



УДК 666.97

## АНАЛІЗ ДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГЛИБИННИХ ВІБРАТОРІВ

В. Б. Яковенко, О.О. Іщенко

Київський національний університет будівництва і архітектури,  
03680, Повітрофлотський просп., 31, Київ, Україна, e-mail: vyakoven@gmail.com

**АНОТАЦІЯ.** Виконаний аналіз динамічних параметрів глибинних вібраторів на основі розгляду існуючих конструкцій. Запропонована методика вибору критеріїв ефективності. Визначені параметри оптимального глибинного вібратора.

**Ключові слова.** Динамічні параметри, амплітуда коливань, діаметр ущільнення.

## АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГЛУБИННЫХ ВИБРАТОРОВ

В.Б. Яковенко\*, А.А. Ищенко

Киевский национальный университет строительства и архитектуры,  
03680, Воздухофлотский просп., 31, Киев, Украина, e-mail: vyakoven@gmail.com

**АННОТАЦИЯ.** Выполненный анализ динамических параметров глубинных вибраторов на основе рассмотрения существующих конструкций. Предложенная методика выбора критериев эффективности. Определены параметры оптимального глубинного вибратора.

**Ключевые слова.** Динамические параметры, амплитуда колебаний, диаметр уплотнения.

## DYNAMIC PARAMETERS ANALYSIS OF DEEP VIBRATORS

V.B. Yakovenko\*, O.O. Ishchenko

Kyiv National University of Construction and Architecture  
03680, Povitroflotsky av.31, Kyiv, Ukraine, e-mail: vyakoven@gmail.com

**ABSTRACT.** The analysis of dynamic parameters of deep vibrators on the basis of consideration of existing constructions is carried out. The methodology for the selection of efficiency criteria is proposed. The parameters of the optimal deep vibrator are determined.

**Key words.** Dynamic parameters, amplitude, the diameter of the seal.

**Постановка задачі дослідження.** Глибинні вібромашини являють собою малогабаритні вібраційні механізми які використовуються для ущільнення бетонних або яких-небудь інших сумішей. Вони мають вигляд ручного інструменту, який приводиться в коливальний рух, рідше закріпленні на різних пристроях (підвісні вібратори). Конструктивно глибинні вібромашини складаються з робочого органа, вібробуджувача та привода. Робочим органом, що занурюється в суміш, може бути: циліндричний корпус, який інколи має оребріння, жорстка плита, просторова конструкція. Вібробуджувачі бувають дебалансні і планетарні, а приводи – електромеханічні та пневматичні. За способом керування віброущільнювачі поділяються на ручні та підвісні. Найбільшими в світі виробниками глибинних вібраторів є такі фірми: «Tremix» (Швеція), «Wacker» (Німеччина), «Weber» (Німеччина), «Mikasa» (Японія), «Красный Маяк» (Росія).

**Виклад основного матеріалу.** При перемішуванні і укладанні бетонної суміші повітря все одно потрапляє до неї, то доводиться його чимось видаляти. Найефективніше повітря виходить при вібрації, при цьому також відбувається більш рівномірний розподіл наповнювача, бетон стає більш щільним і однорідним при цьому зростає його плинність і міцність. За рахунок видалення повітря і водяних кишень поліпшується зчеплення бетону з арматурою.

Є два види глибинних вібраторів:

– ручні (портативні) з вбудованим електродвигуном. У них невелика маса, довжина шланга і вібронаконечника може бути від 1 м до 2,5 метрів. Ціни на цей вид устаткування невисокі. Але є моделі, які оснащені шлангом відразу, причому їх вартість не набагато вища: Sturm CV71101 в базовій комплектації оснащений віброшлангом з наконечником загальною довжиною 1 м.

– переносні бетонні вібратори з гнучким валом і булавою. Вони в основному продаються окремо - моторний блок, до якого докуповується гнучкий вал і наконечник потрібного розміру.

