

УДК 666.982.033

Запривода А.В., аспірант КНУБА
Ручинський М.М., доцент, КНУБА

СТАБІЛІЗАЦІЯ І СИНХРОНІЗАЦІЯ РЕЖИМУ РОБОТИ ВІБРОПРИСТРОЮ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ВЕЛИКИХ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ

АНОТАЦІЯ. Розглянуто конструкції існуючих вібропристроїв для ущільнення бетонних сумішей при формуванні горизонтальних поверхонь. Визначені умови стабілізації та методи синхронізації вібраторів, що закріплені на рамі вібропристрою.

ANNOTATION. Was consider design of the existing vibration devices for sealing concrete mixtures when forming horizontal surfaces. Found conditions of stabilization and methods of synchronization vibrators, that are fastened to the frame of vibration device.

Актуальність теми. Перехід на технології монолітного будівництва потребує необхідного обладнання і пристроїв для укладання і ущільнення бетонних сумішей. Якщо при зведенні вертикальних стін укладання суміші здійснюється в опалубку із застосуванням добавок, що підвищують рухомість і легкоукладність бетонної суміші практично без застосування вібрації, то при улаштуванні горизонтальних поверхонь, здебільшого в приміщеннях великої площі (наприклад, підземні приміщення для стоянок автомобілів, розташування комунікації і т.п.) виникає потреба застосовувати жорсткі суміші, ущільнення яких без використання вібрації не забезпечить високої якості виробів. Існуючі площадкові вібратори, віброрейки мають малогабаритні розміри по довжині. Тому дослідження та створення вібропристроїв значної довжини (3...10 м) є задачею актуальною.

Аналіз попередніх досліджень. Конструктивно найбільш розвинена схема (рис.1), яка представляє собою дві балки 1, на яких закріплено вібратор 2, а з'єднуються між собою балки стяжкою 6. Вимикач 5 встановлений на гумовій пластині 4. Коли довжина віброрейки має довжину $l > 1,5$, то встановлюють два вібратора. Переміщують віброрейку рукоятками 3.

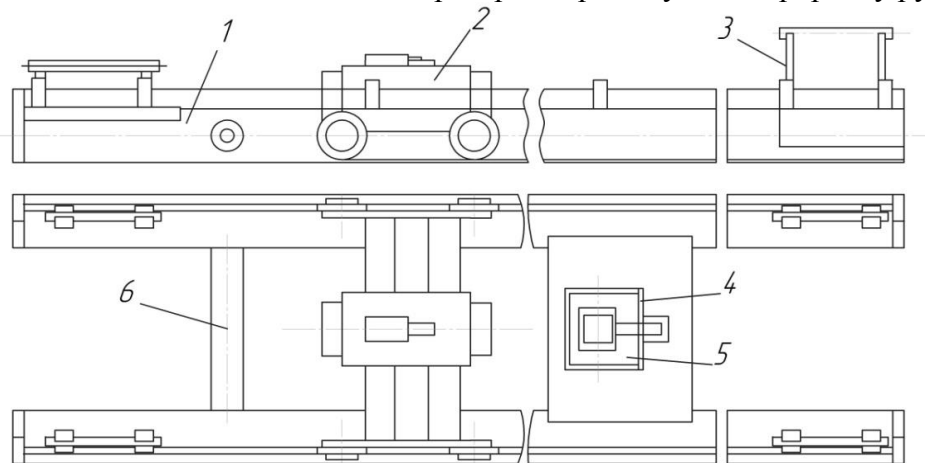


Рисунок 1. Віброрейка.

Технічна характеристика

Частота,	280
Тип вібратора	ІВ-21
Ширина оброблюваної бетонної смуги, м	0,6
Встановлена потужність, кВт	0,6
Маса, кг	85

На рис.2 наведена конструкція поверхневого вібропристрою фірми TREMIX.

