амплітуди коливань віброплощадки в залежності від висоти завантаження форми сумішшю ($h = 0,1 - 0,5$ м) при різних величинах привантаження та без нього.

За відсутності привантаження із збільшенням висоти стовпа бетонної суміші амплітуда віброплощадки зменшується та приймає мінімальне значення $x_0 = 0,18$ мм, коли висота дорівнює 0,2 м. Подальше збільшення висоти суміші у формі викликає зріст амплітуди робочого органу машини та за висоти 0,3 м досягає $x_0 = 0,44$ мм, що перевищує

амплітуду не завантаженої віброплощадки в кілька разів. Збільшення висоти бетонної суміші більше 0,3 м призведе до зменшення амплітуди коливань.

Таблиця 1. Оптимальні режими ущільнення

Витрати на 1 м ³ бетону, кг		Вологість W , %	Режими			$F_{ст}$, МПа
Цемент	Пісок		Частота, Гц	Прискорення, в частках g	Тиск, кПа	
300	1650	8	25	5,0	60	24,6
			50	5,0	80	24,6
			75	5,0	80	23,2
450	1650	8...9	25	5,0	60	36
			50	5,0	80	40,9
			75	5,0	90	30,3
600	1650	8...9	25	5,0	80	41,7
		10	50	5,0	80	50,5
		10	75	5,0	90	46,6

Зміна амплітуди віброплощадки за наявності привантажувача має інший характер, що багато в чому залежить також від його величини. Якщо $\sigma = 0$ Па та $h = 0,2$ м амплітуда має мінімум, то при $\sigma = 1000$ Па на тій же висоті – максимум (табл. 2).

Отже, амплітуда робочого органу віброплощадки змінюється та приймає, як мінімальні так і максимальні значення при зміні висоти суміші та величини привантажувача. Останнє можна пояснити резонансом системи "віброплощадка – бетонна суміш – привантажувач".

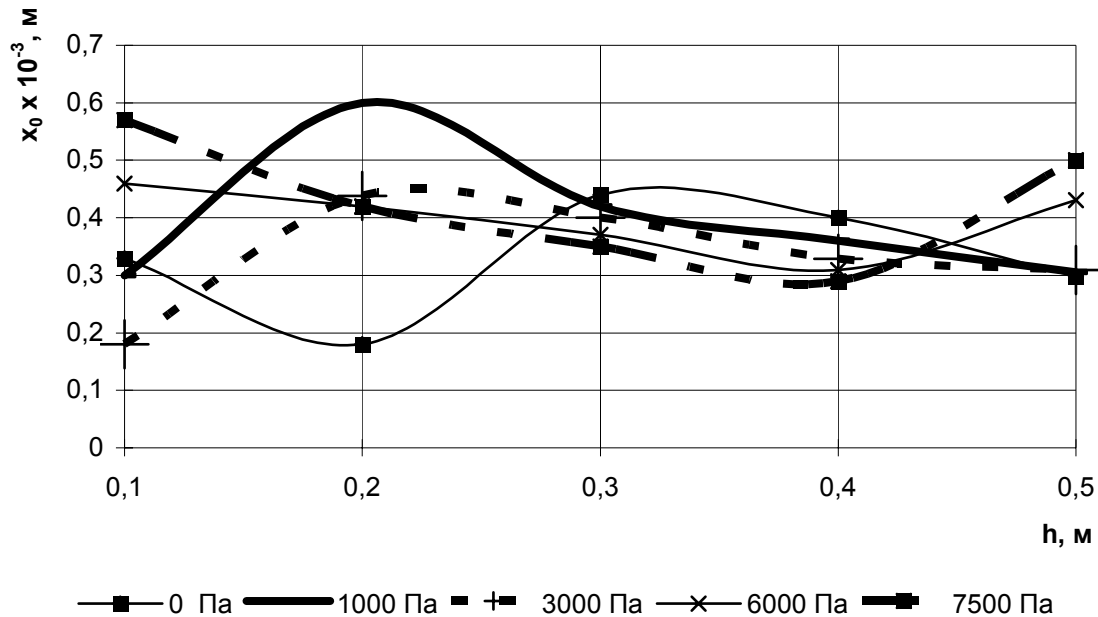


Рис. 4. Залежність амплітуди коливань віброплощадки від висоти стовпа бетонної суміші при різних значеннях тиску

Залежність зміни амплітуди привантажувача має не менш складний характер (рис. 5).

Характер зміни амплітуди зміщення віброплощадки та привантажувача для кожної висоти виробу, що формується різний. На висотах 0,3 та 0,4 м амплітуда привантажувача і віброплощадки зі зростом величини при вантаженні швидко зменшується (рис. 5). Для інших висот (0, 1; 0,2; 0,5 м) залежності змін параметрів носять більш складний характер.



