

УДК 625.7/1.8

doi:10.20998/2413-4295.2022.01.02

**ВИВЧЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ РОБІТ З УЩІЛЬНЕННЯ
ГРУНТУ ДЛЯ ОБ'ЄКТІВ МАЛОГО БУДІВНИЦТВА****О. С. ВАСИЛЬЄВ, А. М. ЯКОВЕНКО*, Ю. Ю. ПУСТОВІТ**

кафедра будівельних машин і обладнання, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,
м. Полтава, УКРАЇНА

*e-mail: andrii.yakovenko95@gmail.com

АНОТАЦІЯ Ущільнення ґрунтів різного складу широко застосовується при всіх видах будівництва. Для проведення цих робіт вітчизняною промисловістю випускаються різні види машини і обладнання. Номенклатура цих засобів безперервно розширюється. Росте також і їх потужність та вдосконалюються робочі органи. При цих умовах дуже важливим є питання підвищення продуктивності та якості роботи, що можливе лише при правильному виборі загальних конструктивних схем машин та їх параметрів. Одним з важливих параметрів процесу ущільнення є фактор часу або можливість змінювати вплив дії вібрації на оброблюване середовище. При збільшенні часу впливу робочого обладнання на матеріал, що ущільнюється, або інтенсивності дії поліпшуються умови утворення структури шару, що ушкоджується, і досягається його найбільша міцність. При виконанні робіт на приватних ділянках не великої площі компактна дорожня техніка, така як міні-каток знайшла широке застосування в процесі ущільнення ґрунтів, що передбачає роботу в обмеженому просторі. У цій роботі пропонується конструкція саме такої техніки, яка обладнана механізмом плавної зміни сили, що збуджує вібрацію. Для виконання операцій з ущільнення ґрунту під малогабаритні об'єкти нами запропоновано використовувати удосконалений ручний вібраційний каток з ступеневою зміною статичного моменту та автономним живленням від акумулятора, який з'єднаний з приводом через інвертор. Зміна статичного моменту відбувається за рахунок зміни кута нахилу від центру дебаланса до осі обертання валу. За необхідністю улаштувань основ під укладання різних дорожніх та декоративних покриттів при індивідуальному будівництві застосовується вібраційний каток, який не тільки має компактну конструкцію, але і не передбачає обов'язкові широко амплітудні маневрування для якісного ущільнення матеріалу. Зміна статичного моменту оператором під час руху дає змогу швидко підлаштовуватися на різні види ґрунту, а робота від акумулятора дозволяє деякий час не бути прив'язаним до мережі живлення, що дає додаткову перевагу, особливо важливу при роботі на віддалених об'єктах будівництва.

Ключові слова: вібрація; віброущільнення; будівельні роботи; вібраційний каток; статичний момент; дебаланс

**STUDY OF EQUIPMENT FOR CONDUCTING SOIL COMPACTIONS FOR SMALL
CONSTRUCTION OBJECTS****O. S. VASILIEV, A. M. YAKOVENKO, Y. Y. PUSTOVIT**

Department of Construction Machinery and Equipment, National University 'Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic', Poltava, UKRAINE

ABSTRACT Compaction of soils of different composition is widely used in all types of construction. To carry out these works, the domestic industry produces various types of machinery and equipment. The range of these tools is constantly expanding. Their capacity is also growing and their working bodies are improving. Under these conditions, the issue of increasing productivity, and quality of work is very important, which is possible only with the right choice of general structural schemes of machines and their parameters. One of the important parameters of the compaction process is the time factor or the ability to change the effect of vibration on the treated medium. Increasing the time of exposure of the working equipment to the material to be compacted, or the intensity of the action improves the conditions of formation of the structure of the rolling layer, and its greatest strength is achieved. When performing work on private plots of small area, compact road equipment, such as a mini-roller, has found wide application in the process of soil compaction, which involves work in a limited space. This paper proposes the design of such a technique, which is equipped with a mechanism for smooth change of force that excites vibration. To perform soil compaction operations for small objects, we have proposed to use an advanced manual vibrating roller with a step change of static torque and autonomous power supply from the battery, which is connected to the drive through the inventory. The change of static moment occurs due to the change of the angle of inclination from the centre of unbalance to the axis of rotation of the shaft. If it is necessary to arrange the foundations for laying various road and decorative coatings in individual construction, a vibrating roller is used, which not only has a compact design, but also does not require mandatory wide-amplitude manoeuvres for high-quality compaction of the material. Changing the static torque of the operator while driving allows you to quickly adjust to different types of soil, and battery operation allows you to stay out of power for a while, which gives an additional advantage, especially important when working on remote construction sites.

