

О.О. ХЕРОЇМ, О.М. ЧЕРЕВКО

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

УЩІЛЬНЕННЯ ЖОРСТКОЇ БЕТОННОЇ СУМІШІ КЕРОВАНИМ ВІБРАЦІЙНИМ ПОЛЕМ З ПНЕВМОДОВАНТАЖУВАЧЕМ

© Хероїм О.О., Черевко О.М., 2011

Розроблено і створено вібраційний пристрій для ущільнення жорсткої бетонної суміші, головною особливістю якого є поєднання дії керованої вібрації та безінерційного пневмодовантажувача. Одночасне керування параметрами вібрації та величиною тиску в камері пневмодовантажувача дає змогу істотно інтенсифікувати ущільнення жорстких сумішей під час виготовлення високоякісних дрібноштучних бетонних виробів.

An oscillation device is developed and created for the compression of hard concrete mixture, the main feature of which is combination of action of the guided vibration and fast-response inertialess finish loader. Simultaneous management of vibration parameters and in the chamber of inertialess finish loader allows the size of pressure substantially to intensify the process of compression of hard mixtures at making of high-quality shallow concrete wares.

Постановка проблеми. Широке використання бетонних виробів з жорстких сумішей в Росії започатковане ще з другої половини ХІХ ст. Ущільнення таких сумішей спочатку виконувалось лише ручним трамбуванням, а тому потребувало великих затрат ручної праці. Незважаючи на це, застосування лише трамбованих жорстких бетонних сумішей вважалось обов'язковим для будь-якого відповідального спорудження, оскільки уможливилась економія цементу (до 25 %), підвищення міцності бетону (до 30 %), збільшення його щільності та морозостійкості, а також швидкого розпалублення виробів [9]. В наш час застосування жорстких бетонних сумішей дуже привабливе для виготовлення дрібноштучних бетонних виробів, призначених для дорожнього мощення (плити різної форми, розмірів і товщини, бордюри).

Сьогодні у світі існує декілька способів виготовлення дрібноштучних бетонних виробів для дорожнього мощення. З них можна виділити два принципово різних за технологією і матеріалами, що використовуються: вібропресування та вібролиття.

Під час вібропресування напівсуха цементно-піщана суміш укладається в прес-форму, яка встановлена на постійно віброуючій станині. Крім того, на суміш зверху тисне віброуючий пуансон до повного ущільнення суміші. Пуансон точно повторює форму прес-форми і входить у неї, як поршень у циліндр. Після цього прес-форма й пуансон піднімаються, а на піддоні залишаються готові вироби. Вібропресовані вироби мають шорстку пористу поверхню. Метод високопродуктивний і допускає високий ступінь автоматизації. Для вібропресування використовують обладнання, що випускається серійно, має великі габарити, високу продуктивність роботи, але малий асортимент готової продукції. Особливістю цього методу є дотримання суворих вимог до складу бетону, який має забезпечувати достатню міцність жорсткої суміші відразу після закінчення процесу вібропресування, але через високу вартість обладнання продукція також має дуже високу ціну.

Інший спосіб виготовлення дрібноштучних бетонних виробів передбачає застосування литих бетонних сумішей, які укладаються у пластикові форми і легко ущільнюються на невеликих вібраційних майданчиках. Після того як бетонна суміш у формі ущільнилась, форма знімається з

майданчика і витримується в тепломі місці близько 48 годин. Тільки після цього з неї можна виймати готовий виріб. Нині цей спосіб широко використовують в Україні, оскільки за його допомогою можна отримати вироби з доволі привабливим зовнішнім виглядом і великою різноманітністю форм та кольорів за малих витрат на виробництво. Але одержати якісні, міцні й морозостійкі бетонні вироби за цим способом практично неможливо.

Під час виробництва дрібноштучних бетонних виробів методом вібропресування легко вийти на значні обсяги виробництва, тому що метод високотехнологічний і не потребує великої кількості ручної праці, на відміну від вібролиття. Але, водночас, під час виготовлення виробів методом вібролиття для одержання принципово нового виробу достатньо просто придбати потрібну форму, на відміну від вібропресування, яке потребує закупівлі обладнання високої вартості та переналаштування верстата.