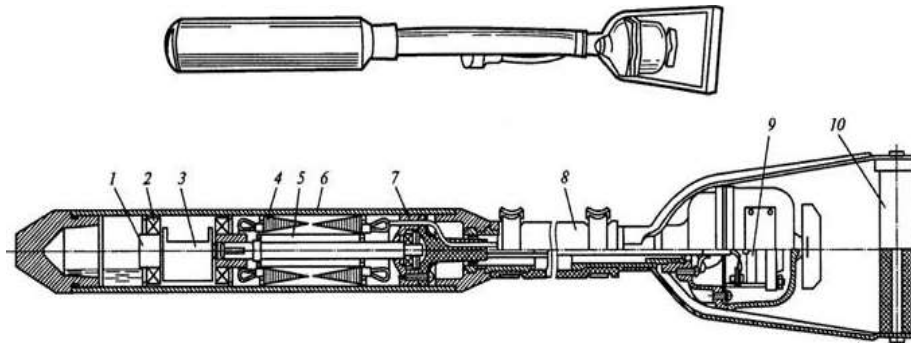


Рис. 1. – Ручний електромеханічний глибинний вібратор з вбудованим електродвигуном  
 1 – дебалансний вал; 2 – підшипники; 3 – дебаланс; 4 – асинхронний електродвигун; 5 – коротко замкнутий ротор; 6 – циліндричний корпус; 7 – підшипниковий вузол; 8 – резино тканинний рукав; 9 – вимикач; 10 – ручка.

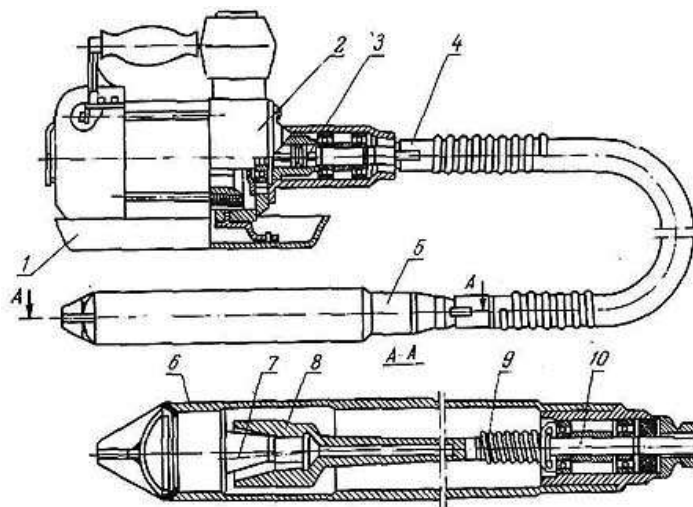


Рис. 2. – Ручний електромеханічний глибинний вібратор з гнучким валом:  
 1 – площадка; 2 – електродвигун; 3 – кулачкова муфта; 4 – гнучкий вал; 5 – вібронаконечник; 6 – корпус; 7 – дорожка; 8 – бігунок; 9 – муфта; 10 – шпіндель

Ручні глибинні вібратори складаються з міцного герметичного корпусу, в якому укладений електромотор відносно невеликої потужності - до 1 кВт. Цей двигун асинхронного типу, до нього приєднані дебаланси, які і створюють коливання. Робоча частина - наконечник або булава з'єднана з корпусом прогумованим рукавом, через який проходить кабель. Створювані двигуном коливання передаються в наконечник.

Маса такого пристрою 6-10 кг. Працювати їм можна при не дуже великих обсягах: вони мають не дуже велику потужність і відповідно невеликий радіус дії.

Другий тип глибинних вібраторів складається з мотора, гнучкого валу і робочого вібронаконечника. На відміну від попереднього варіанту мотор стоїть нерухомо, а коливання передаються через гнучкий вал. У цьому випадку важливим параметром є довжина валу, так як вона обмежує свободу переміщень, а також глибину занурення булави. Для ущільнення



бетону в фундаментах невеликих споруд досить довжини вала 4 м, а для більш габаритних краще брати 6-10 метрів.

Нижче наведені технічні параметри деяких з найрозповсюдженіших на вітчизняному просторі глибинних вібраторів (табл. 1).

Важливими характеристиками глибинних вібраторів для бетону є:

– діаметр ущільнення - це та зона, в якій поширюються коливання. Чим вона більша, тим швидше відбувається ущільнення і менше рухів потрібно для досягнення результату.

– частота і амплітуда коливань. Чим більше ці показники, тим активніше і швидше відбувається витіснення повітря. Але ще частота коливань підбирається залежно від типу бетону:

– для дрібнозернистих бетонних сумішей використовують високочастотні вібратори від 10000 до 20000 кол / хв;

– для середньозернистих - середньочастотні - від 3500 до 9000 кол / хв;

– для крупнозернистого бетону потрібні низькочастотні моделі з частотою коливань до 3500 кол / хв.