Keywords: vibration; vibratory compaction; construction works; vibrating roller; static moment; imbalance.

Вступ

Одна з найважливіших операцій на будівництві, а також в аграрному секторі, будь-якого земляної споруди – ущільнення матеріалу.

При будівництві малогабаритних об'єктів під фундамент застосовують крихкі та сипучі матеріали, а саме пісок, щебінь та різноманітні суміші. Дані елементи під час будівництва фундаменту вимагають примусового ущільнення, з метою одержання потрібної щільності. Експлуатаційні властивості

фундаменту можна визначити, як обранням матеріалу з якого вона буде зроблена, так і за технологією будівельного виробництва, оскільки ущільнення як операція є кінцевою. Чим якісніше буде виконана операція ущільнення тим кращі будуть залежні від неї такі показники фундаменту, а саме: несуча спроможність, рівність поверхні, стабільність до спрацювання під навантаження та кліматичних явищ [1–4].

Мета роботи

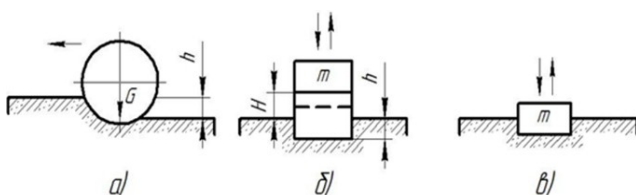
Метою дослідження є висвітлення вибору обладнання яке найбільш підходить для проведення ущільнення матеріалів під будівництво малогабаритних об'єктів.

Виклад основного матеріалу

Від якості ущільнення залежать такі основні характеристики місця під будівництво, як рівність поверхні, несуча здатність, стійкість проти зношування під дією навантажень будівлі і атмосферних явищ (зволоження, температурних перепадів) [5].

Процес ущільнення матеріалів зводиться до прикладання тим чи іншим способом до поверхні конструктивного шару місця під будівництво навантаження, під дією якого проходить зближення мінеральних частинок, їх більш компактне розміщення і зменшення пор. Ступінь ущільнення прийнято розцінювати щільністю і пористістю.

У робочих органах ущільнюючих машин використовуються наступні основні методи: укочування, трамбування, вібрації, що представлені на рис. 1 [2,6].



а) укочування; б) трамбування; в) вібрація

Рис. 1 – Методи ущільнення дорожніх матеріалів

Метод укочення застосовується для ущільнення суглинків, супісків. Суть його полягає у тому, що каток має велику масу, багаторазово проїжджає по поверхні ґрунту і під його тиском відбувається ущільнення. Товщина шару, що ущільнюється, залежить від маси катка, при використанні ручного катка це максимум 10-15 см для піску і 8-10 см для глини. Звичайний каток має гладку поверхню, ним можна укочувати будь-які ґрунти.

Метод трамбування застосовують для ущільнення піщаних, гравійових, галькових ґрунтів.

Суть даного метода полягає в тому, що на поверхню ґрунту кидають трамбувальну плиту. Її вага може досягати кількох тон, а розміри – кількох метрів. Для самостійного будівництва це найпростіший у технологічному плані і доступний метод. Ущільнення ґрунту трамбуванням ефективно на будь-яких ґрунтах, але оптимальних результатів досягає на ґрунтах зі зниженою вологістю.

Одним із найкращих методів ущільнення є метод віброущільнення. Даний метод використовує коливання маси із великою частотою та за рахунок передачі кінетичної енергії гранулам матеріалу, що розміщені в зоні впливу вібратора. При виконанні даної операції різноманітні за масою та габаритам зернинки набувають різноманітних пришвидшень, що взаємно переміщуються, та з часом між крупнішими зернинками заповнюються більш дрібніші, під час цього виконується збільшення щільності матеріалу [3,5].

Аналізуючи літературні джерела можна зробити висновок що віброущільнення можливо виконувати віброплитами та віброкатками [6–8].

