

*М.П. Нестеренко, д.т.н., доцент
В.С. Білецький, д.т.н., професор
О.В. Семко, д.т.н., професор*

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ОЦІНКА КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ЯКОСТЕЙ ВІБРАЦІЙНИХ МАШИН ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ

Наведено короткий опис розроблених у ПолтНТУ віброплощадок і порівняння їхніх споживчих якостей з найбільш поширеними вібромашинами як за питомими показниками енерго- та металоємності, динамічності, так і за допомогою безрозмірного комплексного параметра.

Ключові слова: *вібраційна машина; питомі показники енерго-, металоємності, динамічності; безрозмірний комплексний параметр.*

*М.П. Нестеренко, д.т.н., доцент
В.С. Білецький, д.т.н., професор
А.В. Семко, д.т.н., професор*

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

ОЦЕНКА КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ ВИБРАЦИОННЫХ МАШИН ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Представлено краткое описание разработанных в ПолтНТУ виброплощадок и сравнение их потребительских качеств с наиболее распространенными вибромашинами как по удельным показателям энерго- и металлоемкости, динамичности, так и с помощью безразмерного комплексного параметра.

Ключевые слова: *вибрационная машина; удельные показатели энерго-, металлоемкости, динамичности; безразмерный комплексный параметр.*

*M. Nesterenko, ScD, Associate Professor
V. Biletskyy, ScD, Professor
O. Semko, ScD, Professor*

Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University

EVALUATION THE CONSTRUCTIVE AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS AND PERFORMANCE OF VIBRATION MACHINES FOR FORMING CONCRETE PRODUCTS

A brief description of the developed PoltNTU vibrating platforvs and a comparison of consumer qualities of the most common vibration machines as on specific indicators of energy, metal, dynamic, and with the help of the dimensionless complex parameter.

Keywords: *vibrating machine; specific indicators of energy, metal, dynamic; dimensionless complex parameter.*

Вступ. У сучасних умовах будівництва залізобетонні вироби залишаються затребуваними. Промисловістю України та країн СНД віброформувальне обладнання серійно не випускається, тому підприємства змушені самостійно його поповнювати в умовах дефіциту металу і комплектуючих виробів. На виробництві застосовується не виправдано велика кількість різнотипного обладнання, що пояснюється різними науковими концепціями вібраційної технології й ущільнення бетонних сумішей, що неодноразово мінялися, хоча вимоги до якості збірних залізобетонних виробів практично залишалися незмінними. Існуючий дефіцит вібраційних машин і невизначеність у виборі пріоритетних напрямів їхнього розвитку створюють на виробництві значні труднощі в технічному переоснащенні формувальних постів підприємств збірного залізобетону. Різноманіття використовуваних сьогодні вібраційних машин для формування однотипних залізобетонних виробів можна також пояснити недостовірною порівняльною оцінкою їхніх технічних, технологічних і експлуатаційних параметрів.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. У сучасному виробництві для формування залізобетонних виробів використовують вібраційні машини з гармонійними (круговими коливаннями у вертикальній площині, вертикально й горизонтально направленими коливаннями, просторовими коливаннями) та з ударно-вібраційними (на пружних прокладках, двомасові з горизонтальними чи вертикальними направленими коливаннями) рухами робочого органа [1, 2].

Широко розповсюджені також розроблені у ПолтНТУ вібраційні площадки з просторовим рухом робочого органа [3 – 5]. Уніфікований ряд низькочастотних (24 Гц) віброплощадок типу ВПГ з просторовими коливаннями рухомої рами містить дев'ять типорозмірів вантажопідйомністю від 10 до 30 т для формування виробів розмірами від 1,5х6 до 3х12 м. Віброплощадки ВПГ мають дуже просту конструкцію з мінімумом комплектуючих виробів, вони економні за енергоспоживанням, надійні в експлуатації та можуть встановлюватися як у виробничих приміщеннях, так і на відкритих полігонах збірного залізобетону. Шляхом стикування по коротких торцях двох однакових віброплощадок їх максимальна вантажопідйомність може бути збільшена до 60 т, а розміри формованого виробу – до 3х24 т. Застосування віброплощадок типу ВПГ дозволяє якісно та продуктивно ущільнювати бетонні суміші рухливістю до 3 см при вільній установці форм на рухому раму, яка спирається на пружні гумометалеві опори і приводиться в коливальний рух одним потужним дебалансним віброзбуджувачем з вертикальним валом.

