

УДК 691.327:625.88

<https://doi.org/10.31713/vt1202617>

Данилюк В.І. [1: 0009-0000-2148-1139],
аспірант
(volodymyr.i.danyliuk@lpnu.ua)

¹ Національний університет «Львівська політехніка», м. Львів

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ ФАКТИЧНОЇ МАСИ БЕТОННИХ ФІГУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ МОСТІННЯ ПО ЗАГАЛЬНІЙ ПЛОЩІ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПРЕС-ФОРМИ В ПРОЦЕСІ ВІБРОПРЕСУВАННЯ ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ НА СУЧАСНИХ БЕТОНОФОРМУВАЛЬНИХ КОМПЛЕКСАХ

У статті розглядається проблематика забезпечення стабільних фізико-механічних характеристик дрібнозернистих бетонних фігурних елементів мостіння, що виготовляються методом напівсухого об'ємного вібропресування. Автором проаналізовано технологічний регламент виробництва, зокрема критичний вплив синтезу фаз попереднього (3–4 с.) та основного (6–8 с.) вібропресування двошарової бетонної суміші. Встановлено, що навіть під час використання сучасних бетоноформуvalьних комплексів провідних виробників (MASA, Zenith, Hess) виникає проблема нерівномірного заповнення комірок прес-форми. На основі аналізу виробничого досвіду та наукової літератури доведено, що ця технологічна похибка призводить до коливань фактичної об'ємної маси виробів, що є першопричиною нестабільності їх фізико-механічних властивостей та зниження загальної якості готової продукції.

Автором даної публікації у реальних дослідно-виробничих умовах була здійснена спроба визначити фактичний вплив процесу попередньої вібрації під час заповнення бетоною двошаровою сумішшю металеві прес-форми бетоноформуvalьного комплексу MASA 9.1 XL в технологічному процесі вібропресування.

Ключові слова: фактична об'ємна маса; бетонні фігурні елементи мостіння; вібропресування; попередня вібрація; основний цикл вібропресування



Аналіз останніх досліджень та публікацій. Згаданій вище проблематиці в Україні були присвячені наукові публікації дослідників Дворкіна Л. Й., Житковського В. В., Каганова В. О. [1,2,3,4] та досліджено особливості технології заводського вібропресування бетонних сумішей в наукових працях [5,7], де було доведено що перепади у фактичній масі бетонних натурних виробів суттєво впливають на фізико-технічні характеристики фігурних елементів мостіння.

Методика вібропресування є основним технологічним процесом у виробництві бетонних виробів з жорстких та наджорстких бетонних сумішей, зокрема бетонної тротуарної плитки, бордюрів та стінових блоків [6]. Наджорсткі бетонні суміші, що характеризуються низьким водоцементним відношенням ($V/C < 0,35$) і щільною укладкою інертних заповнювачів в масиві виробу, що дозволяє підвищити експлуатаційні характеристики і довговічність готових виробів. Базовою перевагою наджорстких та жорстких сумішей є їх здатність ефективно ущільнюватися під дією вібраційних навантажень у поєднанні з пресуванням, забезпечуючи тим самим мінімальну пористість та високу щільність структури виробу [8]. Даний метод сприяє ефективному формуванню бетонних виробів різноманітних геометричних параметрів, забезпечуючи при цьому їх рівномірну щільність. Однак ефективність цього методу залежить від можливостей бетоноформуального обладнання, які визначаються частотою та амплітудою та часом вібрації, створюваним тиском і особливостями процесу ущільнення (спосіб укладання бетонної суміші, прикладання до неї вібраційних коливань і тиску, опалубка виробів, виробничий цикл) [8,9].

В досліджених літературних джерелах виявлено, що контрольні зразки з пониженою фактичною масою, зазвичай, мають нижчі міцнісні характеристики при випробуваннях на стиск та розтяг при згині та осьовий розтяг визначеними згідно вимог, EN [10,11,12].

