

*М.П. Нестеренко, д.т.н., доцент
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

ПРОГРЕСИВНИЙ РОЗВИТОК ВІБРАЦІЙНИХ УСТАНОВОК З ПРОСТОРОВИМИ КОЛИВАННЯМИ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ

Наведено аналіз технологічних можливостей віброплощадок із одиночним дебалансним вібробуджувачем коливань розроблених КБ «Вібротехніка» ПолтНТУ. Відзначено, що дані віброплощадки не дозволяють формувати залізобетонні вироби складної конфігурації та вироби із жорстких бетонних сумішей. Викладено основні принципи конструювання сучасних вібраційних установок із просторовими коливаннями. Наведено короткий опис та аналіз розроблених у ПолтНТУ вібраційних установок рамного типу з просторовими коливаннями для формування залізобетонних лотків, багатопустотних панелей перекриттів, огорож, ліфтових кабін, залізобетонних кілець тощо. Запропоновані віброустановки в сукупності забезпечують випуск усієї сформованої номенклатури збірних залізобетонних виробів – від дрібних до великогабаритних, від плоских до об'ємних у будь-яких виробничих умовах заводів ЗБВ.

Ключові слова: бетонна суміш, вібраційна установка, вібробуджувач, просторові коливання, залізобетонні вироби.

*Н.П. Нестеренко, д.т.н., доцент
Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка*

ПРОГРЕССИВНОЕ РАЗВИТИЕ ВИБРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК С ПРОСТРАНСТВЕННЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Приведен анализ технологических возможностей виброплощадок с одиночным дебалансного вибровозбудителем колебаний разработанных КБ «Вибротехника» ПолтНТУ. Отмечено, что данные виброплощадки не позволяют формировать железобетонные изделия сложной конфигурации и изделия из жестких бетонных смесей. Изложены основные принципы конструирования современных вибрационных установок с пространственными колебаниями. Приведено краткое описание и анализ разработанных в ПолтНТУ вибрационных установок рамного типа с пространственными колебаниями для формирования железобетонных лотков, многопустотных панелей перекрытий, ограждений, лифтовых кабин, железобетонных колец и тому подобное. Предложенные виброустановки в совокупности обеспечивают выпуск всей сложившейся номенклатуры сборных железобетонных изделий – от мелких до крупногабаритных, от плоских до объемных в любых производственных условиях заводов ЖБИ.

Ключевые слова: бетонная смесь, вибрационная установка, вибровозбудитель, железобетонные изделия.

PROGRESSIVE DEVELOPMENT OF VIBRATION EQUIPMENT WITH SPATIAL OSCILLATIONS FOR FORMING CONCRETE PRODUCTS

Given the analysis of vibration platforms technological capabilities with a single unbalance vibration excitation developed on construction department "vibration technique" PoltNTU. It is noted that these vibration platform can't allow to form a complicated configuration concrete products and products from the rigid concrete mixtures. Expounded the basic principles of modern vibration units constructed with a spatial oscillations. Given a brief description and analysis developed in PoltNTU vibration frame type settings with a spatial oscillations for forming reinforced concrete chutes, multihollow overlaps panel, fences, elevator cabs, concrete rings and etc. Proposed vibration settings in aggregate provide produce of all formed nomenclature precast concrete products from small to large-sized, from flat to volumetric in any reinforced concrete plants production environment.

Keywords: concrete mixture, vibrating equipment, vibroexciter, the spatial oscillations, reinforced concrete products.

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.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. На виробництві застосовується не виправдано велика різноманітність такого обладнання [1, 2], що пояснюється різними науковими концепціями вібраційної технології й ущільнення бетонних сумішей, які 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.