Аналіз останніх досліджень. Останнім часом дрібноштучні бетонні елементи широко використовують як дорожнє покриття в усіх розвинених країнах світу. Україна не є винятком. Незважаючи на велику кількість підприємств, які виготовляють дрібноштучні бетонні вироби на території України, вражає практично повна відсутність дослідницької та розробницької діяльності в цьому напрямі, тим паче, що якість виробів, пропонованих споживачам, набагато гірша за якість закордонних аналогів [1 – 3]. Аналіз літературних джерел показує, що вібропресування жорстких сумішей дає змогу виготовляти бетонні вироби значно кращої якості. Цей спосіб формування бетонних виробів має два різновиди: одночасне вібрування з довантаженням та ущільнення вібруванням з подальшим статичним пресуванням [3]. Більшість дослідників, які займаються проблемою ущільнення жорстких сумішей, вважають, що для інтенсифікації цього процесу доцільно застосовувати вібрування з довантаженням. З'ясовано, що існує оптимальне довантаження, за якого значно зменшується час ущільнення бетонної суміші. Відхилення від оптимального значення в декілька разів збільшує цей час [9]. Значення оптимальної величини довантаження встановлюється дослідно і залежить від жорсткості бетонної суміші, кількості бетону та технологічних особливостей вібрувального обладнання.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми. Більшість штучних бетонних елементів за фізико-механічними властивостями не відповідають вимогам ДСТ 17608-91 "Плити бетонні тротуарні. Технічні умови". Особливо це стосується морозостійкості. До тротуарної плитки висуваються жорсткі вимоги щодо морозостійкості (не менше ніж 200 циклів заморозування й відтавання), міцності (не менше за 50 МПа через 28 діб), водопоглинання (не більше за 5 %) і стирання (не більше за 0,7 г/см²). Для виготовлення цих елементів необхідно використовувати доволі жорсткі бетонні суміші. Ущільнення таких сумішей потребує інтенсивної вібрації з одночасним довантаженням. Використовувати для цього наявні віброплощадки практично неможливо.

Мета статті полягає у розробленні й створенні вібраційного пристрою принципово нового типу, який дасть змогу забезпечити нестационарні режими ущільнення жорстких бетонних сумішей з одночасною дією довантаження, збільшити різноманітність отриманих виробів, без значних витрат на його переоснащення та переналаштування, що дасть змогу зменшити собівартість готової продукції.

Виклад основного матеріалу. На рис. 1 наведено загальний вигляд вібраційного пристрою для виготовлення тротуарної плитки, розроблений і створений на кафедрі теоретичної механіки Полтавського національного технічного університету [4]. Він складається з рухомої платформи 1 із закріпленими на ній керованим віброзбуджувачем 2, привідним двигуном 3 та мотор-редуктором 4. Як варіант, замість мотор-редуктора можна використати кроковий двигун з електронною системою

керування [5]. За допомогою пружних опор 5 рухомі частини з'єднані з нерухою основою 6. На платформі 1 закріплено планки напрямних 7, між якими встановлено пластинки 8 із зафіксованими на них за допомогою штирів 9 формами 10 для виробів (рис. 2). До пластин 8 з обох кінців прикріплено упори 11, що фіксують їх у подовжньому напрямі.