Цикл попередньої вібрації в загальному процесі вібропресування забезпечує рівномірний розподіл бетонної суміші основного та фактурного шарів бетону до всіх комірок по площі технологічної прес-форми та в рівній степені наповнює бетонною сумішшю всю технологічну палету, що в конкретному циклі виготовляється бетоноформувальним комплексом. Час здійснення циклу попередньої вібрації згідно з літературними джерелами

коливається від 3-х до 4-х секунд, а основна вібрація з процесом пресування, зазвичай, триває близько 6-8 секунд [13,14].

В публікації Каганова В.О. [8] докладно досліджено процес об'ємного вібропресування на промисловому обладнанні HB Zenith та оптимальні виробничі параметри частоти вібрації та тиску для виготовлення ФЕМ масового виробництва та, безпосередню, залежність конфігурації пресформи до параметрів вібропресування.

Здійснений автором аналіз вивчених літературних джерел закладає теоретичні основи для виконання дослідно-промислових досліджень, щодо впливу терміну попередньої вібрації для рівномірного заповнення бетоною сумішшю всіх комірок пресформи за її площею під час технологічного процесу вібропресування на бетоноформувальному комплексі MASA 9.1 XL в реальних індустріальних умовах.

Отримані результати проведених наукових досліджень. В дослідно-промислових та лабораторних умовах компанії ТМ «Мій Двір» м. Львів в період з 2024р. до 2025р. були проведені комплексні дослідження впливу відповідної тривалості попередньої вібрації на експлуатаційні характеристики бетонних виробів при виготовленні бетонних фігурних елементів мостіння масового виробництва. Досліджувались вироби на основі бетонних сумішей з В/Ц 0,31 в процесі дослідно-промислових випробувань на бетоноформувальному комплексі ТМ «Мій Двір», що складається з бетонозмішувального вузла фірми «MASA», та бетоноформувальної машини «MASA 9,1 XL» продуктивністю до 9600 м² бетонних виробів на добу. В якості основних сировинних ресурсів для проведення наукових досліджень робочих складів двошарових бетонних фігурних елементів мощення були використані наступні компоненти:

- 1.Портландцемент марки ПЦ II/A-Ш-500P-Н ПрАТ «Івано-Франківськцемент»;
- 2.Зола винесення сухого відбору Бурштинської ТЕС;
- 3.Пісок кварцовий з кар'єру м. Славути Хмельницької області;
- 4.Щебіни гранітний (митий) фракції 2-5 мм.;
- 5.Щебіни гранітний (митий) фракції 5-10 мм.;
6. Пластифікатор на основі лігносульфонату.

Для науково-дослідного експерименту були обрані наступні режими попередньої вібрації: 3 секунди, 3,5 секунди та 4 секунди. Основний цикл вібропресування становив 8 секунд. В залежності від

циклу попередньої вібрації в різній степені заповнювались комірki на всій площині прес-форми відповідно до центральної частини прес-форми потрапляла більша кількість бетонної суміші, а по периферії технологічної палети кількість бетонної суміші в комірki потрапляла в меншій кількості. Після набору міцності бетону (28 дів після виготовлення) було проведені контрольні випробування міцності на стиск кожного елемента на технологічній палеті, а також визначення об'ємної маси кожного виробу. Отримані результати досліджень наведені на Рис.(1-6).

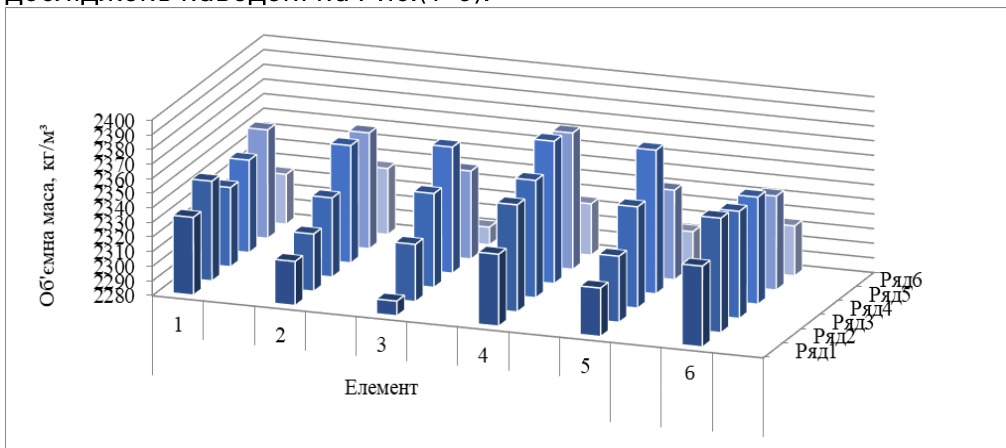


Рис.1 Розподіл по палеті технологічної прес-форми фактичної об'ємної маси ФЕМ при попередній вібрації 3 секунди