Конструкторським бюро «Вібротехніка» ПолтНТУ кого національного технічного університету імені Юрія Кондратюка у різні роки розроблений уніфікований ряд низькочастотних (24 Гц) віброплощадок типу ВПГ із просторовими коливаннями рухливої рами (рис. 1) [3 – 7], який містить дев'ять типорозмірів вантажопідйомністю від 10 до 30 т для формування виробів розмірами у плані від 1,5×6 до 3×12 м. Віброплощадки ВПГ мають надзвичайно просту конструкцію з мінімумом комплектуючих виробів, вони економні за енергоспоживанням, надійні в експлуатації та можуть використовуватися як у виробничих приміщеннях, так і на відкритих полігонах збірного залізобетону. Шляхом стикування по коротких торцях двох однакових віброплощадок їхня максимальна вантажопідйомність може бути збільшена до 60 т, а розміри виробу – до 3×24 м. Віброплощадки випускалися підприємствами колишнього Радянського Союзу (ТУ 102-390-85 і ТУ 34-14-10947-85) по 20 – 60 штук на рік.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Застосування віброплощадок типу ВПГ дозволяє якісно й продуктивно ущільнювати бетонні суміші рухливістю 3 см і вище при вільній установці форм на рухливу раму, що опирається на пружні гумометалеві опори і приводиться у коливальний рух одним потужним дебалансним віброзбуджувачем із

вертикальним валом. Проте такі вібраційні площадки не дозволяють формувати залізобетонні вироби складної конфігурації та вироби із жорстких бетонних сумішей.

Метою роботи є розроблення вібраційних установок із просторовими коливаннями робочого органа для формування залізобетонних виробів складної конфігурації й виробів із бетонних сумішей зручновкладальністю до 20 с.

Основний матеріал і результати. Вихідними даними при проектуванні вібраційних установок для формування залізобетонних виробів є: тип виробу, його маса і габаритні розміри. Установлюється вантажопідйомність віброустановки Q_B , яка визначається як сумарна маса форми і технологічного оснащення, що вібрується. Залежно від габаритних розмірів у плані форми розраховуються габаритні розміри рами віброустановки X_L і Y_L при цьому необхідно додатково враховувати можливість установки упорів для кріплення форм.

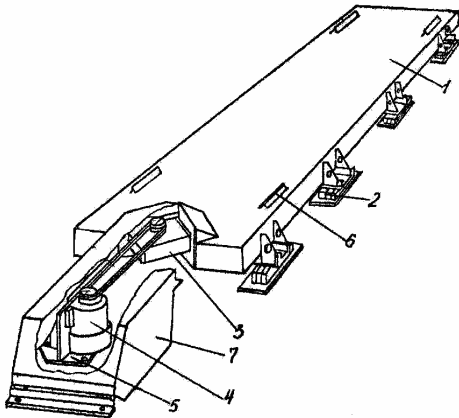


Рис. 1. Схема віброплощадки типу ВПГ з торцевим розташуванням вібробудувача:

- 1 – рама рухлива;
- 2 – пружна гумометалева опора;
- 3 – вібробудувач з вертикальним валом;
- 4 – привідний електродвигун;
- 5 – рама електродвигуна;
- 6 – упори клинові поперечні;
- 7 – кожух

Приймаються технологічні параметри, дотримання котрих повинно забезпечити якісне формування виробів із сумішей заданої зручновкладальності, тобто граничні значення складових амплітуд вібропереміщень точок рухливої рами віброустановки відносно вертикальної осі Z та горизонтальних площин X і Y , а також частота коливань рухливої рами ω . Задані технологічні параметри коливань віброустановок забезпечуються раціональними параметрами установки вібробудувачів кругових коливань та пружних опор.

Розроблений уніфікований ряд віброплощадок типу ВПГ-2 з просторовими коливаннями робочого органа вирізняється наявністю двох похилих вібробудувачів, що забезпечують рухливій рамі ефективні просторові коливання частотою 26 – 30 Гц при більш рівномірному розподілі вертикальних складових амплітуд вібропереміщень по площі рухливої рами. Ці віброплощадки дають змогу якісно формувати пустотні панелі перекриттів довжиною 6,28; 7,2; 9 і 12 м стандартної ширини при заклинюванні форми між жорсткими упорами простої конструкції. Рівень шуму при формуванні пустотних плит не перевищує рівня, встановленого санітарними нормами. На рис. 2 подана конструктивна схема віброплощадки, типова для всіх типорозмірів нового уніфікованого ряду, що включає такі основні вузли: рухливу раму, встановлену на пружні гумометалеві опори, і два вібробудувачі з похилими дебалансними валами, які обертаються в протилежних напрямках за допомогою клинопасових передач від двох незалежних привідних асинхронних електродвигунів. Конструкція пружних опор дозволяє легко від'єднувати рухливу раму від фундаменту на час технічного обслуговування віброплощадки і забезпечує жорстку передачу на фундамент зусиль, що виникають при вийманні пустотоутворювачів із свіжовідформованої пустотної панелі перекриття. Технічні характеристики уніфікованого ряду віброплощадок типу ВПГ-2 наведені у табл. 1.