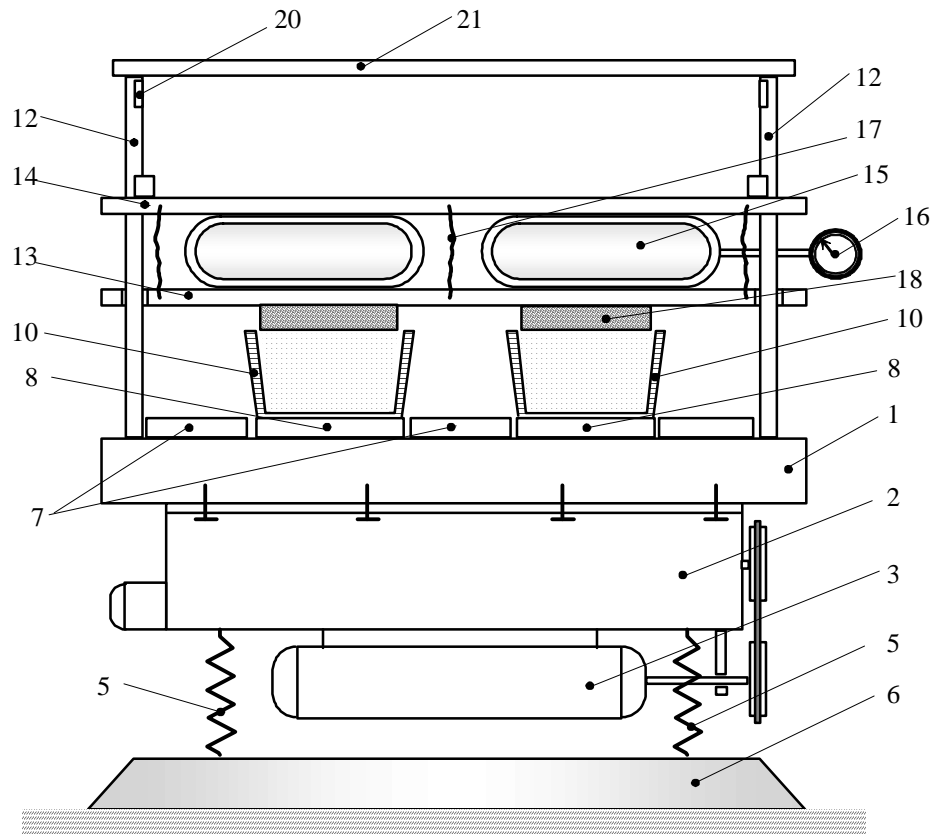


Рис. 1. Загальний вигляд вібраційного пристрою для виготовлення тротуарної плити

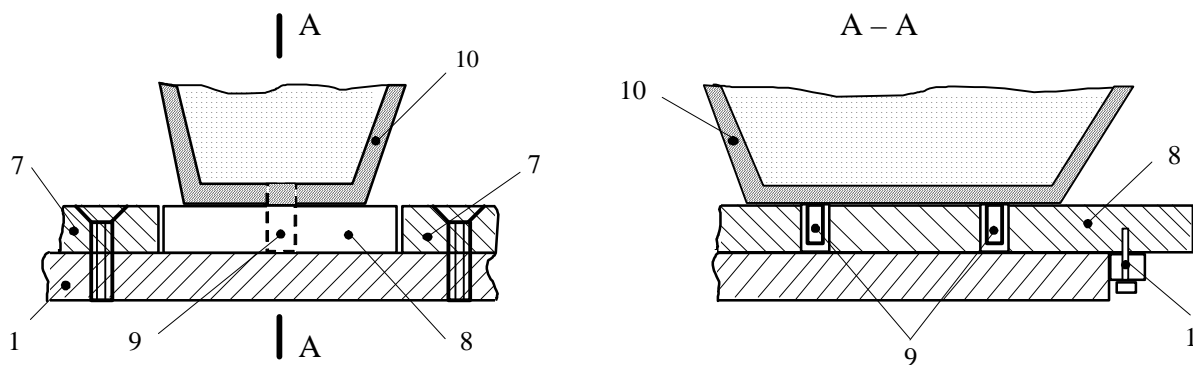


Рис. 2. Деталі кріплення форм

До рухомої платформи 1 за допомогою напрямних стрижнів 12 приєднаний безінерційний пневмодовантажувач, який складається з нижньої 13 і верхньої 14 плит, між якими розміщена пневматична камера 15 з манометром 16. Плити з'єднані гнучкими зв'язками 17. До нижньої плити прикріплено пружні прокладки 18 за формою виробу, які під час ущільнення контактують із поверхнею суміші. На верхній плиті 14 укріплено фіксатори 19, а на напрямних стрижнях є вирізи 20. Стрижні з'єднано горизонтальними в'язками 21.