Віброплита – це агрегат, основною функцією якого є трамбування. Застосовується в різних сферах: для ущільнення ґрунту при будівництві, ландшафтному плануванні, для трамбування сипучих матеріалів (піску, гальки, гравію), при укладанні асфальту, тротуарної плитки, бруківки. Віброплита для ущільнення ґрунту та інших сипучих матеріалів рекомендована для використання на площах, що не перевищують 1000 м²

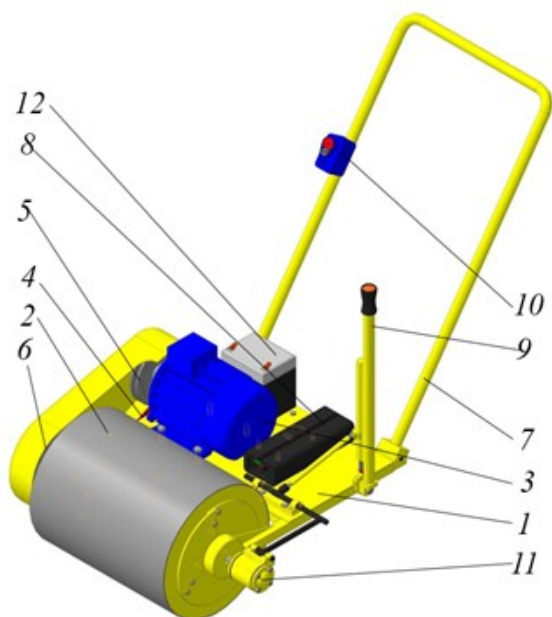
Віброкатки – це технологічний пристрій, призначений для ущільнення поверхонь різного типу. Переважно ручні віброкатки використовуються в дорожньому будівництві при укладанні різних дорожніх та тротуарних покриттів – асфальту, дрібного та великого щебню, тротуарної плитки, каменю, ґрунту, глини тощо.

Продуктивність вібраційної техніки визначається глибиною ущільнення, шириною смуги, що ущільнюється, швидкістю укочування та кількістю проходів, необхідних для досягнення потрібної щільності матеріалу [9–11].

Одним з важливих параметрів процесу ущільнення є фактор часу. При збільшенні часу дії котка на матеріал, що ущільнюється, поліпшуються умови утворення структури шару, що укочується, і досягається його найбільша міцність [12,13].

Тому для виконання операцій з ущільнення ґрунту під малогабаритні об'єкти нами запропоновано використовувати удосконалений ручний вібраційний каток з ступеневою зміною статичного моменту та автономним живленням від акумулятора який з'єднаний з приводом через інвертор (UKC-SSK-2000W), який зображений на рис. 2 [9,12,13].

На рис. 3 та 4 наведено зображення основних елементів запропонованого котка.



1 – рама; 2 – віброралець; 3 – електродвигун; 4 – клинопасова передача; 5 – шків ведучий; 6 – шків ведений; 7 – ручка котка; 8 – інвертор (перетворювач напруги); 9 – рукоятка керування; 10 – пульт керування; 11 – нажимний пристрій котка; 12 – акумулятор

Рис. 2 – Модель вібраційного котка

Обговорення результатів

Нами здійснено удосконалення ручного віброкатка з метою підвищення ефективності процесу ущільнення, яке признано винаходом [8]. Удосконалення полягає в тому, що ручний вібраційний каток має віброзбудувач з електроприводом та змінним статичним моментом, а сам каток переміщується оператором, що забезпечує ефективність ущільнення і розширює можливості застосування катка.