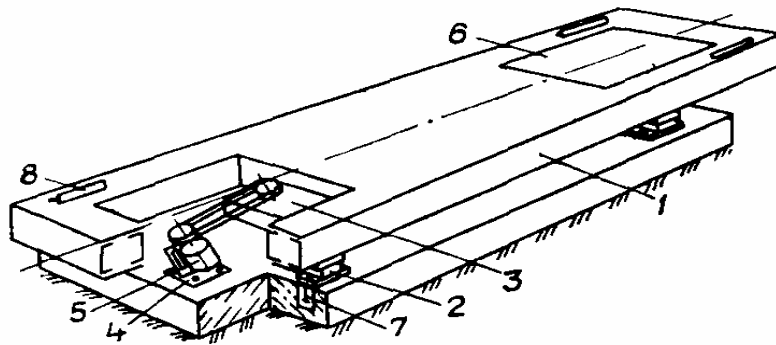


Рис. 2. Схема віброплощадки типу ВПГ-2М із двома похилими вібробудувачами колювань: 1 – рама рухлива; 2 – пружна гумометалева опора; 3 – вібробудувач; 4 – рама електродвигуна; 5 – електродвигун; 6 – кришка; 7 – болти фундаментні; 8 – упори клинові

Таблиця 1. Технічні характеристики уніфікованого ряду віброплощадок

Показники	ВПГ-2М	ВПГ-2М-01	ВПГ-2М-03	ВПГ-2М-04	ВПГ-2М-06	ВПГ-2М-07
Вантажопідйомність, т	12	20	16	25	13	16
Габаритні розміри виробів у плані, м	6,3×1,5	9,0×1,5	7,0×2,4	12×2,0	7,2×1,5	7,0×3,0
Час ущільнення, с	180					
Установлена потужність, кВт	30	37	37	44	30	37
Зручновкладальність бетонної суміші, с	15...20					
Маса, кг	5500	7800	7400	9400	6100	7730

При роботі вібробудувачів виникають сили кругової дії, що викликають просторові коливання рухливої рами і передаються через форму на бетонну суміш. Коливальна система розрахована так, що вібропереміщення точок рухливої рами мають характер биття, період яких для різних типорозмірів віброплощадок змінюється від 1 до 8 с. В інтервалах часу, що відповідають протифазному обертанню дебалансів, коли вібробудувачі на короткий час входять у режим самосинхронізації, рухлива рама робить коливання переважно в поперечній і вертикальній площинах. Такий режим вібрації дає можливість ефективно та якісно ущільнювати бетонні суміші.

Три типорозміри віброплощадок – ВПГ-2М, ВПГ-2М-01, ВПГ-2М-03 нині виготовлені й перевірені в експлуатації. При цьому підтвердилася правильність закладених технічних параметрів цих вібромашин і їхня технологічна ефективність. Якість виробів цілком задовольняє технічні умови для їх виготовлення відповідно до діючих стандартів.

Вібраційна установка для формування залізобетонних лотків ВПГЛ-6,3×3,2 (рис. 3) містить рухома раму з габаритними розмірами в плані 6,3×3,2 м, виготовлену зі швелерів та металевих листів. У вікні рухомої рами жорстко приварена підвібраторна плита. На рухомій рамі вмонтовані жорсткі поперечні упори для фіксації форми з бетонною сумішшю. Вібробудувач крутильних коливань кріпиться до рухомої рами болтами. Вал вібробудувача обертається за допомогою клинопасової передачі від електродвигуна потужністю 22 кВт із частотою 50 об/хв. Рухома рама опирається на вісім гумометалевих опор, прикріплених безпосередньо до фундаменту віброустановки. Вантажопідйомність установки – 15 – 25 т.

