

## ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРУ РОЗПОДІЛУ НАПРУЖЕНЬ ПО ВИСОТІ НАПІВФАБРИКАТУ З ПОЛІМЕРНОГО БЕТОНУ ПІД ЧАС ЙОГО ПОВЕРХНЕВОГО ВІБРАЦІЙНОГО УЩІЛЬНЕННЯ

**Дмитро Савслов**

доцент кафедри машинобудування

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, вул. Першотравнева, 20,  
Кременчук, Полтавська область, Україна, 39600, [dvsavelov@gmail.com](mailto:dvsavelov@gmail.com);

**ORCID: 0000-0002-5170-9621**

Для теоретичного визначення напружено-деформованого стану ущільнюваного вібраційною плитою полімерного бетону виконано дослідження динамічної системи «вібраційна плита – полімерний бетон», в якій ущільнюваний вібраційним навантаженням полімерний бетон зображено у вигляді системи з розподіленими параметрами. В результаті підстановки виразу, який описує закон руху вібраційної плити у робочому режимі, в залежність між напруженням і деформацією для умов одновісного напруженого стану був знайдений закон зміни напружень, які виникають в ущільнюваному шарі полімерного бетону. Отриманий таким чином закон дозволив визначити зміни напружень не тільки в основі і на поверхні ущільнюваного полімерного бетонного виробу, але й в його шарах залежно від обраних параметрів вібраційного впливу. За знайденими теоретичними залежностями побудовано графіки, які наочно ілюструють зміни амплітуди коливань вібраційної плити залежно від висоти виробу, а також особливості розподілу напружень по висоті ущільнюваного шару залежно від відносної щільності шару полімерного бетону для обґрунтованого раніше режиму вібраційного впливу.

**Ключові слова:** вібраційна плита, полімерний бетон, коливання, напруження, деформація.

Під час ущільнення полімерного бетону поверхневим вібраційним робочим органом відбувається зміна його напружено-деформованого стану. При цьому розподіл напружень, які виникають в ущільнюваному вібраційним навантаженням полімерному бетоні та визначають якість готового виробу, залежить від фізико-механічних властивостей полімерного бетону, характеру й режимів вібраційного впливу, а також розмірів самого виробу.

Систематичні дослідження процесів вібраційної обробки технологічних середовищ дозволили накопичити значний досвід у тому числі й в питаннях зміни характеру напружень під час вібраційного ущільнення ґрунтів [1–3], цементних й асфальтних бетонів [4–8], порошкових середовищ [9] у разі їх модельного уявлення. Детальне ознайомлення з цими роботами показує, що для визначення закономірностей зміни напружень під час здійснення різних способів вібраційного впливу досліджувалися динамічні системи «вібраційний робочий орган – ґрунт», «вібраційний майданчик – ущільнюване середовище» та ін. Такий підхід з досить високим ступенем точності дозволив отримувати не тільки аналітичні закономірності зміни напружень, які виникають в ущільнюваних середовищах, а й оцінити характер їх зміни в шарах виробів.

Для виробництва якісних виробів і напівфабрикатів з полімерного бетону необхідно оцінити характер розподілу технологічних напружень в шарах полімерного бетону залежно від підібраних робочих параметрів вібраційного обладнання. Так у роботах [10; 11] знайдені закон руху вібраційної плити, обґрунтовано режими руху і раціональні параметри робочого органу для поверхневого ущільнення залежно від фізико-механічних характеристик полімерного бетону й розмірів виробів.

Це розкриває подальші можливості для проведення теоретичних досліджень характеру розподілу напружень по висоті ущільнюваних виробів, перевірки отриманих раніше результатів і підібраних параметрів обладнання, а також прогнозування якості одержуваних напівфабрикатів і виробів.

Метою цих досліджень є теоретичне дослідження характеру зміни напружень по висоті ущільнюваного шару полімерного бетону під час його поверхневого вібраційного ущільнення.