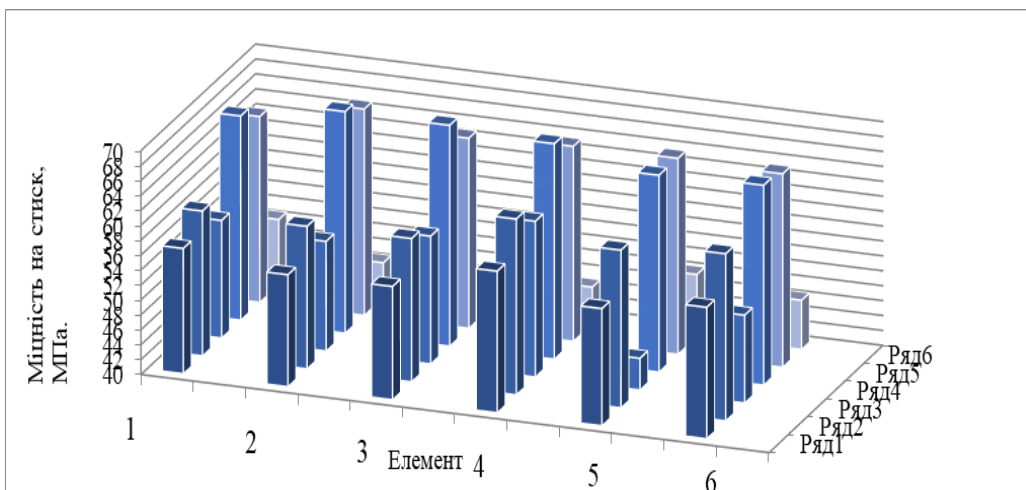


Рис.2 Розподіл по палеті технологічної прес-форми фактичної міцності на стиск ФЕМ при попередній вібрації 3 секунди

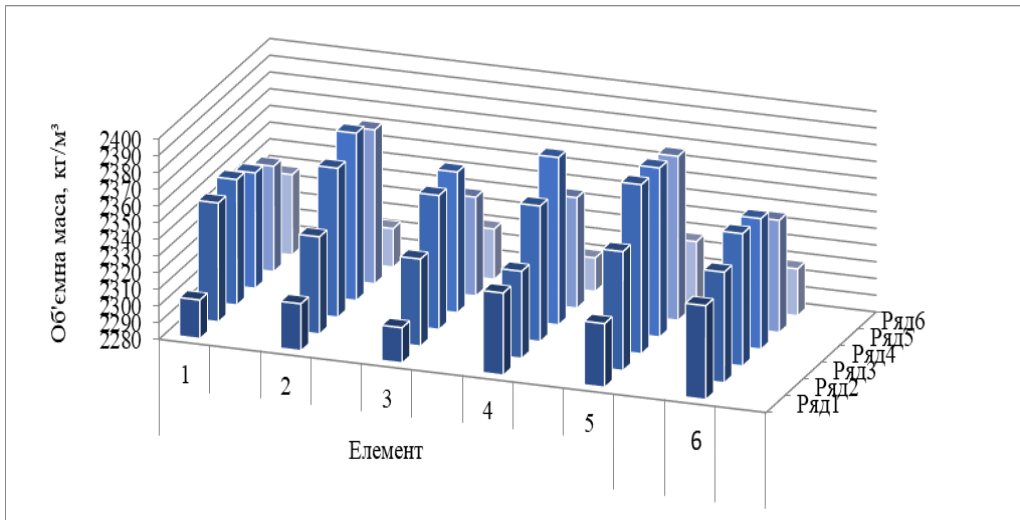


Рис.3 Розподіл по палеті технологічної прес-форми фактичної об'ємної маси ФЕМ при попередній вібрації 3,5 секунди