– параметри робочої частини - булави. Вони вибираються так, щоб при зануренні відстань від булави до осередків арматурного каркаса було не менше 1/3 діаметра.

Так як для заливки фундаментів використовують в основному дрібнозернисті бетони, то частота коливань повинна бути вище 10000 кол / хв.

Табл. 1. Технічні параметри деяких глибинних вібраторів

Технічні параметри	Глибинні вібратори											
	Wacker Neuson Iren 30	ИБ-75	ИБ-102А	ЭП-1400	ENAR Spyder	NTC Storm	DYNAPAC Racoon	JCV-60	ENAR Avmu	ENAR Dingo	Wacker Neuson HMS	Technoflex Sangla
Номинальна споживана потужність електродвигуна $P$ , кВт	0,2	0,75	0,75	1,4	1,5	1,5	2	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3
Частота обертання $n$ , об/хв	12000	18780	12000	3000	12000	16000	12000	3450	18000	18000	16500	18000
Номинальна напруга $U$ , В	220	220	42	220	220	220	220	220	220	220	220	220
Номинальна частота струму, Гц	50	50	200	50	50	50	50	50	50	50	50	50
Зовнішній діаметр вібронаконечника $d$ , мм	30	38	75	76	58	50	59	60	58	58	65	60
Довжина вібронаконечника $l$ , мм	353	415	440	406	430	400	306	445	410	410	385	575
Частота коливань $\nu$ , Гц	12000	19800	12000	18000	12000	18000	12000	14000	12500	12000	16500	12000
Довжина гнучкого вала $L$ , м	5	3	0,8	6	6	4	4	6	6	5	9	5
Продуктивність $P$ , м <sup>3</sup> /год	3,5	4	10	16,5	8,3	6	6,5	9,5	8,5	8,5	11	12
Маса глибинного вібратора $m$ , кг	11,3	21,9	15	37	16,95	13,7	14,9	25,6	18	16,5	32,6	24,9
Вартість $C$ , грн	9817	2300	2835	5300	16700	6100	6000	6700	7150	6800	8000	4200

Критерій  $K_1$  є відношенням потужності машини до маси, він показує потужність одиниці ваги машини, необхідно збільшувати цей критерій шляхом зменшення ваги та збільшення потужності.

$$K_1 = \frac{N}{m}$$

Критерій  $K_2$  є відношенням продуктивності машини до маси, він показує продуктивність одиниці ваги машини, необхідно збільшувати цей критерій шляхом зменшення ваги та збільшення продуктивності.

$$K_2 = \frac{\Pi}{m}$$

Критерій  $K_3$  є відношенням вартості машини до потужності, збільшення цього критерію показує, що до складу машини входять деталі високої якості.

$$K_3 = \frac{C}{N};$$

Критерій  $K_4$  є відношенням частоти коливань машини до потужності, є важливою характеристикою для вибору оптимального режиму вібрування, збільшення цього критерію відповідає більш якісному вібруванню.

$$K_4 = \frac{V}{N}$$

Критерій  $K_5$  є відношенням продуктивності машини до об'єму булави, він показує продуктивність одиниці об'єму машини, необхідно збільшувати цей критерій шляхом зменшення об'єму та збільшення продуктивності.

$$K_5 = \frac{4 \cdot \Pi}{\pi \cdot d^2 \cdot l}$$

Критерій  $K_6$  є відношенням частоти коливань булави до її об'єму, є важливою характеристикою для вибору оптимального режиму вібрування, збільшення цього критерію відповідає більш якісному вібруванню.

$$K_6 = \frac{4 \cdot v}{\pi \cdot d^2 \cdot l}$$

Нижче приведені позначення, аналітичний вираз, розмірність і бажаний напрям зміни критеріїв.