Змінні форми, заповнені бетонною сумішшю, закріплюються на платформі пристрою, і за амплітуди коливань близько 10 % від амплітуди в усталеному режимі відбувається ущільнення упродовж 5...7 с. Після цього опускається щит безінерційного довантажувача, тиск у пневматичній камері доводиться до заданого значення, амплітуда коливань зростає до максимального значення. Вібруюче ущільнення відбувається під дією нестационарного вібраційного поля з одночасним довантаженням. Потім амплітуда коливань знижується до нульового значення, знімається тиск у пневматичній камері і пневмодовантажувач піднімається по напрямних стрижнях. Готові вироби знімають з пристрою, витримують у формах протягом 30...60 хвилин, після чого відбувається їх розпалублення. Виготовлені вироби тверднуть у натуральних умовах за відповідної вологості впродовж 28 діб.

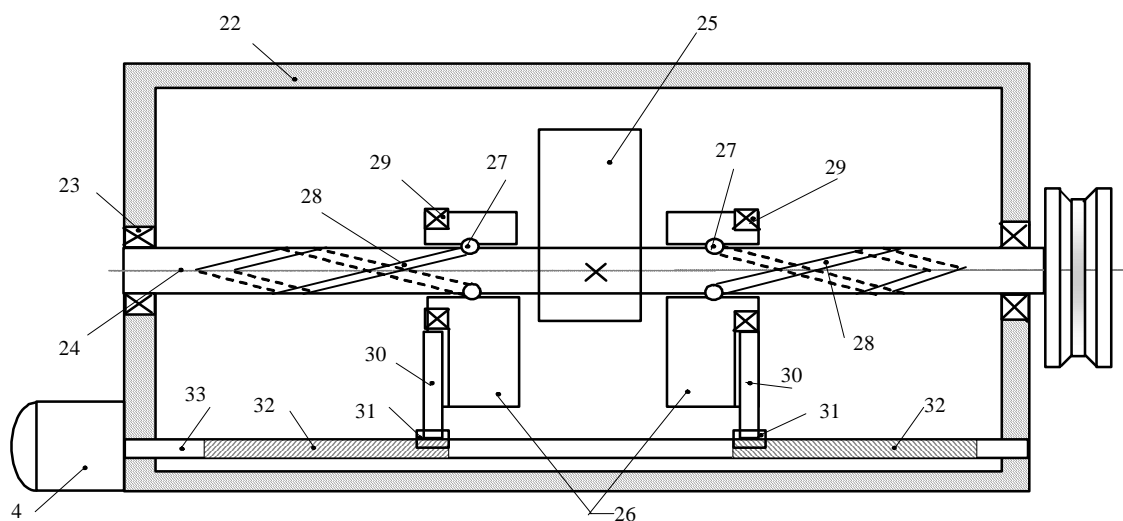


Рис. 3. Керований вібробуджувач гвинтових коливань

На рис. 3 наведено керований дебалансний вібробуджувач гвинтових коливань, який складається з корпусу 22, в якому на підшипниках 23 встановлено дебалансний вал 24. На ньому нерухомо закріплено дебаланс 25 і два рухомі дебаланси 26. Вони з'єднані з валом за допомогою кульових шпонок 27 та гвинтових канавок 28, що мають однаковий напрям на лівій і правій частинах вала [6, 7].

Через підшипники 29 рухомі дебаланси з'єднані з вилками управління 30, до яких прикріплено різбові напівтулки 31, що взаємодіють з різбовими ділянками 32 ходових гвинтів 33, які з'єднані з мотор-редуктором 4.