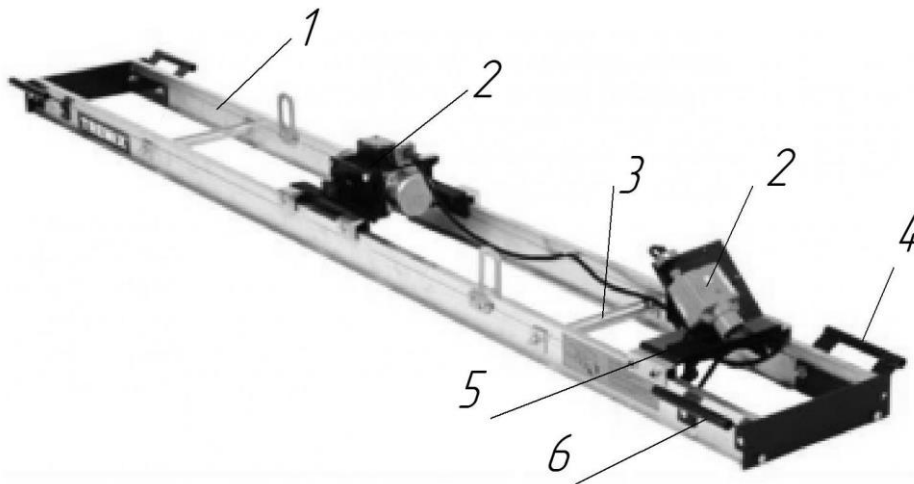


Рисунок 2. Вібропристрій фірми TREMIX.

Поверхневий вібратор TREMIX S100 2 з рамою 1 довжиною від 3 до 6 метрів використовується для більшості типів бетонних полів і основ. Глибина ущільнення складає 100-150 мм (цей показник залежить від консистенції бетону і довжини рами).

Основні частини рами – це дві секції висотою 100мм з легкого металевого сплаву. Стандартні довжини рами – 3,2; 4,2; 5,2; 6,2 метрів. Рама оснащена діагональними зв'язками 3, що забезпечують жорсткість конструкції, а також натяжним пристроєм 5, який не дає рамі вигинатись по довжині. На кінці рами є гвинти 6, які регулюють натяг секції та рукоятки 4 для переміщення вібропристрою.

Технічні характеристики вібратора S100 ME і MP

Відстань між секціями, мм	300
Тип двигуна вібратор	TREMIX 3001/5
Висота профіля секції рами, мм	100
Номінальна напруга, В	380/220
Стандартні довжини, м	3,2; 4,2; 5,2; 6,2
Тип струму	3-х фазний, 50 Гц
Номінальна потужність, Вт	450
Частота вібрації, Гц	47,5

Подібну конструкцію мають і інші фірми.

Методика та результати досліджень. До конструкцій вібропристроїв вимоги відомі [1,2]. Це забезпечення жорсткості рейок, рівномірний розподіл амплітуд коливань по довжині віброрейки, реалізація заданих режимів ущільнення. Однак, аналіз літературних джерел засвідчує, що згадані вимоги досягаються далеко не на всіх конструкціях. Так наведені дослідження на віброрейці (рис.3) та їх результати підтверджують складність розподілу амплітуд коливань по довжині віброрейки (рис.4).

У згаданих дослідженнях вібратори 2 (рис.3, а) встановлювалися на різних відстанях один від одного на брусах 1: $l=450-480$ мм, $l=580-640$ мм, $l=180-800$ мм. Обертання роторів змінювалось відповідно до прийнятої схеми (рис.3, б).

Процес дослідження роботи віброрейки здійснювався при ущільненні жорсткої будівельної суміші. Амплітуда коливань вимірювалась по довжині балки віброрейки в 4-5.

При всіх можливих напрямках обертання дебалансів (див. рис.4) спостерігалась подібна картина: по кінцях бруса амплітуда була більша, ніж у середині, причому різниця

була більшою в два рази (криві 1, 3).