У роботах [10; 11] представлена розрахункова схема динамічної системи «вібраційна плита – полімерний бетон», в якій полімерний бетон зображено у вигляді системи з розподіленими параметрами. В результаті проведення теоретичних досліджень визначено вид закону руху вібраційної плити, яка в робочому режимі ущільнення взаємодіє з полімерним бетоном [10]:

$$u(x, t) = \frac{A}{\sqrt{(sh\alpha H \cos kH)^2 + (ch\alpha H \sin kH)^2}} \times \\ \times [sh[\alpha(H-x)] \cos[k(H-x)] \sin(\omega t - \theta) + \\ + ch[\alpha(H-x)] \sin[k(H-x)] \cos(\omega t - \theta)] \quad (1)$$

Тут  $H$  – висота ущільнюваного шару;  $k$  – хвильове число;  $\alpha$  – коефіцієнт поглинання вібраційного навантаження, який характеризує зменшення амплітуди коливань у разі віддалення від джерела збудження;  $A$  – амплітуда вимушених коливань вібраційної плити й верхнього шару полімерного бетону;  $\omega$  – кутова частота вимушених коливань,  $t$  – поточний час;  $\theta$  – кут зсуву фаз.

Амплітуда вимушених коливань вібраційної плити й верхнього шару полімерного бетону визначається виразом [10; 11]:

$$A = \frac{Q}{\sqrt{[c_3 + c_n - (m + m_n)\omega^2]^2 + \omega^2 b_n^2}}; \quad (2)$$

де  $Q$  – амплітуда збуджуючої сили;  $c_n$  і  $b_n$  – наведені коефіцієнти жорсткості й дисипативного опору ущільнюваного полімерного бетону;  $m_n$  – наведена маса ущільнюваного полімерного бетону.

Вирази для аналітичного визначення значень  $\theta$ ,  $k$ ,  $\alpha$ ,  $c_n$ ,  $b_n$  і  $m_n$ , а також їх чисельні значення визначені в роботі [10].

Для теоретичного визначення закону зміни напружень, що виникають в ущільнюваному вібраційною плитою шарі полімерного бетону, підставимо вираз (1) в залежність між напруженням і деформацією в полімерному бетоні [10]:

$$\sigma(x, t) = E_1 \frac{\partial u(x, t)}{\partial x} + \eta \cdot \left( \frac{E_1 + E_2}{E_2} \right) \frac{\partial^2 u(x, t)}{\partial x \partial t} - \\ - \left( \frac{\eta \cdot \rho}{E_2} \right) \frac{\partial^3 u(x, t)}{\partial t^3} \quad (3)$$

де  $\sigma(x, t)$  – напруження, що виникають в ущільнюваному шарі полімерного бетону;  $u$  і  $x$  – ейлерова і лагранжева координати;  $E_1$  і  $E_2$  – динамічні модулі пружної деформації полімерного бетону;  $\eta$  – коефіцієнт динамічної в'язкості, що враховує внутрішнє тертя в полімерному бетоні.

В результаті підстановки (1) в (3) і перетворень, визначимо закон зміни напружень в ущільнюваному шарі полімерного бетону у такому вигляді:

$$\sigma(x, t) = A \cdot \sqrt{\frac{(k^2 + \alpha^2) \cdot \left( E_1^2 + \eta^2 \cdot \omega^2 \cdot \left( \frac{E_1 + E_2}{E_2} \right)^2 \right)}{(sh\alpha H \cos kH)^2 + (ch\alpha H \sin kH)^2}} \times \\ \times \{ sh\alpha(H-x) \sin k(H-x) \sin(\omega t - \theta + \phi_3 - \phi_4) -$$

$$- ch\alpha(H-x) \cos k(H-x) \cos(\omega t - \theta + \phi_3 - \phi_4) - \\ - \frac{\eta \cdot \rho \cdot \omega^3}{E_2} \times \\ \times \sqrt{\frac{(k^2 + \alpha^2) \cdot \left( E_1^2 + \eta^2 \cdot \omega^2 \cdot \left( \frac{E_1 + E_2}{E_2} \right)^2 \right)}{(sh\alpha H \cos kH)^2 + (ch\alpha H \sin kH)^2}} \times \\ \times [ ch\alpha(H-x) \sin k(H-x) \sin(\omega t - \theta) - \\ - sh\alpha(H-x) \cos k(H-x) \cos(\omega t - \theta) ] \}, \quad (4)$$