Вібробуджувач вмикається у динамічно врівноваженому стані. Рухомі дебаланси перебувають поряд із нерухомими на середині дебалансного вала і займають положення, діаметрально протилежне до нерухомого дебалансу. Маса кожного рухомого дебалансу $m/2$ удвічі менша, ніж маса m нерухомого. Після виходу привідного двигуна в режим за допомогою механізму управління рухомі дебаланси переміщуються вздовж вала від нерухомого дебалансу і повертаються відносно нього в протилежних напрямках на певний кут від початкового положення. Із зміною кута повороту рухомих дебалансів щодо нерухомого та відстані між ними змінюється амплітуда коливань та характер вібраційної дії. Зупинка вібробуджувача здійснюється в динамічно врівноваженому стані.

На рис. 4 показаний дослідно-лабораторний зразок вібраційної площадки для виготовлення дрібноштучних бетонних виробів різноманітного призначення та форми. Проведені попередні дослідження показали його високу ефективність при ущільненні жорстких бетонних сумішей.

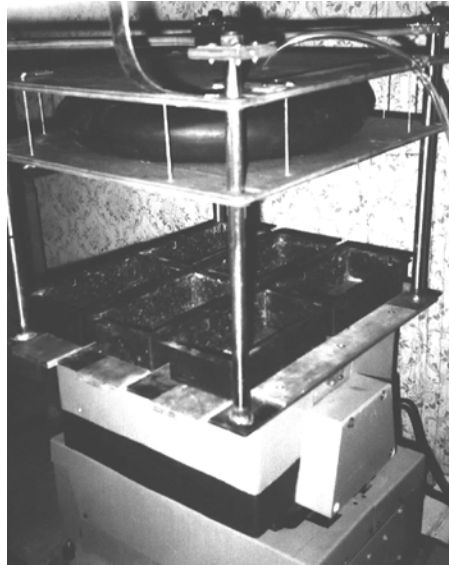


Рис. 4. Віброплощадка для виготовлення дрібноштучних бетонних виробів

Висновки. Високоєфективні нестационарні вібраційні режими ущільнення бетонних сумішей з одночасною дією безінерційного довантажувача забезпечують коефіцієнт ущільнення жорстких сумішей до 0,97. Міцність на стиск при цьому відповідає бетону класу не нижче за В35, морозостійкість – марці F200, а водопоглинання не перевищує 5 %.

1. Мощеніе дорожных покрытий бетонными блоками / Архангельский Г.Г., Александров Н.А., Радько С. Э., Юшанов А. В. // *Механизация строительства*. – 2000. – № 8. – С. 17 – 20.
2. Королев К. М. Установки для изготовления мелкоштучных цементно-песчаных камней / К. М. Королев // *Строительные и дорожные машины*. – 2000. – № 9. – С. 34 – 35.
3. Бетони на основі наджорстких сумішей / Дворкін Л.Й., Житковський В.В., Каганов В.О. – Рівне, 2006. – 179 с.
4. Пат. України 54112А, МПК В 28В1/08: Вібраційний пристрій для ущільнення бетонних сумішей / Л. І. Сердюк, Ю. О. Давиденко, М. І. Костенко. – № 2002054007; Заявл. 16.05.2002; Опубл. 17.02.2003, Бюл. № 2. – 4 с.
5. Давиденко Ю. О. Розробка та дослідження керованої віброплощадки для ущільнення легких бетонів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук. / Ю. О. Давиденко. – Полтава, 1999. – 19 с.
6. Сердюк Л. И. Основы теории, расчет и конструирование управляемых вибрационных машин с дебалансными возбудителями: дис. ... докт. техн. наук / Сердюк Л. И.– Полтава, 1991. – 301 с.
7. Жигилій С.М. Керована вібраційна машина для підготовки металевої фібри: автореф. дис ... канд. техн. наук.– Полтава, 1997. – 16 с.
8. Черевко А.Н. Разработка и исследование низкочастотных виброплощадок с управляемыми режимами работы для формования железобетонных изделий: автореф. дисс ... канд. техн. наук. – Полтава, 1993. – 25 с.
9. Сорокер В.И. Жесткие бетонные смеси в производстве сборного железобетона / В.И. Сорокер, В.Г. Довжик. – М.: Стройиздат, 1958. – 206 с.