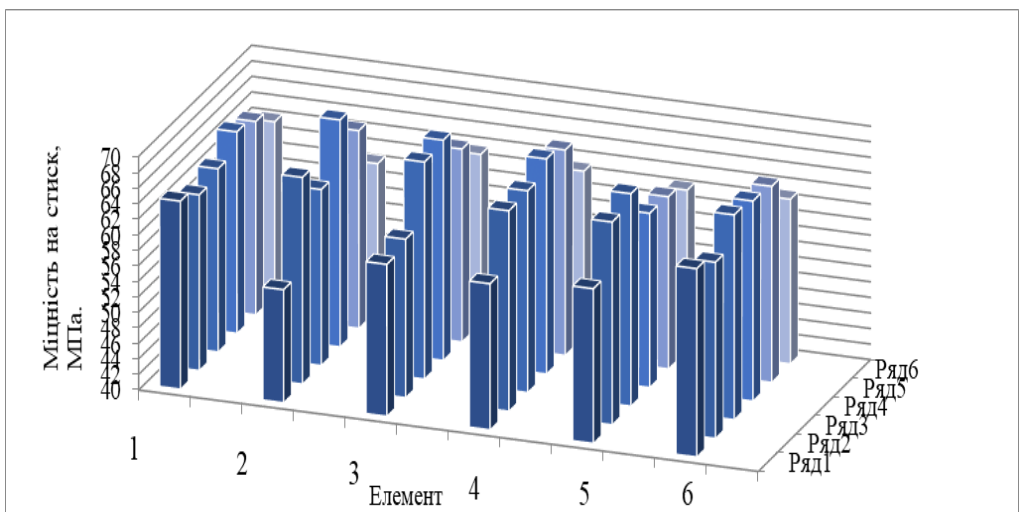


Рис.4 Розподіл по палеті технологічної прес-форми фактичної міцності на стиск ФЕМ при попередній вібрації 3,5 секунди

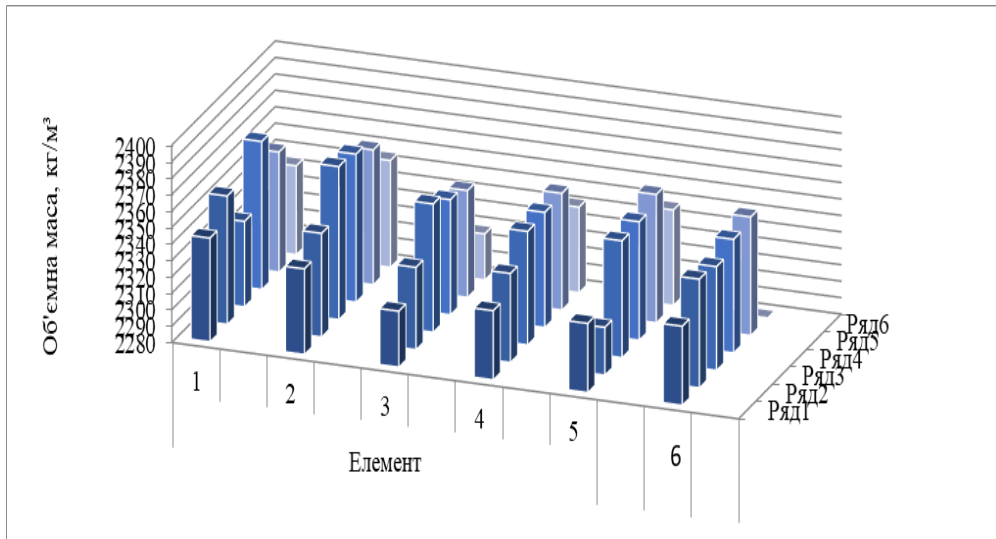


Рис.5 Розподіл по палеті технологічної прес-форми фактичної об'ємної маси ФЕМ при попередній вібрації 4 секунди