Віброплощадки типу ВПГ-2 з підвищеною технологічною ефективністю різняться наявністю двох віброзбуджувачів, що забезпечують рухомій рамі ефективні просторові коливання з частотою 26 – 30 Гц при більш рівномірному розподілі вертикальних амплітуд вібропереміщень за площею рухомої рами. Ці віброплощадки дозволяють якісно формувати вироби завдовжки 6,28; 7,2, 9 і до 12 м стандартної ширини при заклинюванні форм між жорсткими упорами. Рівень шуму при формуванні виробів не перевищує рівня, встановленого санітарними нормами.

Істотною відмінністю віброплощадок типу ВПГ і ВПГ-2 від інших вібромашин є те, що в сукупності вони забезпечують виготовлення всієї номенклатури збірних залізобетонних виробів: від дрібних до великогабаритних, від плоских до об'ємних. На базі уніфікованих вузлів цих вібромашин зручно створювати стаціонарні віброформи для номенклатури великогабаритних і об'ємних залізобетонних виробів, здійснювати модернізацію касетних та інших установок.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. Унаслідок різноманіття вібраційних машин, що використовуються для формування однотипних залізобетонних виробів, виробничникам важко орієнтуватися на сучасному ринку при

виборі необхідного обладнання. На сьогодні відсутня методика оцінювання конструктивно-технологічних параметрів вібраційних площадок й установок, яка б дозволяла оцінити споживчі якості машин різної конструкції як на стадії проектування, так і в процесі експлуатації, визначити їхній технічний рівень і конкурентоспроможність за сукупністю основних технічних параметрів.

Метою роботи є порівняння конструктивно-технологічних параметрів найбільш поширених віброплощадок і віброустановок для формування залізобетонних виробів як за питомими показниками енерго- та металоємності, динамічності, так і за допомогою безрозмірного комплексного параметра.

Основний матеріал і результати. Виходячи з мети роботи, проведемо аналіз конструкцій вібраційних машин, їхніх розрахункових схем (табл.1), із якого слідує, що існують два типи машин за конструкцією рам – блокові (№ 1, 2, 4, 7) та рамні (№ 3, 5, 6); за характером коливань робочого органа – із гармонійним рухом (№ 1, 5, 6, 7) та віброударним (№ 2, 3, 4); за напрямком коливань – із вертикальними (№ 1 – 4, 6, 7) та горизонтальними №5.

Таблиця 1. Типові конструкції віброплощадок та їхні розрахункові схеми

№ з/п	Індекс машини, країна	Конструктивна схема	Розрахункова схема
1	СМЖ-200Г (Росія)		
2	СМЖ-538А (Росія)		
3	СМЖ-773 (Росія)		
4	ВБ-20 (Україна)		
5	ВПГ-2x14 (Україна)		
6	SV-5 (Польща)		
7	32-2x5 (Німеччина)		

Таблиця 2. Порівняльний аналіз конструктивно-технологічних параметрів вібр машин

№ з/п	Індекс машини, країна	Характер коливань робочого органа	Вантажопідйомність Q , т	Енергоємність $k = P/Q$, кВт/т	Металоємність $K = m/Q$	Амплітуда коливань робочого органа x_0 , мм	Частота коливань робочого органа f , Гц	Прискорення a , в частках a/g
1	СМЖ-200Г (Росія)	вертикальні гармонійні	15	5,87	0,44	2.0-0,5	45	2-5
2	СМЖ-538А (Росія)	вертикальні ударно-вібраційні	18	2,44	0,42	0,8-1,0	24	2-2,5
3	СМЖ-773 (Росія)	те ж	20	2,2	0,43	1,5-2,5	25	2,5-3,5
4	ВБ-20 (Україна)	—	20	0,96	0,31	1,0	27	2,25
5	ВПГ-2х14 (Україна)	просторові гармонійні	25	1,1	0,39	0,8-1,0	24	2-2,5
6	SV-5 (Польща)	вертикальні гармонійні	16	2,0	0,44	0,2-0,3	58	2,3
7	32-2х5 (Німеччина)	вертикальні гармонійні	17	1,53	0,28	0,12	66	2

Як початкові критерії вибрані: енергетичний $k_E = P/Q$ (P – потужність, Q – вантажопідйомність); металоємність $k_M = m/Q$ (m – маса вібр машини) та критерій динамічності $k_a = a/g$ (a – прискорення робочого органа, g – прискорення вільного падіння).