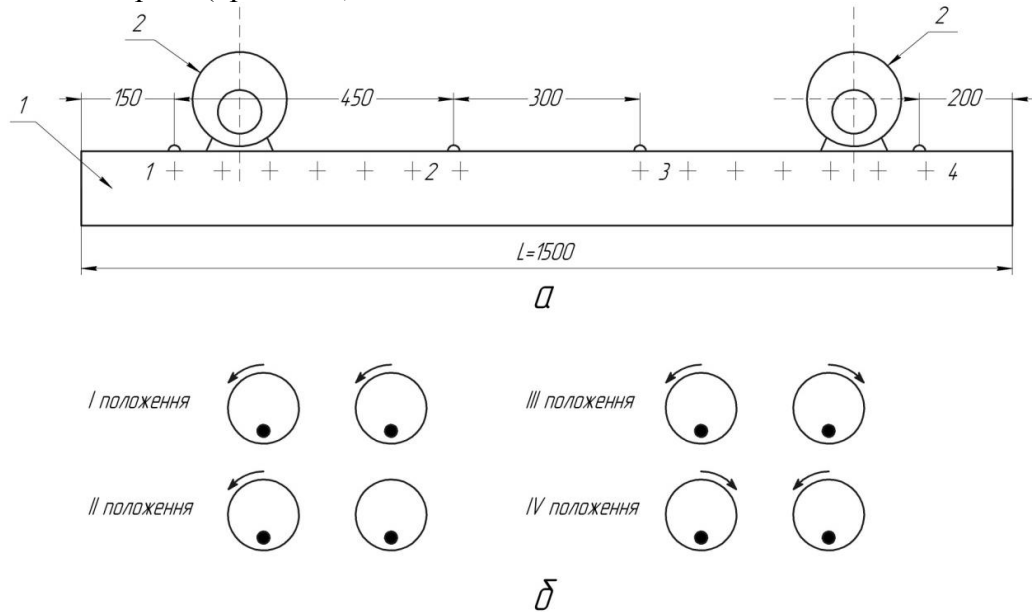


Рисунок 3. Віброрейки: а – схема розміщення вібраторів И-7 та точки, де вимірювалась амплітуда; б – положення дебалансів та напрями їх обертання.

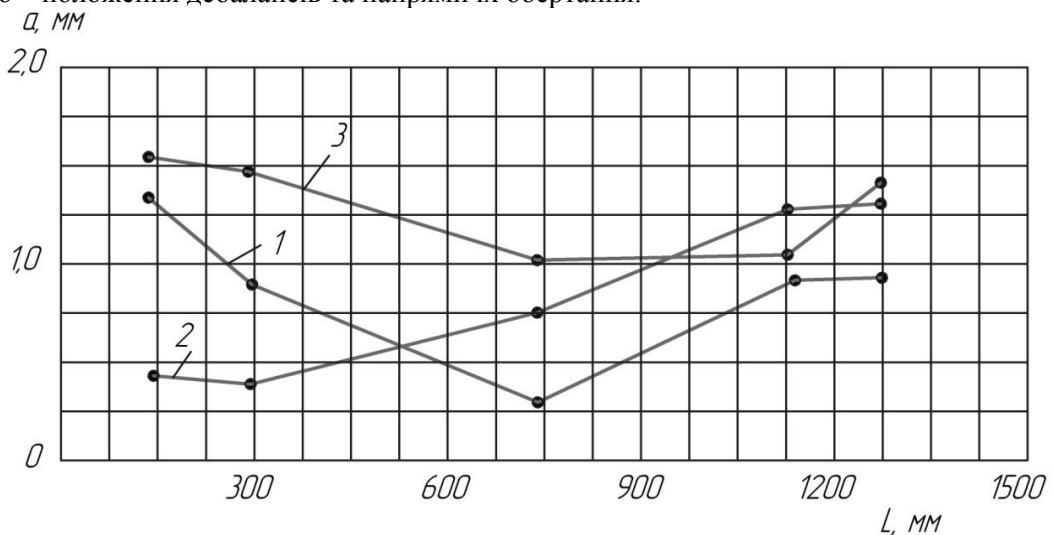


Рисунок 4. Розподіл амплітуди A по довжині бруса L з розміщенням вібраторів на відстані $l=450$ мм: 1 – обертання дебалансів проти годинникової стрілки; 2 – обертається один дебаланс, другий нерухомий; 3 – обертання дебалансів у різні сторони.