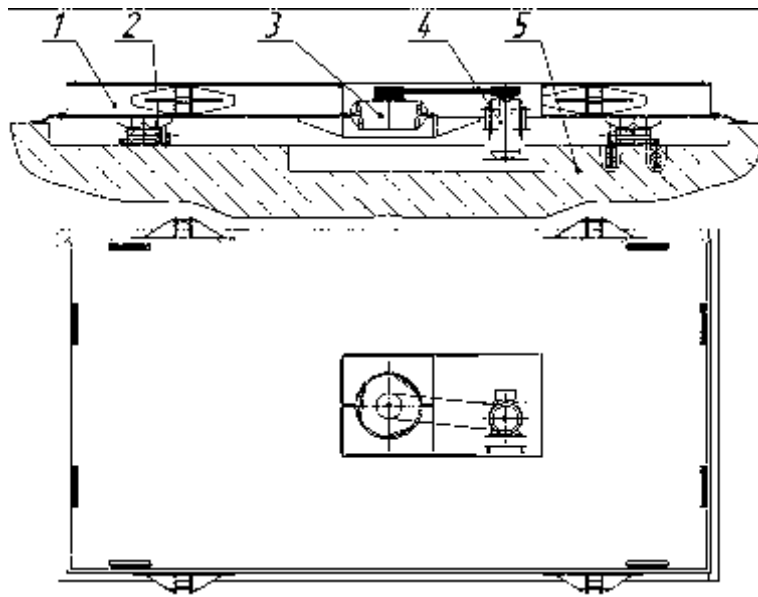


Рис. 3. Віброплощадка для формування плит залізобетонних лотків із розмірами рухомої рами у плані 6,3×3,2 м: 1 – рухома рама; 2 – пружна опора; 3 – вібробуджувач крутильних коливань; 4 – електродвигун; 5 – фундамент

До складу віброустановки для формування огорож (рис. 4) входить рухома рама з габаритними розмірами в плані 2,4×1,5 м. Вібробуджувач коливань кріпиться до рухомої рами болтами. За допомогою спеціально сконструйованої муфти вал вібробуджувача обертається від електродвигуна потужністю 0,25 кВт, встановленого на вертикальній рамі. Муфта дозволяє швидко зняти рухома раму для огляду та очищення пружних опор і прямиків фундаменту, що дуже зручно в процесі експлуатації.

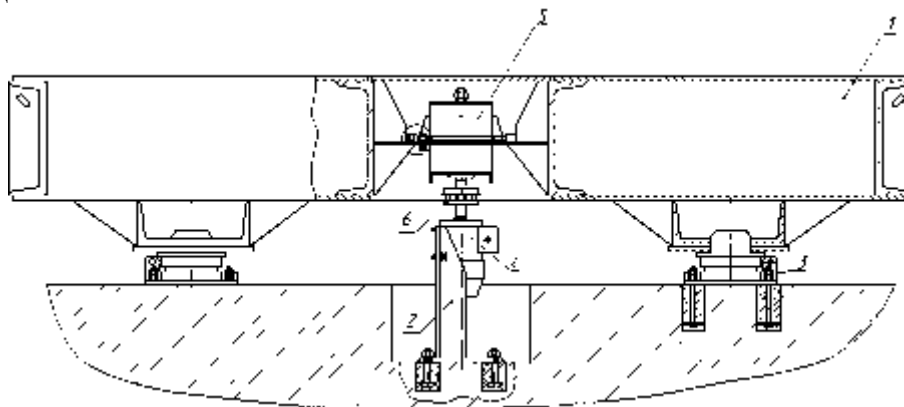


Рис. 4. Конструктивна схема вібраційної установки для формування залізобетонних огорож: 1 – рама рухома; 2 – рама підмоторна; 3 – гумометалева опора; 4 – електропривід; 5 – вібробуджувача; 6 – муфта

Вібраційна установка для формування залізобетонних кілець (рис. 5) конструктивно складається з нерухомої та рухомої частин, з'єднаних за допомогою пружних гумометалевих опор, встановлених на фундаменті. Рухома частина являє собою осердя, всередині якого закріплено за допомогою діафрагми вібробуджувач із вертикальним валом. Концентрично до осердя встановлена зовнішня опалубка, виготовлена у вигляді нерознімного циліндра та має два вушка для транспортування форми. Віброосердя виконано у вигляді циліндра із закріпленою болтами конусоподібною кришкою.