За результатами розрахунків (табл. 2) побудовані гістограми (рис.1), із яких можна зробити такі (попередні) висновки:

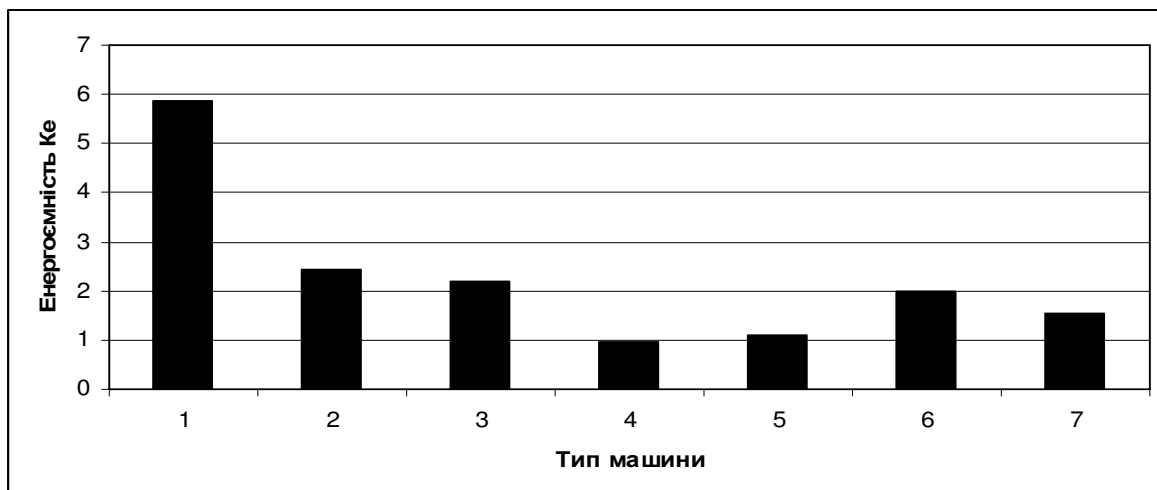
– загальний аналіз дозволяє стверджувати, що навіть за наявності прийнятих трьох критеріїв відсутня схема машини, яка б задовольняла їх усіх;

– з енергетичної точки зору найбільш ефективними є дві конструкції (№ 4, 5 (див. табл. 1 і 2), у котрих цей показник знаходиться в межах 1 – 1,3. Найбільш близькою за цим показником є конструкція № 3;

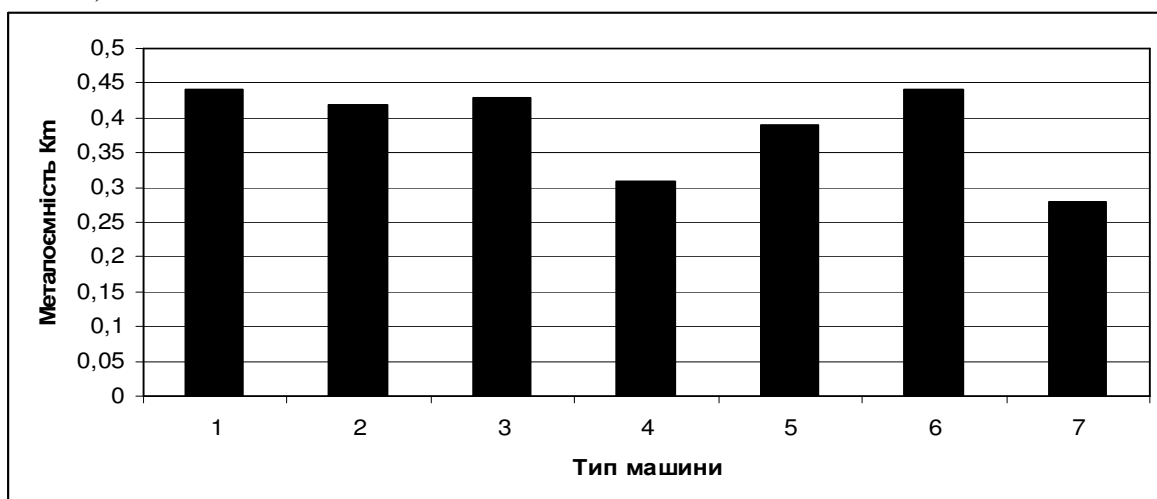
– за оцінкою металоємності є конструкції з найнижчими показниками, виконані за схемами № 4 і № 5. Слід зауважити, що металоємність є параметром невизначальним порівняно з двома останніми;

– за динамічністю найбільш високі показники належать схемам № 1 і № 3.