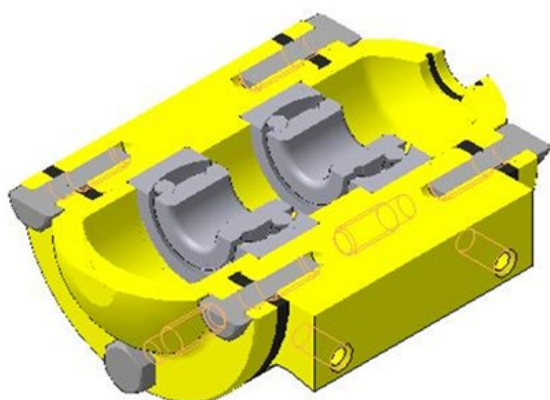


Рис. 3 – Нажимний пристрій катка

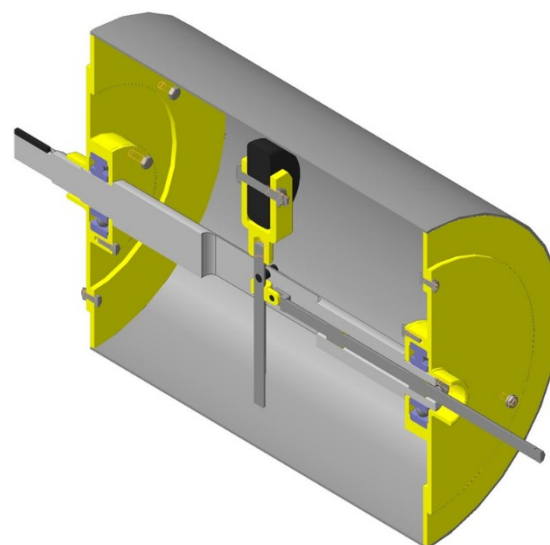


Рис. 4 – Зображення основних вузлів барабана віброкатка

Виконані нами розрахунки показали, що акумулятора ємністю 95 А·год достатньо для живлення електромотора потужністю 0,55 кВт, що дозволяє виконання робіт котком при проведенні робіт по ущільненню ґрунту для об'єктів малого будівництва і якісному ущільненню сумішей, на протязі зміни.

Висновки

У роботі проведено аналіз існуючих конструкцій та видів ручної вібраційної техніки. Визначено переваги і недоліки кожного із методів ущільнення матеріалів для будівництва. Аналіз методів ущільнення будівельних матеріалів свідчить, що найкраще підходить метод вібрації який за рівний проміжок часу може краще ущільнити більшу площу порівняно з іншими методами. Запропонована нами конструкція катка з ступеневою зміною статичного моменту та автономним живленням, на нашу думку, є найкращим варіантом для проведення робіт з ущільненню ґрунту для об'єктів малого будівництва. Зміна статичного моменту оператором під час руху дає змогу швидко підлаштовуватися на різні види ґрунту, а робота від акумулятора дозволяє не бути прив'язаним до мережі.

Список літератури

1. Онищенко О. Г., Онищенко В. О., Коробко Б. О., Вірченко В. В. *Будівельна техніка*. К.: Кондор-Видавництво, 2017. 416 с.
2. Хмара Л. А. *Машини для земляних робіт: навчальний посібник*. Рівне, Дніпропетровськ, Харків, 2010. 557 с.
3. Сукач М. К. *Будівельна техніка: навчальний посібник*. Київ, Сімферополь: КНУБА – НАПКС, 2010. 296 с.
4. Wersäll C., Nordfelt I., Larsson S. Soil compaction by vibratory roller with variable frequency. *Géotechnique*. Vol.