де  $\phi_3$  і  $\phi_4$  – кути зсуву фаз:

$$\phi_3 = \arctg \left( \eta \cdot \omega \cdot \left( \frac{E_1 + E_2}{E_2} \right) / E_1 \right); \quad (5) \\ \phi_4 = \arctg(\alpha / k).$$

З аналізу отриманого виразу (4) витікає, що на величину виникаючих напружень  $\sigma(x, t)$  суттєвий вплив чинять динамічні модулі пружної деформації  $E_1$ ,  $E_2$  і коефіцієнт динамічної в'язкості  $\eta$  полімерного бетону, амплітуда  $A$  і кутова частота вимушених коливань  $\omega$  вібраційної плити, висота шару, що ущільнюється  $H$ , хвильове число  $k$  і коефіцієнт поглинання вібраційного навантаження  $\alpha$ .

З виразу (4) знайдемо закон зміни напружень на поверхні ущільнюваного шару у разі, коли  $x = 0$ :

$$(0, t) = A \cdot \sqrt{\frac{(k^2 + \alpha^2) \cdot \left( E_1^2 + \eta^2 \cdot \omega^2 \cdot \left( \frac{E_1 + E_2}{E_2} \right)^2 \right)}{(sh\alpha H \cos kH)^2 + (ch\alpha H \sin kH)^2}} \times \\ \times \{ sh\alpha H \cdot \sin kH \cdot \sin(\omega t - \theta + \phi_3 - \phi_4) - \\ - ch\alpha H \cdot \cos kH \cdot \cos(\omega t - \theta + \phi_3 - \phi_4) - \\ - \frac{\eta \cdot \rho \cdot \omega}{E_2} \times \\ \times \sqrt{\frac{(k^2 + \alpha^2) \cdot \left( E_1^2 + \eta^2 \cdot \omega^2 \cdot \left( \frac{E_1 + E_2}{E_2} \right)^2 \right)}{(sh\alpha H \cos kH)^2 + (ch\alpha H \sin kH)^2}} \times \\ \times [ ch\alpha H \cdot \sin kH \cdot \sin(\omega t - \theta) - \\ - sh\alpha H \cdot \cos kH \cdot \cos(\omega t - \theta) ] \}, \quad (6)$$

а також в його основі у разі, коли  $x = H$ :

$$\sigma(H, t) = A \cdot \sqrt{\frac{(k^2 + \alpha^2) \cdot \left( E_1^2 + \eta^2 \cdot \omega^2 \cdot \left( \frac{E_1 + E_2}{E_2} \right)^2 \right)}{(sh\alpha H \cos kH)^2 + (ch\alpha H \sin kH)^2}} \times \\ \times [-\cos(\omega t - \theta + \phi_3 - \phi_4)]. \quad (7)$$

Теоретичні положення перевірялися на лабораторному вібраційному робочому органі з такими основними параметрами: маса вібраційної плити  $m = 75$  кг; амплітуда збуджуючої сили  $Q = 4415$  Н; кутова частота вимушених коливань  $\omega = 293$  рад/с; жорсткість пружних амортизаторів

рів  $c_3 = 470880$  Н/м; амплітуда коливань вібраційної плити в холостому режимі  $A_{xx} = 0,68$  мм. Цим вібраційним робочим органом ущільнювався полімерний бетон у формі розміром в плані  $0,2 \times 0,4$  м<sup>2</sup> такого структурного складу [10]: щебінь гранітний фракції 5–20 (50 % від загального об'єму суміші), пісок річковий з модулем крупності  $M_k = 1,8$  (22–27 %); маршаліт фракції 0,05 мм (10–15 %); поліефірна смола Filabond 2000 PA (5 %); затверджувач МЕКР-НА-2 (0,5–1 %).