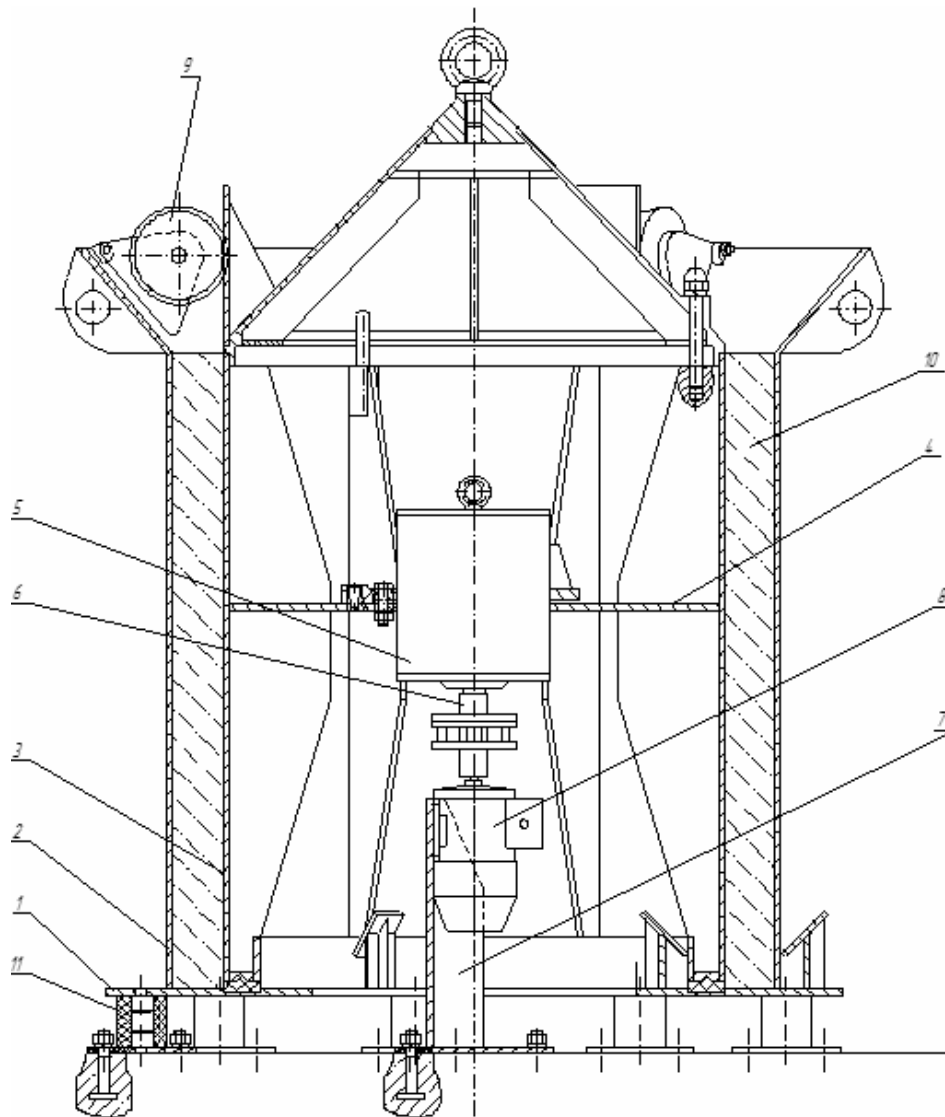


Рис. 5. Конструктивна схема вібраційної установки для формування залізобетонних кілець: 1 – основа; 2 – зовнішня опалубка; 3 – віброосердя; 4 – діафрагма; 5 – вібробудувач; 6 – муфта; 7 – підмоторна рама; 8 – електродвигун; 9 – ролик; 10 – бетонна суміш; 11 – пружна опора

Дебалансний вал приводиться в обертальний рух від електродвигуна змінного струму, який встановлено на рамі та ізольовано від коливань установки за допомогою спеціально сконструйованої муфти.