При раптовому вмиканні одного з вібраторів чи при запуску одного з них, режим коливань балки змінювався. Із рис.4 видно, що відбувається різке зменшення амплітуди коливань балки, із збільшенням відстані від вібратора, чого не повинно бути при роботі двох вібраторів, тим більше при їх синхронній роботі.

Очевидно, що важливим аспектом коливань вібраційних брусів є розміщення вібраторів, яке не можна робити довільно, без врахування жорсткості робочого органу. При недостатній жорсткості вібробруса амплітуда коливань розподіляється по довжині нерівномірно, найчастіше вона в середині менше, ніж на кінцях. Це приводить до відриву кінців бруса від оброблюваного середовища.

Так, наприклад, виявлено, що амплітуда коливань вібропристрою при ущільненні бетонної суміші була в середині 0,3 мм, а по краях 0,5 мм. Вплив на бетонну суміш по довжині виявився неоднаковим (табл.1), що і зафіксовано спеціальними датчиками, закладеними в бетонній суміші на різній глибині по краях і в середині масиву, що



ущільнюється. Нерівномірність впливу підсилюється зі збільшенням частоти вимушених коливань; при $f=100$ Гц і більше різниця в амплітудах по краях, наприклад, досягла майже триразового збільшення (табл.2). Очевидно, що жорсткість бруса була недостатньою, що особливо виявилось при більш високих частотах коливань.

Таблиця 1

Зміна тисків у бетонній суміші при роботі вібраційного бруса

№ виміру	Частота коливань бруса, Гц	Показання датчика тиску,		Водоцементне відношення
		під краєм бруса	під серединою бруса	
при глибині 15 см				
1	46	1,20	1,58	0,45
2	46	1,32	1,58	0,45
3	50	1,20	1,70	0,50
при глибині 30 см				
4	52	0,70	1,32	0,50
5	52	1,05	1,32	0,50

Таблиця 2

Зміна амплітуди коливань і прискорень віброуючого бруса по довжині

Частота, Гц	Середня амплітуда, мм			Середнє прискорення,		
	лівого кінця бруса	середини бруса	правого кінця бруса	лівого кінця бруса	середини бруса	правого кінця бруса
35	0,21	0,14	0,19	10,16	6,77	9,19
55	0,19	0,16	0,25	22,60	19,10	29,76
75	0,22	0,11	0,25	48,90	24,45	55,58
100	0,27	0,09	0,32	106,50	36,50	126,00
114	0,29	0,11	0,33	148,50	56,30	169,00

У цих умовах амплітуда коливань у всіх випадках розподілялась по довжині рівномірно, розміщення вібраторів на різних відстанях один від іншого не робило істотного впливу.

Цього не можна сказати у випадку, коли вібраційні бруси знаходяться на бетонній суміші, коефіцієнт опору якої не дорівнює нулю.

Амплітуда вимушених коливань у багатьох випадках розподілялася нерівномірно, як правило, у середині вона мала, а по краях більше. Особливо великою була розбіжність, коли вібратори встановлювалися на відстані $l=700$ мм; при $l=460$ мм розбіжність була менше, але залишалася значною. Основною причиною такого явища варто вважати недостатню жорсткість брусів.