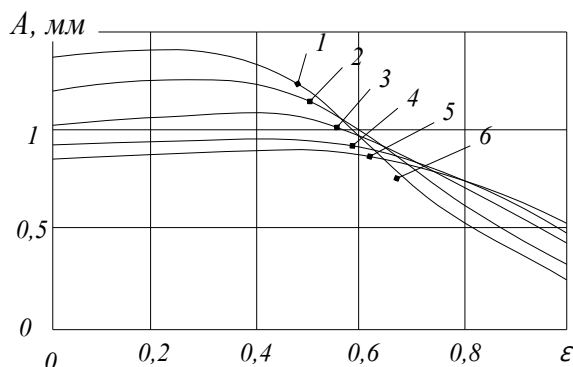


Рисунок 1 – Зміна амплітуди коливань вібраційної плити  $A$  залежно від відносної щільності  $\epsilon$  та висоти шару  $H$ :

- 1 – при  $H = 50$  мм; 2 – при  $H = 60$  мм;
- 3 – при  $H = 80$  мм; 4 – при  $H = 100$  мм;
- 5 – при  $H = 120$  мм; 6 – при  $H = 150$  мм

На рис. 1 показано зміну амплітуди коливань вібраційної плити  $A$ , отриману в результаті розрахунку за формулою (2). Наведені на рис. 1 криві показують, що суттєвий вплив на амплітуду коливань  $A$  вібраційної плити чинять фізико-механічні характеристики полімерного бетону і висота  $H$  шару, що ущільнюється.

Так зі збільшенням висоти  $H$  ущільнюваного шару від 50 до 150 мм і відносній щільності  $\epsilon$  полімерного бетону амплітуда коливань вібраційної плити зменшується.

На самому початку вібраційного процесу ущільнення у разі зміни відносної щільності  $\epsilon$  від 0 до 0,25 відбувається збільшення амплітуди коливань  $A$  вібраційної плити з 1,41 до 1,45 мм при  $H = 50$  мм та з 1,22 до 1,26 мм при  $H = 60$  мм.

Для шарів висотою 80, 100 і 120 мм збільшення амплітуди коливань  $A$  вібраційної плити відбувається при відносній щільності  $\epsilon$  в діапазоні від 0 до 0,5 з 1,02 до 1,06 мм при  $H = 80$  мм; з 0,92 до 0,95 мм при  $H = 100$  мм і з 0,85 до 0,86 мм при  $H = 120$  мм. У разі висоти шару  $H = 150$  мм амплітуда коливань становить 0,78 мм в діапазоні  $\epsilon$  від 0 до 0,5.

У разі подальшого ущільнення полімерного бетону зазначеного складу і збільшення відносної щільності  $\epsilon$  від 0,5 до 1 при значеннях висот  $H$  шарів 50, 60, 80 і 100 мм відбувається значне зменшення амплітуди коливань  $A$  вібраційної плити відповідно до 0,25, 0,31, 0,41 і 0,49 мм. Для шарів висотою 120 і 150 мм амплітуда коливань  $A$  вібраційної плити зменшується до 0,53 і 0,55 мм відповідно.

Одним з основних параметрів, що визначає напружено-деформований стан ущільнюваних шарів і, як наслідок, якість одержуваних полімербетонних композицій, є характер розподілу технологічних напружень по висоті  $H$  ущільнюваного шару.

На рис. 2–7 наведено графіки зміни напружень  $\sigma$  за висотою ущільнюваного шару  $H$ . Для побудови цих графіків використовувався теоретичний вираз (4). Висота ущільнюваних шарів  $H$  дорівнювала 50, 60, 80, 100, 120 і 150 мм.

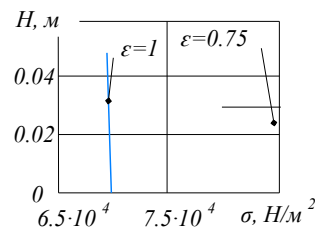


Рисунок 2 – Зміна напружень  $\sigma$  по висоті ущільнюваного шару полімерного бетону при  $H = 50$  мм