Вібробудувач генерує просторові коливання, що передаються через кільцеву діафрагму віброосердю, а потім бетонній суміші й зовнішній опалубці. Під дією цих коливань, а також ваги самої бетонної суміші, виріб швидко та якісно ущільнюється.

Віброустановка ВПШЛ-2×2,9 (рис. 6) призначена для ущільнення бетонних сумішей легковкладальністю не менш як 5 см при формуванні об'ємних блоків шахт ліфтів. Форма виробу утворюється піддоном на рухомій рамі, бортами опалубки та баком-вкладишем. Розміри зовнішнього контуру опалубки відповідають готовому виробу, тобто довжина – 2900 мм, ширина – 1950 мм, висота – 2990 мм. Просторові коливання рухомих частин установки генеруються вібробудувачем кругових коливань із вертикальним валом.

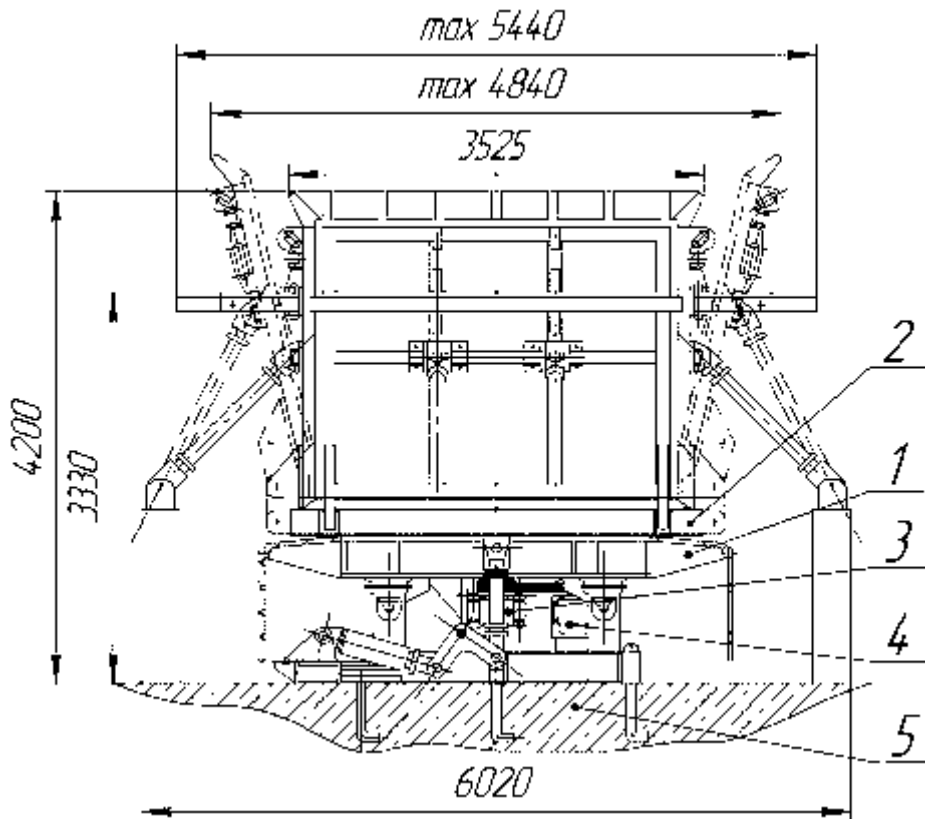


Рис. 6. Схема віброустановки ВПСЛ-2х2,9 для формування бетонних об'ємних блоків шахт ліфтів: 1 – рухома рама; 2 – форма; 3 – віброзбуджувач; 4 – електродвигун; 5 – фундамент

На базі уніфікованих вузлів цих вібромашин зручно створювати стаціонарні віброформи для виготовлення великогабаритних і об'ємних залізобетонних виробів, здійснювати модернізацію касетних та інших установок. Віброкомплекти ВК-1, ВК-2, ВК-3 (табл. 2) дають можливість у короткий термін і з мінімальними витратами організувати випуск великорозмірних залізобетонних конструкцій у вдосконалених стаціонарних віброформах різних за конфігурацією та масою як у закритих приміщеннях, так і на відкритих полігонах збірного залізобетону. Вузли кріплення віброзбуджувачів та пружних опор модернізуються до конкретної форми індивідуально.