67. Iss. 3. March, 2017. P. 272–278. doi: 10.1680/jgeot.16.P.051.
5. Nawaz M. F., Bourrié G., Trolard F. Soil compaction impact and modelling, *Agronomy for Sustainable Development*. 2013. 33. P. 291–309. doi: 10.1007/s13593-011-0071-8.
6. Ловейкін В. С. *Динамічна оптимізація кулачкового приводу машин роликового формування: монографія*. К.: Компрінт, 2016. 239 с.
7. Feng, S.-J., Tan, K., Shui, W.-H., Zhang, Y. Densification of desert sands by high energy dynamic compaction. *Engineering Geology*. 2013. Vol. 157. P. 48–54. doi: 10.1016/j.enggeo.2013.01.017.
8. Lyutenko V., Orysenko O., Nadobko V. Mathematical Model for the Manual Vibration Roller Drive Mechanism Investigation *International Journal of Engineering & Technology*, 2018. Vol. 7. № 3.2. P. 232–235. doi: 10.14419/ijet.v7i3.2.14409.
9. Jagadish, H. P. Robust Sensorless Speed Control of Induction Motor with DTFC and Fuzzy Speed Regulator *International Journal of Electrical and Electronics Engineering*. 2011. № 5. P. 17–27.
10. Lyutenko V. Dynamics research of unbalanced vibrator with variable static moment *Збірник наукових праць. Галузеве машинобудування, будівництво Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»*. Полтава: Нац. ун-т імені Юрія Кондратюка, 2020. Вип. 1 (54). С. 5–11.
11. Kaczynski R., Vasyliov O., Vasyliov I. The Fracture Process of the Mortar Pump's Work Surfaces with Abrasive Particles *International Journal of Engineering & Technology (UAE)*. 2018. № 3.2. P. 154–159. doi: 10.14419/ijet.v7i3.2.14394.
12. Лютенко В. С., Яковенко А. М. Пат. на корисну модель 128828 Україна, МПК Е 01 С 19/24 (2006.01). *Ручний вібраційний каток*; власник: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (Україна). 10.10.2018, Бюл. № 19.
13. Лютенко В. С., Яковенко А. М. Пат. на винахід 120224 Україна, МПК Е 01 С 19/28 (2006.01). *Ручний вібраційний каток*; власник: Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка» (Україна). 25.10.2019, Бюл. № 20.
3. Sukach M. K. *Budivelna tekhnika: navchalnyi posibnyk* [Construction machinery: textbook], Kyiv, Simferopol: KNUBA–NAPKS, 2010. 296 p.
4. Wersäll C., Nordfelt I., Larsson S. Soil compaction by vibratory roller with variable frequency, *Géotechnique*, 2017, Vol. 67, Iss. 3, pp. 272–278, doi: 10.1680/jgeot.16.P.051.
5. Nawaz M. F., Bourrié G., Trolard F. Soil compaction impact and modelling, *Agronomy for Sustainable Development*, 2013, Vol. 33, pp. 291–309, doi: 10.1007/s13593-011-0071-8.
6. Loveikin V. S. *Dynamichna optymizatsiia kulachkovoho pryvodu mashyn rolykovoho formuvannia: monohrafiia* [Dynamic optimization of cam drive of roller formation machines: monograph]. K., Komprint, 2016. 239 p.
7. Feng, S.-J., Tan, K., Shui, W.-H., Zhang, Y. Densification of desert sands by high energy dynamic compaction, *Engineering Geology*, 2013, Vol. 157, pp. 48–54, doi: 10.1016/j.enggeo.2013.01.017.
8. Lyutenko V., Orysenko O., Nadobko V. Mathematical Model for the Manual Vibration Roller Drive Mechanism Investigation *International Journal of Engineering & Technology*, 2018, Vol 7, no. 3.2, pp. 232–235, doi: 10.14419/ijet.v7i3.2.14409.
9. Jagadish, H. P. Robust Sensorless Speed Control of Induction Motor with DTFC and Fuzzy Speed Regulator. *International Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 2011, no. 5, pp. 17–27.
10. Lyutenko V. Dynamics research of unbalanced vibrator with variable static moment. *Academic journal. Industrial Machine Building, Civil Engineering National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic"*, 2020, Iss. 1 (54), pp. 5–11.
11. Kaczynski R., Vasyliov O., Vasyliov I. The Fracture Process of the Mortar Pump's Work Surfaces with Abrasive Particles *International Journal of Engineering & Technology (UAE)*, 2018, no. 3.2, pp. 154–159, doi: 10.14419/ijet.v7i3.2.14394.
12. Liutenko V. Ie., Yakovenko A. M. Pat. na korysnu model 128828 Ukraina [Utility model patent], MPK E 01 S 19/24 (2006.01). *Ruchnyi vibratsiinyi katok* [Hand vibration road roller]; vlasnyk: Natsionalnyi universytet «Poltavska politekhnika imeni Yurii Kondratiuka» (Ukraina). 10.10.2018, Biul. № 19.
13. Liutenko V. Ie., Yakovenko A. M. Pat. na vynakhid 120224 Ukraina [Patent for invention], MPK E 01 S 19/28 (2006.01). *Ruchnyi vibratsiinyi katok*; vlasnyk: Natsionalnyi universytet «Poltavska politekhnika imeni Yurii Kondratiuka» (Ukraina). 25.10.2019, Biul. № 20.

References (transliterated)

1. Onyshchenko O. H., Onyshchenko V. O., Korobko B. O., Virchenko V. V. *Budivelna tekhnika* [Construction machinery], Kyiv, Kondor-Vydavnytstvo, 2017. 416 p.
2. Khmara L. A. *Mashyny dlia zemlianykh robot: navchalnyi posibnyk* [Machines for earthworks: textbook], Rivne, Dnipropetrovsk, Kharkiv, 2010. 557 p.