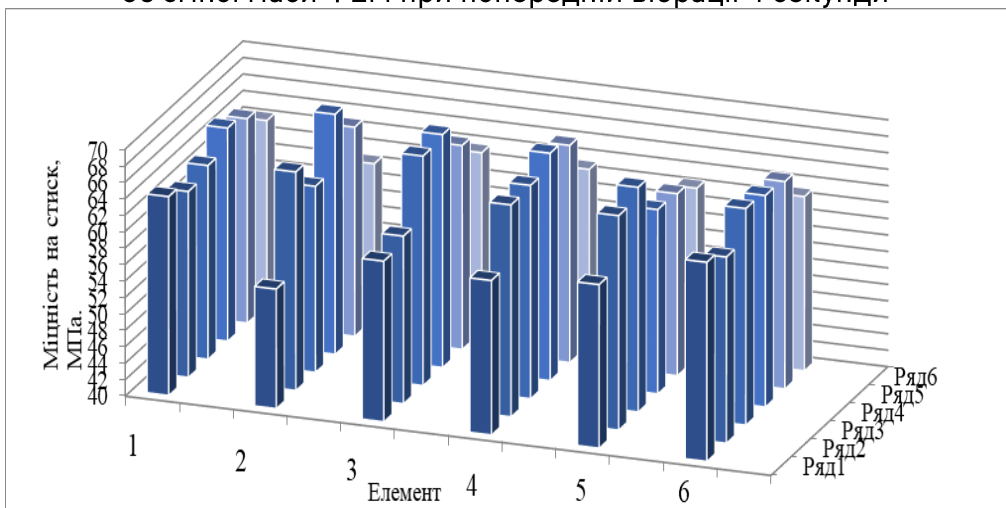


Рис.6 Розподіл по палеті технологічної прес-форми фактичної міцності на стиск ФЕМ при попередній вібрації 4 секунди

Після проведення аналізу отриманих результатів було встановлено, що оптимальним режимом попередньої вібрації в процесі об'ємного вібропресування є режим який складає 3,5 секунди. При такій тривалості вібрування максимальне медіанне відхилення об'ємної маси виробів на технологічній палеті становить 42,6 кг/м³. А також середні значення об'ємних мас виробів на

технологічній палеті становить: для 3 секунд-2337 кг/м³, для 3,5 секунд -2343 кг/м³, для 4 секунд- 2339 кг/м³. Для режимів 3 секунди максимальне медіанне відхилення об'ємної маси виробів на технологічній палеті становить: 48 кг/м³, для 4 секунд -123 кг/м³. Мінімальне відхилення об'ємної маси кожного конкретного виробу на технологічній палеті від медіанного значення, а також максимальне середнє значення об'ємної маси на палеті свідчить про ефективніше заповнення комірок прес-форми.

Крім цього було встановлено, що середня міцність на стиск взрців елементів з технологічної палети найбільша для виробів виготовлених в циклі вібропресування з попередньою вібрацією 3,5 секунди і становить 63,7 МПа., що на 8% більше ніж для 3-х секунд та на 6,5 % більше ніж для 4-х секунд попередньої вібрації.

Висновки. Результати здійснених автором дослідно-промислових наукових досліджень свідчать, що оптимальним циклом в процесі вібропресування є режим попередньою вібрацією в 3,5 секунди та основним циклом вібропресування у 8 секунд, про що свідчать фактичні параметри об'ємної маси та міцності на стиск бетону фігурних елементів мостіння, розташованих по всій площині прес-форми.

Таким чином у дослідно-промислових дослідженнях автором було встановлено оптимальний термін циклу попередньої вібрації в загальному режимі вібропресування, який забезпечує рівномірність заповнення всіх комірок по площині прес-форми бетоноформувальної машини MASA 9.1 XL .

Встановлено, що загальну площу технологічної прес-форми у 1,2 м² найкраще і найрівномірніше заповнює цикл попередньої вібрації 3,5 секунди, що і лягло в основу використання технологічного регламенту вібропресування бетонних фігурних елементів мостіння на сучасних бетоноформувальних комплексах MASA 9.1 XL. Досліджені автором оптимальні параметри процесу вібропресування закладають основу для отримання високоміцних бетонних фігурних елементів мостіння заводського виготовлення.