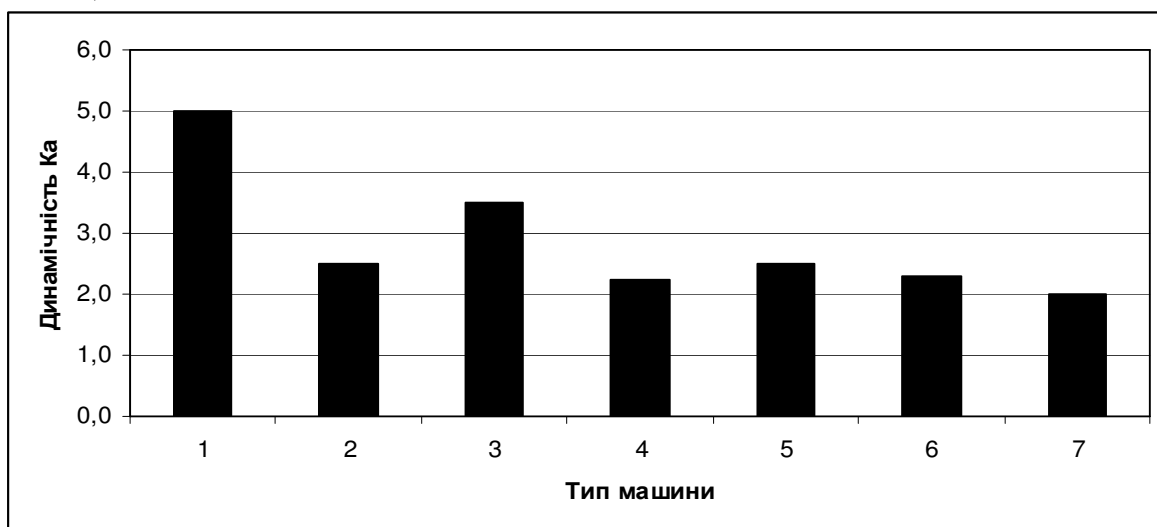
а)



б)



в)



**Рис. 1. Гістограми зміни критеріїв залежно від типу машини:
а – енергосміність; б – металосміність; в – динамічність**

За попередніми оцінками конструкцій вібраційних машин переваги належать схемі № 5 (див. табл. 1 і 2). Очевидно, що для більш об'єктивного оцінювання та обґрунтування схеми конкретної конструкції машини також доцільно додатково брати до уваги критерії надійності та часу ущільнення.

Конструктивні й технологічні параметри віброплощадок також легко оцінювати за методикою розрахунку, запропонованою в роботі [6]. Методика розрахунку, що ґрунтується на використанні безрозмірного комплексного параметра, дозволяє як на стадії проектування, так і в процесі експлуатації оцінити споживчі якості віброплощадок, їхній технічний рівень і конкурентоспроможність за такою формулою:

$$I = \frac{\sqrt{(ka_r f g \omega)^2 + (a_b^2 \omega^3)^2}}{N/Q} \cdot \frac{Q^2}{M_B M_{TM}} \cdot \frac{115 - L}{L} \cdot \frac{180}{t}, \quad (1)$$

де k – коефіцієнт, що враховує вплив дотичної складової амплітуди коливань бетонної суміші, приймається в межах 0,2...0,4 залежно від жорсткості бетонної суміші; f – коефіцієнт, що враховує тертя бетонної суміші по піддону форми ($f = 0,10...0,12$); g – прискорення вільного падіння; a_z і a_b – амплітуди відповідно горизонтальних і вертикальних вібропереміщень робочого органа; ω – кутова частота коливань, c^{-1} ; N – установлена потужність, кВт; Q – максимальна вантажопідйомність віброплощадки, т; M – маса віброплощадки, т; M_ϕ – маса фундаменту віброплощадки, т; L – фактичний еквівалентний рівень звука, дБА; t – сумарна тривалість включень віброплощадки за час циклу формування однотипних виробів, с.