Проведений аналіз та оцінка попередніх досліджень засвідчує, що вирішення проблеми забезпечення заданих режимів роботи вібропристрою значної довжини потребує оцінки взаємодії робочого органу пристрою із бетонною сумішшю на основі детального визначення моделі змішаної системи «вібробрус – суміш». Також потребує окремого аналізу процес переміщення вібропристрою під час вібрування суміші, оскільки це важливо з двох точок зору: наявності спеціальної форми передньої кромки того бруса, що є переднім при переміщенні пристрою для уникнення наявності розшарування суміші та умовного часу вібрування суміші в режимі пристрою на окремій ділянці, тобто визначити швидкість переміщення від v_0 до v_p – раціональне значення швидкості, за якою відсутнє розшарування та необхідна щільність. Важливим аспектом є також відстань між двома

балками (брусами), яка має бути узгоджена не з точки зору опорної поверхні для вібратора, а з часом ущільнення зони під брусами.

Для встановлення режимів коливань вібропристрою (до резонансного або за резонансного) визначається частота власних коливань вібропристрою. Так частота власних коливань балки, що лежить на пружній основі, може бути визначена за формулою:

$$\omega_{\text{в}} = \sqrt{\omega_{0\text{в}}^2 + \frac{c_0}{m_0}}, \quad (1)$$

де $\omega_{0\text{в}}$ - частота власних коливань вільно лежачої балки;

$\frac{c_0}{m_0}$ - квадрат частоти вільних коливань маси m_0 , що лежить на основі, яка має коефіцієнт пружності c_0 .

Частота власних коливань балки визначається за формулою:

$$\omega_{0\text{в}} = \frac{\alpha_n^2}{l^2} \sqrt{\frac{EJ}{m'}}, \quad (2)$$

де E - модуль пружності, н/м²;

J - момент інерції перетину балки щодо осі, перпендикулярної до площини вигину, м⁴;

l - довжина балки, м;

m - маса одиниці довжини балки, кг/м.

Максимально допустимий крок між вібраторами [4]:

$$l_{\text{max}} = 3 \sqrt[4]{\frac{EJ}{\rho \omega^2}}, \quad (3)$$

де ρ - погона щільність,

ω - кутова частота вимушених коливань.

Самосинхронізація двох вібраторів забезпечується виконанням наступної умови [4]:

$$(\lambda^2 - 1) \cos(\alpha_1 - \alpha_2) \gg 0, \quad (4)$$

де λ - співвідношення власних $\omega_{\text{в}}$ до вимушених ω коливань вібропристрою;

α_1, α_2 - фази коливань першого і другого вібраторів відповідно.

Умова [4] забезпечує стійкість роботи вібропристрою за передумов:

$$\alpha_1 - \alpha_2 = \text{const}; \omega_{\text{в}} > \omega \quad (5)$$

Приведені залежності (1)...(5) потребують уточнення та перевірки моделі «робочий орган – суміш», оскільки в процесі формування горизонтальних поверхонь змінює свої реологічні властивості, які можуть вплинути на визначення числових параметрів робочого процесу.

Висновки.

1. Виявлені конструктивні параметри, умови синхронізації вібраторів та стабілізації вібропристроїв для формування горизонтальних поверхонь.
2. Потребує уточнення фізичної та математичної моделі системи «робочий орган – ущільнююча суміш» з урахуванням суттєвої зміни реологічних параметрів суміші в процесі її обробки.

Література

1. Савинов О.А. Теория и методы вибрационного формирования железобетонных изделий / О.А. Савинов, Е.В. Лавринович. – Л.: Стройиздат, 1972. – 153с.
2. Руденко И.Ф. Формование изделий поверхностными виброштампами / И.Ф.Руденко. М.: Стройиздат, 1972. – 165с.
3. Гарнец В.М. Прогресивні бетоноформуєчі агрегати та комплекси / В.М. Гарнец. – К.: Будівельник, 1991. – 144с.
4. Блехман И.И. Синхронизация в природе и технике / И.И. Блехман. – М.:Наука, 1981. – 352с.