Табл. 2. Позначення, зміст і розмірність вибраних критеріїв ефективності

Параметр	Аналітичний вираз	Розмірність	Необхідний вплив критерію на машину
$K_1$	$\frac{N}{m}$	кВт/кг	$K_1 \rightarrow \max$
$K_2$	$\frac{\Pi}{m}$	$m^3/кг \cdot год$	$K_2 \rightarrow \max$
$K_3$	$\frac{C}{N}$	грн/кВт	$K_3 \rightarrow \max$
$K_4$	$\frac{V}{N}$	$1/об \cdot кВт$	$K_4 \rightarrow \max$
$K_5$	$\frac{4 \cdot \Pi}{\pi \cdot d^2 \cdot l}$	1/год	$K_5 \rightarrow \max$
$K_6$	$\frac{4 \cdot v}{\pi \cdot d^2 \cdot l}$	$\frac{кол}{хв \cdot мм^3}$	$K_6 \rightarrow \max$

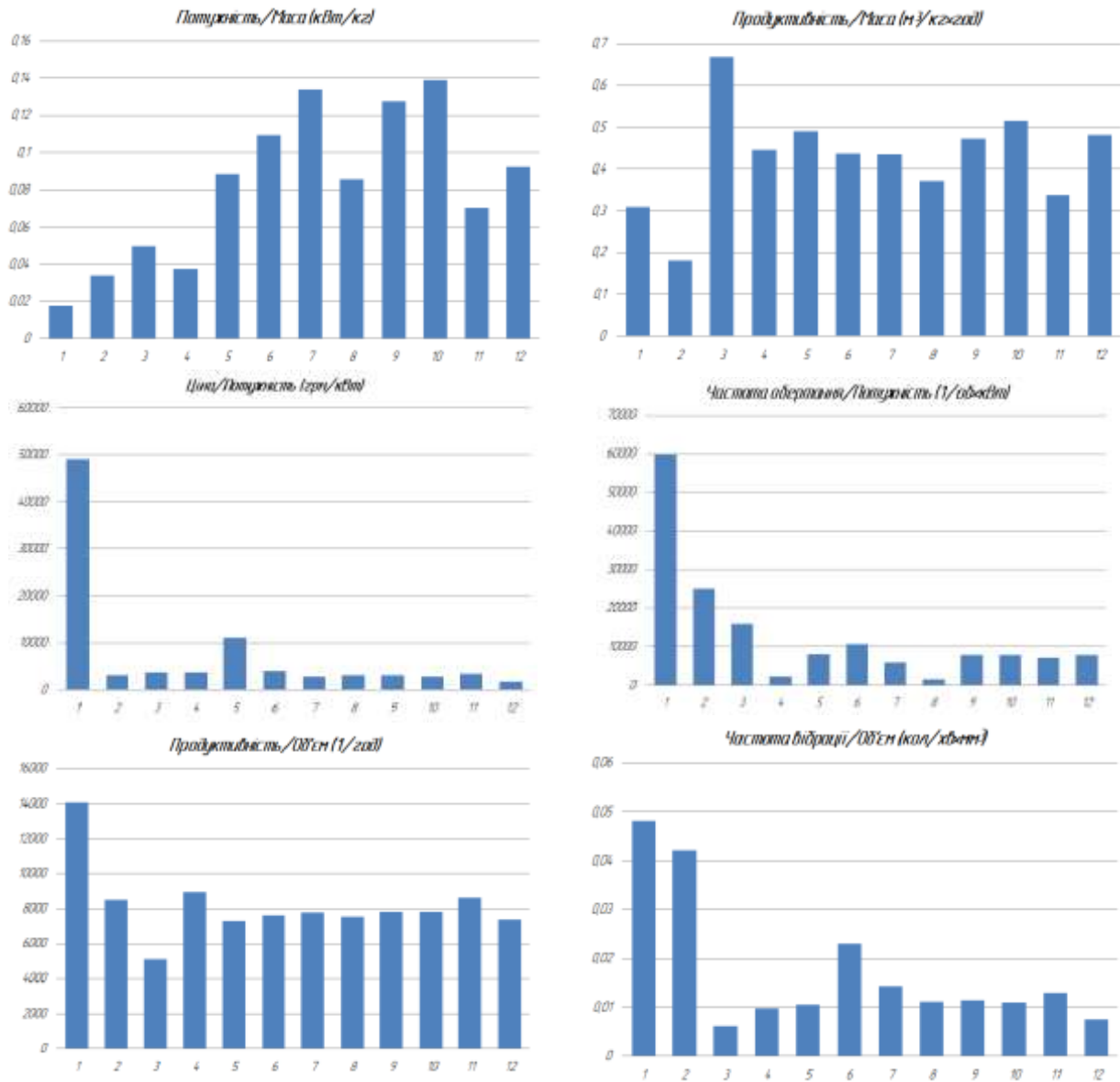


Рис. 3. Гістограми критеріїв ефективності глибоких вібраторів

## Висновки

Виходячи із гістограм критеріїв ефективності, можна зробити такі висновки:

- за критерієм найкращим є глибокий вібратор Enar DINGO (Іспанія);
- за критерієм К2 найкращим є глибокий вібратор ИВ -75 (Росія);
- за критеріями К3, К4, К5, К6 найкращим є глибокий вібратор Wacker Neuson IREN 30 (Німеччина).