Таблиця 2. Числові значення амплітуди коливань вібросистеми в залежності від висоти й тиску

№ з/п	Висота h , м	Тиск привантажувача σ , Па	Амплітуда коливань, $x_0 \times 10^{-3}$ м			
			Віброплощадки		Привантажувача	
			Розрахункове значення	Експериментальні дані	Розрахункове значення	Експериментальні дані
1	0,1	0	0,33	0,3649	0,628	0,691
2		500	0,32	0,2876	0,8	0,88
3		1000	0,3	0,3312	1	1,1
4		1500	0,2	0,1794	1,2	1,32
5		2000	0,149	0,165	1,4	1,54
6		2500	0,156	0,1394	-	-
7		3000	0,19	0,1982	-	-
8		3500	0,2	0,1788	-	-
9		4000	0,22	0,2437	-	-
10		4500	0,24	0,214	-	-
11		5000	0,3	0,3314	-	-
12		5500	0,34	0,377	1,4	1,54
13		6000	0,46	0,4134	1,09	1,199
14		6500	0,48	0,5289	0,895	0,985
15		7000	0,5	0,447	0,695	0,764
16		7500	0,57	0,6281	0,6	0,66
17	0,2	0	0,18	0,153	-	-
18		500	0,424	0,4918	-	-
19		1000	0,6	0,498	1,39	1,598
20		1500	0,567	0,652	1,199	1,378
21		2000	0,498	0,4183	0,8	0,92
22		2500	0,44	0,5148	0,695	0,799
23		3000	0,438	0,3723	0,5	0,575
24		3500	0,434	0,5034	0,469	0,539
25		4000	0,424	0,3519	0,456	0,542
26		4500	0,42	0,483	0,398	0,457
27		5000	0,42	0,483	0,33	0,379
28		5500	0,42	0,483	0,283	0,325
29		6000	0,42	0,483	0,278	0,319
30		6500	0,42	0,483	0,272	0,312
31		7000	0,42	0,483	0,254	0,292
32		7500	0,42	0,483	0,226	0,259

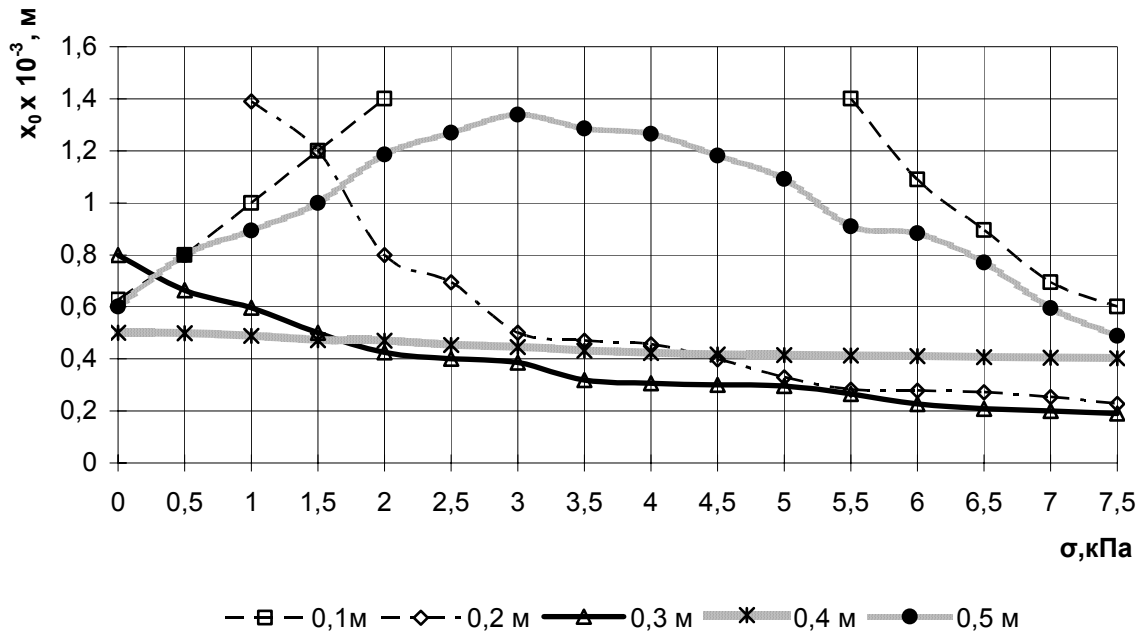


Рис. 5. Залежність амплітуди коливань гравітаційного привантажувача від його величини

Висновки

1. Відношення значень нормального та дотичного напружень можуть слугувати критерієм оцінки процесу ущільнення суміші з привантажуванням.
2. Визначено вплив складу суміші на вибір раціонального значення тиску привантаження.
3. Встановлено достатнє співпадання теоретичних та експериментальних залежностей, що підтверджує адекватність обраної математичної моделі фізичній.
4. Отримані результати є основою для розробки схеми керування роботою віброплощадки в необхідному режимі за рахунок підбору величини привантаження.

Література

1. Овчинников П.Ф. , Круглицкий Н.Н., Михайлов Н.В. Реология тиксотропных систем. – К.: Наукова думка, 1972. – 119 с.
2. Ребиндер П.А. Физико-химическая механика. – М., 1958. – 110 с.
3. Гусев Б.В., Зазимко В.Г. Вибрационная технология бетона. – К.: Будивельник, 1991. – 160 с.
4. Назаренко И. И. Прикладные задачи теории вибрационных систем; – К.: ИСИОУ, 1993. – 216 с.
5. Шмигальский В.Н. Формование изделий на виброплощадках. М.: Стройиздат, 1968. – 216 с.
6. Назаренко І.І., Косминський І.В. Аналіз руху динамічної системи: "віброустановка – бетонна суміш – привантажувач"// Техніка будівництва. – 2001. – №10. – С.16-20.
7. Назаренко І.І., Косминський І.В. Технологічна ефективність використання привантажувачів// Техніка будівництва. – №12. – 2002.