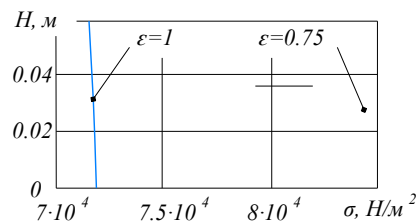


Рисунок 3 – Зміна напружень  $\sigma$  по висоті ущільнюваного шару полімерного бетону при  $H = 60$  мм

Дотримуючись методики визначення напружень, наведеної в роботі [12], кожен шар висотою  $H$  розбивався на ряд проміжних значень. Наприклад, для висоти шару  $H = 150$  мм для кожної відносної деформації  $\epsilon$  визначалися значення напружень за проміжними значеннями висоти, тобто для  $x = 0, 20, 40, 60, 80, 120$  і 150 мм.

Значення відносної щільності  $\epsilon$  дорівнювали 0, 0,25, 0,5, 0,75 і 1. Значення кутової координати  $\omega t$  приймалися в межах від  $0^\circ$  до  $270^\circ$ . Значення напружень визначалися для кожного значення проміжної висоти  $x$  і відносної щільності  $\epsilon$  через

кожні  $10^\circ$ , тобто для значень кутової координати  $\omega t = 0^\circ, 10^\circ, 20^\circ, 30^\circ, 40^\circ \dots 270^\circ$ . З отриманого ряду числових значень напружень вибиралися найбільші значення одного знаку.

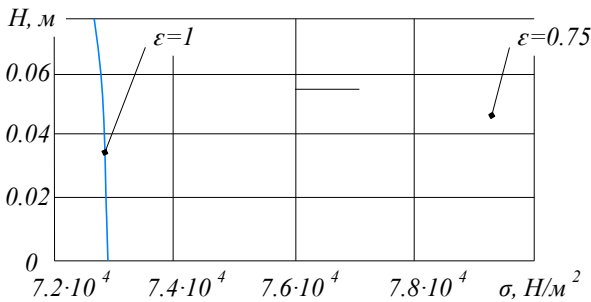


Рисунок 4 – Зміна напружень  $\sigma$  по висоті ущільнюваного шару полімерного бетону при  $H = 80$  мм

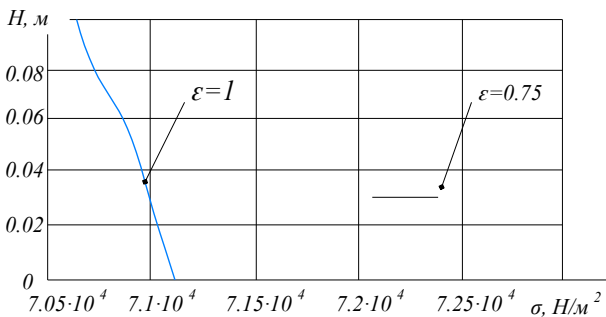


Рисунок 5 – Зміна напружень  $\sigma$  по висоті ущільнюваного шару полімерного бетону при  $H = 100$  мм

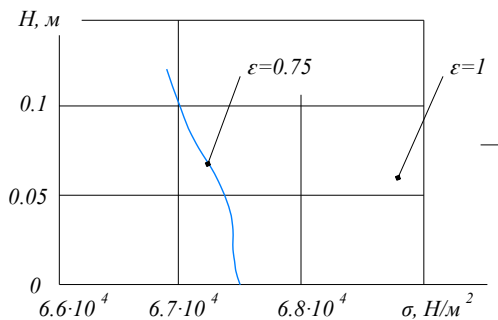


Рисунок 6 – Зміна напружень  $\sigma$  по висоті ущільнюваного шару полімерного бетону при  $H = 120$  мм

Аналіз наведених на рис. 2–7 графіків свідчить про те, що у разі поверхневого вібраційного ущільнення на величину і характер розподілу напружень  $\sigma$  у шарах полімерного бетону значною мірою впливає амплітуда коливань  $A$  вібраційної плити та відносна щільність  $\varepsilon$  ущільнюваного полімерного бетону. Амплітуда напружень  $\sigma$  має найбільші значення у верхніх шарах полімерного бетону, які розташовуються

в безпосередній близькості до джерела збудження. При цьому для прийнятого вібраційного режиму суттєвого зменшення величини напружень по висоті  $H$  шару у разі віддалення від джерела збудження не відбувається для всіх досліджуваних висот.