Таким чином, за комплексом наведених критеріїв найкращим глибоким вібратором є вібратор №1 - Wacker Neuson IREN 30.

## Література

1. Назаренко І.І. Машини для виробництва будівельних матеріалів. Підручник / І.І. Назаренко – К.: КНУБА, 1999. – 488 с.
2. Бауман В.А. Вибрационные мшины в строительстве и производстве строительных материалов. Справочник / Под ред. В.А. Баумана, И.И. Быховского, Б.Г. Гольдштейна. – М.: Машиностроение, 1970. – 450 с.

3. *Научно-технический отчет по теме: «Создание вибраторов с улучшенными технико-экономическими характеристиками» (заключительный отчет), Тема II-85.* – Химки.: Объединение «ВНИИСМИ», 1987. – 55 с.
4. *Чубук Ю.Ф.* Вибрационные машины для уплотнения бетонных смесей / Ю.Ф. Чубук, И.И. Назаренко, В.Н. Гарнец. – К.: Вища школа. Головное изд-во, 1985. – 168 с.
5. *Яковенко В.Б.* Моделирование и расчет вибрационных систем. Учеб пособие / В.Б. Яковенко – К.: УМК ВО, 1988. – 232 с.
6. *Сивко В.Й.* Механічне устаткування підприємств будівельних виробів: Підручник./ В.Й. Сивко. – К.: ІСДО, 1994. – 359 с.
7. *Назаренко І.І.* Прикладні задачі теорії вібраційних систем: Підручник / К.: Вид. дім «Слово», 2010. – 437 с.

## References

1. Nazarenko, I.I. (1999). *Mashyny dlya vyrobnystva budivel'nykh materialiv. Pidruchnyk [Machines for the production of building materials. Textbook]*. Kyiv: KNUCA, 488. – (in Ukrainian)
2. Bauman, V.A., Bykhovsky, Y.Y., Hol'dshteyn, B.G. (1970). *Vybratsyonnye mshyny v stroytel'stve y proyzvodstve stroytel'nykh materiyalov. Spravochnyk [Vibrating moschins in the construction and production of building materials. Reference]*. Moscow: Mashynostroenye, 450. – (in Russian)
3. *Nauchno-tekhnycheskyy otchet po teme: «Sozdanye vybratorov s uluchshennymy tekhniko-ekonomycheskymy kharakterystykamy» (zaklyuchitel'nyy otchet), Tema II-85 [Scientific and technical report on the topic: "Creation of vibrators with improved technical and economic characteristics" (final report), Theme II-85]*. (1987). – Khymky: VNYYSMY, 55. – (in Russian)
4. Chubuk, U.F., Nazarenko, I.I., Garnets, V.N. (1985). *Vybratsyonnye mashyny dlya uplotnenyya betonnykh smesey [Vibrating machines for sealing concrete mixtures]*. Kyiv: Vyshcha shkola, 168. – (in Russian)
5. Yakovenko, V.B. (1998). *Modelyrovanye y raschet vybratsyonnykh system. Ucheb posobyе [Modeling and calculation of vibration systems. Textbook]*. Kyiv: UMK VO, 232. – (in Russian)
6. Sivko, V.Y. (1994). *Mekhanichne ustatkuvannya pidpryemstv budivel'nykh vyrobiv: Pidruchnyk [Mechanical equipment of construction products enterprises: Textbook]*. Kyiv: ISDO, 359. – (in Ukrainian)
7. Nazarenko, I.I. (2010). *Prykladni zadachi teoriyi vibratsiynykh system: Pidruchnyk [Applied problems of the theory of vibration systems: Textbook]*. Kyiv: Vyd. dim «Slovo», 437. – (in Ukrainian)

Надійшло до редакції 12.04.2016 р.

Рецензент: д.т.н., проф. Кузьминець М.П.