Відомості про авторів (About authors)

Васильєв Олексій Сергійович – кандидат технічних наук, доцент, Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», доцент кафедри будівельних машин і обладнання; м. Полтава, Україна; ORCID 0000-0002-9914-5482; e-mail: a.s.vasiliev.76@gmail.com

Vasyliov Oleksii – Ph.D., Associate Professor, Department of construction machine and equipment, Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic National University, Poltava, Ukraine; -0002-9914-5482; e-mail: a.s.vasiliev.76@gmail.com.

Яковенко Андрій Михайлович – Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», аспірант кафедри будівельних машин і обладнання; м. Полтава, Україна; ORCID 0000-0003-0818-6332; e-mail: andrii.yakovenko95@gmail.com

Yakovenko Andrii – postgraduate student at the Department of construction machinery and equipment Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic National University, Poltava, Ukraine; ORCID 0000-0003-0818-6332; e-mail: andrii.yakovenko95@gmail.com

Пустовіт Юрій Юрійович – Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», аспірант кафедри будівельних машин і обладнання; м. Полтава, Україна.

Pustovit Yurii – postgraduate student at the Department of construction machinery and equipment Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic National University, Poltava, Ukraine.

Будь ласка посилайтесь на цю статтю наступним чином:

Васильев О. С., Яковенко А. М., Пустовіт Ю. Ю. Вивчення обладнання для проведення робіт з ущільнення ґрунту для об'єктів малого будівництва. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: *Нові рішення в сучасних технологіях*. – Харків: НТУ «ХПІ». 2022. № 1 (11). С. 12-16. doi:10.20998/2413-4295.2022.01.02.

Please cite this article as:

Vasyliiev O., Yakovenko A., Pustovit Y. Study of equipment for conducting soil compactions for small construction objects. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology*. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2022, no. 1 (11), pp. 12-16, doi:10.20998/2413-4295.2022.01.02.

Пожалуйста ссылайтесь на эту статью следующим образом:

Васильев А. С., Яковенко А. М., Пустовіт Ю. Ю. Изучение оборудования для проведения работ по уплотнению ґрунта для объектов малого строительства *Вестник Национального технического университета «ХПИ»*. Серія: *Новые решения в современных технологиях*. – Харьков: НТУ «ХПИ». 2022. № 1 (11). С. 12-16. doi:10.20998/2413-4295.2022.01.02.

АННОТАЦИЯ Уплотнение ґрунтов разного состава широко применяется при всех видах строительства. Для проведения этих работ отечественной промышленностью выпускаются разные виды машины и оборудования. Номенклатура этих средств постоянно расширяется. Растет также их мощность и совершенствуются рабочие органы. При этих условиях очень важен вопрос повышения производительности и качества работы, что возможно только при правильном выборе общих конструктивных схем машин и их параметров. Одним из важных параметров уплотнительного процесса является фактор времени или возможность изменять влияние действия вибрации на обрабатываемую среду. При увеличении времени воздействия рабочего оборудования на уплотняемый материал или интенсивности действия улучшаются условия образования структуры укатываемого слоя и достигается его наибольшая прочность. При выполнении работ на частных участках небольшой площади компактная дорожная техника, такая как мини-каток нашла широкое применение в процессе уплотнения ґрунтов, что предполагает работу в ограниченном пространстве. В данной работе предлагается конструкция именно такой техники, которая оборудована механизмом плавного изменения силы, возбуждающей вибрацию. Для выполнения операций по уплотнению ґрунта под малогабаритные объекты нами предложено использовать усовершенствованный ручной вибрационный каток с степенным изменением статического момента и автономным питанием от аккумулятора, соединенного с приводом через инвентор. Изменение статического момента происходит за счет изменения угла наклона от центра дебаланса к оси вращения вала. При необходимости устройств под укладку различных дорожных и декоративных покрытий при индивидуальном строительстве применяется вибрационный каток, не только обладающий компактной конструкцией, но и не предусматривающий обязательные широко амплитудные маневрирования для качественного уплотнения материала. Изменение статического момента оператором во время движения позволяет быстро подстраиваться на различные виды ґрунта, а работа от аккумулятора позволяет некоторое время не быть привязанным к питающей сети, что дает дополнительное преимущество, особенно важное при работе на удаленных объектах строительства.

Ключевые слова: вибрация; виброуплотнение; строительные работы; вибрационный каток; статический момент; дебаланс

Надійшла (received) 07.03.2022