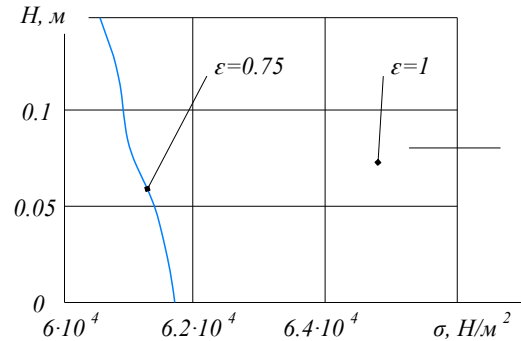


Рисунок 7 – Зміна напружень  $\sigma$  по висоті ущільнюваного шару полімерного бетону при  $H = 150$  мм

З графіків витікає, що для ущільнюваних полімербетонних виробів з висотами 50, 60, 80 і 100 мм зі збільшенням відносної щільності  $\varepsilon$  від 0 до 0,75 відбувається збільшення величини напружень. При відносній щільності  $\varepsilon = 1$  значення амплітуди напружень зменшується для кожного значення проміжної висоти  $x_i$ . Це пояснюється тим, що для зазначених висот  $H$  амплітуда коливань  $A$  вібраційної плити зменшується більш інтенсивно залежно від відносної щільності  $\varepsilon$ , що й показано на рис. 1.

У разі ущільнення виробів, які мають висоту 120 і 150 мм, зі збільшенням відносної щільності  $\varepsilon$  амплітуда напружень зростає і досягає максимального значення у разі  $\varepsilon = 1$ . Це пояснюється тим, що для значних висот ущільнюваних виробів амплітуда коливань  $A$  вібраційної плити хоч і має менші числові значення, проте із зростанням відносної щільності  $\varepsilon$  зменшується значно менше (рис. 1).

В результаті проведених теоретичних досліджень динамічної системи «вібраційна плита – полімерний бетон» отримано аналітичні вирази для визначення закону зміни напружень, які виникають в ущільнюваному шарі полімерного бетону під час його деформування поверхневим вібраційним робочим органом. Знайдені залежності дозволяють з достатнім ступенем точності визначити характер зміни напружень по висоті напівфабрикату залежно від фізико-механічних характеристик полімерного бетону, що ущільнюється, і прийнятого режиму вібраційного впливу.



## ЛІТЕРАТУРА

1. Minaev O. P. Russian methods and equipment for spatial vibrocompaction foundations and structures. *Japanese Geotechnical Society Special Publication*. 2015. Vol. 2. Is. 80. Pp. 2747–2750. DOI: 10.3208/jgssp.TC305-11
2. Маслов А. Г., Савелов Д. В. Вибрационный прокол грунтов. Кременчук : КрНУ, 2019. 102 с.
3. Маслов А. Г., Савелов Д. В. Теоретические исследования процесса взаимодействия вибрационной головки грунтопрокалывающей установки с грунтом. *Зб. наук. пр. Кіровоградського державного технічного університету «Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація»*. Вип. 13. Кіровоград : КДТУ, 2003. С. 26–32.
4. Maslov A., Janar Batsaikhan. The research of the parameters of a vibration machine for composite materials compaction. *MATEC Web of Conferences*. 2018. 224, 02099. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201822402099>
5. Maslov O., Janar Batsaikhan, Salenko Yu. The Theory of Concrete Mixture Vibratory Compacting. *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*. 2018. Vol. 7 (3.2), pp. 239–244. DOI: 10.14419/ijet.v7i3.2.14411
6. Bogomolov V., Zhdanyuk V., Tsynka A., P. G. Viscoelastic structural model of asphalt concrete. *Автомобильный транспорт*. 2016. Вып. 2016. С. 117–123.
7. Свідерський А. Т. Дослідження динаміки вібраційної машини із урахуванням напружено-деформованого стану пружно-пластичного середовища. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2013. Вип. 3 (71). С. 41–45.
8. Paul Khosla N., Sadasivam S. Evaluation of the effects of mixture properties and compaction methods on the predicted performance of superpave mixtures. Civil Engineering North Carolina State University. 2002. Vol. 10. P. 166.
9. Savelov D., Puzyr R., Markevich A. Peculiarities of vibrational press dynamics with hard-elastic restraints in the working regime of metal powders molding. *Metallurgical and Mining Industry*. 2015. № 2. Pp. 67–74.
10. Maslov A., Savielov D., Vakulenko R. Theoretical determination of the law of motion of vibrating plate at surface compaction of polymer concrete. *Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво*. Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. 2021. Випуск 1 (56). С. 5–11.
11. Маслов О. Г., Савелов Д. В. Теоретичне визначення закономірності зміни напружень, які виникають у полімерному бетоні при його ущільненні вібраційною плитою. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. Кременчук: КрНУ, 2021. Вип. 4/2021 (129). С. 135–141 <https://doi.org/10.30929/1995-0519.2021.4.135-141>
12. Maslov O., Savielov D., Salenko Y., Javadova M. (2022) Theoretical Study of the Dynamic System “Vibration Platform – Polymer Concrete” Stress-Strain State. In: Onyshchenko V., Mammadova G., Sivitska S., Gasimov A. (eds.) *Proceedings of the 3rd International Conference on Building Innovations. ICBI 2020. Lecture Notes in Civil Engineering*, vol. 181. Springer, Cham. Pp. 191–201. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-85043-2\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-030-85043-2_19)