Таблиця 3. Порівняння експлуатаційних якостей найбільш поширених вібромашин за допомогою запропонованого безрозмірного комплексного параметра

Найменування параметрів та їхня розмірність	Значення параметрів для віброплощадок			
	СМЖ-538А	СМЖ-200Г	СМЖ-773	ВПГ-2М-07
Вантажопідйомність, т	18	15	20	16
Кутова частота коливань робочого органа, c^{-1}	152	300	152	188
Фактичний еквівалентний рівень звука, дБА	80	100	85	80
Амплітуда вібропереміщень робочого органа, м:				
по горизонталі	–	–	–	$0,60 \cdot 10^{-3}$
по вертикалі	$0,75 \cdot 10^{-3}$	$0,35 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$0,28 \cdot 10^{-3}$
Установлена потужність, кВт	44	88	50	37
Маса фундаменту, т	75	120	90	48
Сумарна тривалість увімкнення віброплощадки, с	180	90	180	180
Безрозмірний комплексний параметр	0,206	0,048	0,259	0,344

Використовуваний комплексний параметр включає чотири співмножники, що відповідно відбивають: ефективність використання енергетичних витрат, матеріалоемність віброплощадки з урахуванням маси фундаменту, відносні санітарно-гігієнічні умови праці за рівнем шуму на робочих місцях, технологічну ефективність вібромашини. Чим вищий безрозмірний комплексний параметр I , тим досконаліша

вібротомашина. У табл. 3 наведені результати порівняння за допомогою запропонованого безрозмірного комплексного параметра експлуатаційних якостей найбільш поширених на виробництві чотирьох віброплощадок для формування однотипних виробів із розмірами в плані 3,0×6,0 м. При цьому амплітуди вібропереміщень, зазначені в таблиці 1, відповідають режимам, прийнятим на практиці, що забезпечує працездатність цих вібротомашин і належну якість ущільнення бетонної суміші.

Безрозмірний комплексний параметр віброплощадки ВПГ-2М-07 вищий порівняно з віброплощадками: СМЖ-538А в 1,66 раза; СМЖ-200Г у 7,16 раза, СМЖ-773 – 1,33 раза.

Висновки:

1. Запропонована методика оцінювання експлуатаційних якостей віброплощадок за допомогою питомих показників енерго-, металоємності, динамічності та безрозмірного комплексного параметра дозволяє як на стадії проектування, так і в процесі експлуатації оцінити споживчі якості вібраційних машин різної конструкції, визначити їхній технічний рівень і конкурентоспроможність за сукупністю основних технічних параметрів.
2. Користуючись наведеною оцінкою найбільш поширених вібротомашин, виробникам буде легше орієнтуватися в різноманітті використовуваних нині вібраційних машин для формування однотипних залізобетонних виробів.

Література

1. *Механизация и автоматизация трудоемких процессов на предприятиях сборного железобетона / И.И. Назаренко, В.А. Пенчук, В.Н. Гарнец, Ф.Ф. Бондаренко. – К.: Будивельник, 1988. – 192 с.*
2. *Назаренко І.І. Вібраційні машини і процеси будівельної індустрії: навчальний посібник / І.І. Назаренко. – К.: КНУБА, 2007. – 230 с.*
3. *Нестеренко М.П. Вібраційні площадки з просторовими коливаннями для виготовлення залізобетонних виробів широкої номенклатури / М.П. Нестеренко // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2005. – Вип. 16. – С.177 – 181.*
4. *Нестеренко Н.П. Совершенствование виброплощадок для формирования многопустотных панелей перекрытий / Нестеренко Н.П. // Эффективные строительные материалы и конструкции, используемые при возведении зданий и сооружений: сб. научн. тр. – К.: УМК ВО, 1992. – С. 93 – 102.*
5. *Олехнович К.А. Виброплощадки для конвейерных линий / К.А. Олехнович, Ю.И. Виноградов, Н.П. Нестеренко // Бетон и железобетон. – 1991.– № 4. – С.18 – 19.*
6. *Нестеренко М.П. Класифікація та оцінка споживчих якостей сучасних вібраційних машин для формування залізобетонних виробів / М.П. Нестеренко // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2007. – Вип. 20. – С. 20 – 25.*
7. *Nesterenko M.P. Study of vibrations of plate of oscillation cassette setting as active working organ / M.P. Nesterenko, P.O. Molchanov // Conference reports materials «Problems of energ and nature use 2013» (Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, University of Tuzla, China University of Petroleum). – Budapest, 2014. – P. 146 – 151.*

Надійшла до редакції 26.12.2014

© М.П. Нестеренко, В.С. Білецький, О.В. Семко