1. Каганов В. О. Вплив конфігурації прес-форм для вібропресування фігурних елементів моцнення на якість заповнення матриць наджорсткою бетонною сумішшю. *Будівельні конструкції : міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць (будівництво)*. 2009. Вип. 72. С. 132–139. 2. Житковський В. В., Дворкін Л. Й. Influence of vibropressing parameters on



obtaining high-strength fine-grain concrete based on semi-dry mixtures. *Технічні науки*. 2022. № 2 (98). С. 58–66. **3.** Дворкін Л. Й., Житковський В. В., Каганов В. О. Бетони на основі наджорстких сумішей : монографія. Рівне : РДЦНТЕІ, 2006. 179 с. **4.** Дворкін Л. Й., Дворкін О. Л. Основа бетонознавства : монографія. Київ : Основа, 2007. 613 с. **5.** Лічнов І. С., Саницький М. А., Каганов В. О., Данилюк В. І. Оптимізація робочих складів дрібнозернистих вібропресованих бетонів на основі надтвердих сумішей. *Гідротехнічне і транспортне будівництво : зб. тез Міжнар. наук.-техн. конф.* Одеса : ОДАБА, 2024. С. 45–48. **6.** Батяновский Е. І., Бондарович А. І. Вібропресованный бетон: технология і властивості : монографія. Мінськ : БНТУ, 2018. 220 с. **7.** Kovalska A., Auzins J. Investigation of vibropressing process technology. *Construction and Building Materials*. 2020. Vol. 239. P. 117863. **8.** Каганов В. О. Технологічні аспекти забезпечення підвищення якості вібропресованих бетонних виробів (досвід виробництва). *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди*. 2023. Вип. 43. С. 31–39. **9.** The Effect of Vibration Energy Changes on Compressive Strength of Concrete Paving Block (CPB) in Concreting Process with Vibropressing System / E. Widayanto [et al.]. *Proceedings of the 2019 1st International Conference on Engineering and Management in Industrial System (ICOEMIS 2019) (Malang, Indonesia, 8–9 August 2019)*. Paris, France, 2019. **10.** EN 1338. Concrete paving blocks. Requirements and test methods. **11.** EN 1339. Concrete paving flags. Requirements and test methods. **12.** EN 1340. Concrete kerb units. Requirements and test methods. **13.** Skripkiūnas G., Girskas G., Malaiškienė J., Šemelis E. Variation Of Characteristics Of Vibropressed Concrete Pavement Blocks. *Constr. Sci*. 2014. Vol. 15, No. 1. P. 24–28. **14.** Kovalska A., Auzins J. Investigation of vibropressing process technology. *Eng. Rral Dev*. 2011. P. 408–412.

REFERENCES

1. Kaganov V. O. Ispol'zuyte pres-formu konfiguratsii dlya sozdaniya figurnykh elementov, uvelichennuyu do urovnya napolneniya matritsey, nakhodyashcheysya v betonnoy konstruktsii. *Stroitel'nyye konstruktsii: mezhvidomchiy nauchno-tehnicheskiiy sborshchik nauchnykh rabot (budivnitstvo)*. 2009. Vip. 72. S. 132–139. 2. Zhitkovskiy V. V., Dvorkin L. Y. Vliyaniye parametrov vibropressovaniya na polucheniye vysokoprochnykh melkozernistykh betonov na osnove polusukhikh smesey. *Tekhnicheskkiye nauki*. 2022. № 2 (98). S. 58–66. 3. Dvorkin L. Y., Zhitkovskiy V. V., Kaganov V. O. Btoni na osnovnykh summakh : monografiya. Rivne : RDTSNTEI, 2006. 179 s. 4. Dvorkin L. Y., Dvorkin O. L. Osnova betonoznastva : monografiya. Kiyev : Osnova, 2007. 613 s. 5. Lichnov I. S., Sanitskiy M. A., Kaganov V. O., Danilyuk V. I. Optimizatsiya rabochikh skladov melkozernistykh betonov na osnove nadtverdykh summ. *Gidrotekhnicheskoye i transportnoye stroitel'stvo : zb. tez*