## THE RESEARCH OF THE NATURE OF THE STRESS DISTRIBUTION OVER THE HEIGHT OF A SEMI-FINISHED POLYMER CONCRETE PRODUCT DURING ITS SURFACE VIBRATION COMPACTION

**Dmytro Savielov**

Associate Professor at the Department “Mechanical engineering”

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, 20 Pershotravneva str., Kremenchuk, Poltava region, 39600, Ukraine, [dvsavelov@gmail.com](mailto:dvsavelov@gmail.com);

**ORCID: 0000-0002-5170-9621**

**Purpose.** Based on a thorough analysis of the scientific and technical literature, it is established that for the mass production of quality materials and products from polymer concrete compositions, the most effective will be a vibration method of sealing, which means that when they are received, the vibrating working bodies of the forming technological equipment will interact with the polymer concrete mass. The purpose of these researches is a theoretical study of the nature of stress changes in the height of the compacted layer of polymer concrete during its surface vibration compaction. **Methodology.** For the theoretical determination of the nature of the interaction of the surface vibrating working body with polymer concrete, the study of the dynamic system “vibration plate – polymer concrete” was performed. In this dynamic system, compacted polymer concrete is presented in the form of a system with distributed parameters, which takes into account the action of elastic and dissipative resistance forces acting from the polymer concrete side when it is deformed on a vibrating working body. **Results.** In accordance with the accepted rheological model of polymer concrete for the uniaxial stress condition, the dependence in the individual derivatives between the stress and the deformation of the polymer concrete is proposed, the nature of which depends on the dynamic modulus of elastic deformation, the dynamic modulus of Maxwell’s elastic deformation and the coefficient of dynamic viscosity. A wave equation of oscillation is proposed, which describes the propagation of elastic-viscous deformation waves in polymer concrete deformed by a surface vibrating working body. To solve the wave equation of oscillations, boundary conditions are drawn. The first boundary condition describes the interaction of a surface vibrating working body with a compacted concrete. The second boundary condition implies that the displacement of the sealed layer of polymer concrete at a certain distance from the surface of the vibrating

working body is zero. We find constant integrations (complex amplitudes) that satisfy the accepted boundary conditions. **Originality.** As a result of substituting the expression that describes the law of motion of the vibrating plate in the operating mode into the dependence between stress and deformation for the conditions of the uniaxial stress state, the law of stress changes that occur in the compacted layer of polymer concrete was found. The law obtained in this way made it possible to determine stress changes not only in the base and on the surface of the compacted polymer concrete product, but also in its layers, depending on the selected parameters of vibration exposure. **Practical value.** The found dependences allow to determine with a sufficient degree of accuracy the nature of the change in stress on the height of the semi-finished product depending on the physical and mechanical characteristics of the polymeric concrete to be compacted and the accepted mode of vibration.