Таблиця 2. Технічні характеристики віброкомплектів типу ВК

Показники	ВК-1	ВК-2	ВК-3
Вантажопідйомність (маса форми з бетонною сумішшю), т	5 – 12	15 – 25	30 – 55
Частота коливань рухливої рами, Гц	24 – 50		
Установлена потужність, кВт	7	11	22
Маса вузлів віброкомплекту (залежно від кількості опор), кг	700 – 840	870 – 1190	1590 – 2060

Також легко створювати малогабаритні віброплощадки вантажопідйомністю від 0,2 до 2,5 т із застосуванням одного чи двох навісних віброзбуджувачів загального призначення для формування розповсюджених дрібнорозмірних залізобетонних

виробів в одиночній чи касетній формах. Наприклад, віброплощадка ВП-2,5 із двома навісними віброзбудувачами ИВ-105 із частотою коливань 24 Гц та сумарною потужністю 2,2 кВт має вантажопідйомність 2,5 т і дозволяє формувати вироби з розмірами в плані 1,6x7,2 м. Доцільність виготовлення малогабаритних віброплощадок підтверджується багатьма іноземними фірмами Італії, Франції, Японії. У країнах СНД такі віброплощадки серійно не виготовляються.

Висновки.

1. Істотною відмінністю запропонованих віброустановок із просторовими коливаннями робочого органа від усіх застосовуваних вібромашин є те, що в сукупності вони забезпечують випуск усієї сформованої номенклатури збірних залізобетонних виробів – від дрібних до великогабаритних, від плоских до об'ємних у будь-яких виробничих умовах заводів ЗБВ.

2. Простота конструкції розглянутих віброустановок дає змогу легко організувати їхнє серійне виробництво. Необхідно в найкоротший термін визначити перспективні напрями розвитку віброформуального обладнання й організувати серійне виробництво віброплощадок та уніфікованих вузлів для віброформ на машинобудівних підприємствах, що дозволить створити умови для швидкого переоснащення діючих підприємств, підвищить технічний рівень галузі збірного залізобетону України в цілому.

Література

1. 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.
2. Олехнович К.А. *Потребительские качества современных виброплощадок* / К.А. Олехнович, Ю.И. Виноградов, Н.П. Нестеренко // *Строительные и дорожные машины*. – 1991. – № 8. – С. 14 – 16.
3. Назаренко І.І. *Машини і устаткування підприємств будівельних матеріалів: конструкції та основи експлуатації* / І.І. Назаренко, О.В. Туманська. – К.: Вища шк., 2004. – 590 с.
4. Назаренко І.І. *Вібраційні машини і процеси будівельної індустрії: навчальний посібник* / І.І. Назаренко. – К.: КНУБА, 2007. – 230 с.
5. Олехнович К.А. *Виброплощадки для конвейерних ліній* / К.А. Олехнович, Ю.И. Виноградов, Н.П. Нестеренко // *Бетон и железобетон*. – 1991. – №4. – С. 18 – 19.
6. Нестеренко Н.П. *Виброплощадки для формования многоспустотных панелей перекрытий* / Н.П. Нестеренко, К.А. Олехнович // *Промышленное строительство и инженерные сооружения*. – 1990. – № 3. – С. 7 – 8.
7. Нестеренко М.П. *Класифікація та оцінка споживчих якостей сучасних вібраційних машин для формування залізобетонних виробів* / М.П. Нестеренко // *Збірник наукових праць (Серія: галузеве машинобудування, будівництво)*. – Полтава: ПолтНТУ, 2007. – Вип. 20. – С. 20 – 25.
8. 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 energy and nature use 2013» (Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, University of Tuzla, China University of Petroleum)*. – Budapest, 2014. – P. 146 – 151.

© М.П. Нестеренко
Надійшла до редакції 15.05.2015