Mizhnar. nauk.-tekhn. konf. Odessa : ODABA, 2024. S. 45–48. 6. Batyanovskiy Ye. Í., Bondarovich A. Í. Vibropressovanniy beton: tekhnologii i vlast'vosti : monografiya. Minsk : BNTU, 2018. 220 s. 7. Koval'skaya A., Auzin'sh YU. Issledovaniye tekhnologii protsessa vibropressovaniya. Stroitel'stvo i stroitel'nyye materialy. 2020. Tom. 239. P. 117863. 8. Kaganov V. O. Tekhnologicheskkiye aspekty isklyuchayut uvelicheniye proizvoditel'nosti betonnykh izdeliy (dorozhnoye stroitel'stvo). Resursoekonomicheskkiye materialy, konstruksii, stroitel'nyye i sporudi. 2023. Vip. 43. S. 31–39. 9. Vliyaniye izmeneniya energii vibratsii na prochnost' na szhatiye betonogo bloka dorozhnogo pokrytiya (BPB) v protsesse betonirovaniya s pomoshch'yu vibropressuyushchey sistemy / E. Vidayanto [i dr.]. Materialy 1-y Mezhdunarodnoy konferentsii po inzhiniringu i menedzhmentu v promyshlennykh sistemakh (ICOEMIS 2019) 2019 g. (Malang, Indoneziya, 8–9 avgusta 2019 g.). Parizh, Frantsiya, 2019. 10. EN 1338. Betonnyye bruschatki. Trebovaniya i metody ispytaniy. 11. EN 1339. Betonnyye trotuarnyye plity. Trebovaniya i metody ispytaniy. 12. EN 1340. Betonnyye bordyurnyye bloki. Trebovaniya i metody ispytaniy. 13. Skripkiunas G., Girskas G., Malayshkene Y., Shemelis E. Izmeneniye kharakteristik vibropressovannykh betonnykh trotuarnykh blokov. Stroitel'nyye nauki. 2014. Tom 15, № 1. S. 24–28. 14. Koval'ska A., Auzins Y. Issledovaniye tekhnologii vibropressovaniya. Inzhenernoye razvitiye. 2011. S. 408–412.

Danyliuk V.I. [1: 0009-0000-2148-1139],
Ph.D Student
(volodymyr.i.danyliuk@lpnu.ua)

¹ Lviv Polytechnic National University, Lviv

STUDY OF THE DISTRIBUTION OF THE ACTUAL MASS OF CONCRETE PRECAST PAVING ELEMENTS ACROSS THE TOTAL AREA OF THE TECHNOLOGICAL PRESS -MOLD DURING THE VIBROPRESSING OF FINISHED PRODUCTS ON MODERN CONCRETE FORMING COMPLEXES

The article addresses the problem of ensuring stable physical and mechanical characteristics in fine-grained, shaped concrete paving elements manufactured using semi-dry volumetric vibro-pressing. The author analyzed the production regulations, particularly the critical impact of integrating the preliminary (3–4 s) and main (6–8 s) vibro-pressing phases of a two-layer concrete mixture. It has been

established that even when using modern concrete molding systems from leading manufacturers (MASA, Zenith, Hess), the problem of uneven mold cell filling still occurs. Based on an analysis of production experience and scientific literature, it is proven that this technological deviation leads to fluctuations in the actual bulk density of the products. This is the primary cause of instability in their physical and mechanical properties and the overall decline in the quality of the finished goods.

Under real-world production conditions, the author of this publication attempted to determine the actual impact of the preliminary vibration process while filling the metal mold with a two-layer concrete mixture using the MASA 9.1 XL concrete molding system within the vibro-pressing technological process.

Keywords: actual bulk density; precast concrete paving elements; vibropression; preliminary vibration; main vibropression cycle

Отримано: 11 січня 2026 року
Прорецензовано: 23 лютого 2026 року
Прийнято до друку: 27 березня 2026 року



© 2026 [Danyliuk V.I.]. Licensee [NUWEE]. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC) license ([creativecommons.org](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)).