**Key words:** vibration plate, polymer concrete, vibrations, stress, deformation.

## REFERENCES

1. Minaev, O. P. Russian methods and equipment for spatial vibrocompaction foundations and structures. Japanese Geotechnical Society Special Publication. 2015. Vol. 2. Is. 80. Pp. 2747–2750. DOI: 10.3208/jgssp.TC305-11 [in English]
2. Maslov, A. G., Savielov, D. V. (2019). Vibracionnyj prokol gruntov [Vibration puncture of soils]. Kremenчук. 102 p. [in Ukrainian]
3. Maslov, A. G., Savelov, D. V. (2003). “Theoretical studies of interaction process of the soil-piercing installation vibration head with the soil”, *Academic Journal Series of Kirovograd State Technical University “Machinery in Agricultural Production, Industrial Machine Building, Automation”*. (Vol. 13, pp. 26–32). Kirovograd : KSTU. [in Ukrainian]
4. Maslov, A., Janar, Batsaikhan. The research of the parameters of a vibration machine for composite materials compaction. MATEC Web of Conferences. 2018. 224, 02099. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201822402099> [in English]
5. Maslov, O., Janar, Batsaikhan, Salenko, Yu. The Theory of Concrete Mixture Vibratory Compacting. *International Journal of Engineering and Technology (UAE)*. 2018. Vol. 7 (3.2), pp. 239–244. DOI: 10.14419/ijet.v7i3.2.14411 [in English]
6. Bogomolov, V., Zhdanyuk, V. A., Tsynka, P. G. (2016). “Viscoelastic structural model of asphalt concrete”. *Road transport*, pp. 117–123. [in Ukrainian]
7. Sviderskii, A. T. (2013). Investigation of the vibrating machine dynamics taking into account the stress-strain state of an elastic-plastic medium. *Vibrations in Engineering and Technology*. (Vol. 3 (71), pp. 41–45). [in Ukrainian]
8. Paul Khosla, N., Sadasivam, S. Evaluation of the effects of mixture properties and compaction methods on the predicted performance of superpave mixtures. Civil Engineering North Carolina State University. 2002. Vol. 10. P. 166. [in English]
9. Savelov, D., Puzyr, R., Markevich, A. Peculiarities of vibrational press dynamics with hard-elastic restraints in the working regime of metal powders molding. *Metallurgical and Mining Industry*. 2015. № 2. Pp. 67–74. [in English]
10. Maslov, A., Savielov, D., Vakulenko, R. (2020). Teoretichne viznachennya zakonu ruhu vibracijnoї pliti pri poverhnevomu ushchil'neni polimernogo betonu [Theoretical determination of the law of motion of vibrating plate at surface compaction of polymer concrete]. *Transactions of National University “Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic”*. Poltava : Issue 1 (56). 2021. Pp. 5–11. [in Ukrainian]
11. Maslov, A. H., Savelov, D. V. (2021). Teoretichne viznachennya zakonmironosti zmini napruzhen', yaki vinikayut' u polimernomu betoni pri jogo ushchil'neni vibracijnoyu plitoyu [Theoretical definition of the law of stress changes that occur in polymer concrete when it is compacted by a vibrating plate]. *Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, KRNU*, Issue 4/2021 (129). – Pp. 135–141 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.30929/1995-0519.2021.4.135-141>
12. Maslov, O., Savielov, D., Salenko, Y., Javadova, M. (2022) Theoretical Study of the Dynamic System “Vibration Platform – Polymer Concrete” Stress-Strain State. In: Onyshchenko V., Mammadova G., Sivitska S., Gasimov A. (eds) Proceedings of the 3rd International Conference on Building Innovations. ICBI 2020. Lecture Notes in Civil Engineering, vol. 181. Springer, Cham. Pp. 191–201. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-85043-2\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-030-85043-2_19) [in English]

Стаття надійшла 13.03.2022