

УДК 69.002.5

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ САМОХІДНИХ КОТКІВ

ХМАРА Л. А.¹, д.т.н., проф.,
ШАТОВ С. В.², д.т.н., доц.,
КАРПУШИН С. О.³, к.т.н., доц.

¹ Кафедра будівельних та дорожніх машин, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (05) 756-34-29, e-mail: LEONIDKHMARА@yahoo.com, ORCID ID: 0000-0003-3050-9302

² Кафедра будівельних та дорожніх машин, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, Дніпро, Україна, 49600, тел. +38 (056) 756-33-47, e-mail: shatovsv@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0002-1697-2547

³ Кафедра будівельних, дорожніх машин і будівництва, Кіровоградський національний технічний університет, пр. Університетський, 8, Кропивницький, Україна, 25030, тел. +38 (0522) 39-04-71, e-mail: karp22.05.1972ksa@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9035-9065

Анотація. Постановка проблеми. У будівництві здатність ґрунтів, кам'яних матеріалів, асфальтобетону та цементобетону протистояти навантаженням, пов'язана з мірою ущільнення цих матеріалів. Ущільнення - процес збільшення щільності матеріалу шляхом додатка зовнішніх сил, які можуть бути статичними або динамічними. Існуюче обладнання для цих робіт використовують для певних умов, що обумовлює необхідність у різних типах машин для ущільнення конкретних матеріалів та технологічних вимог. Створення універсальних машин і обладнання для ефективного ущільнення матеріалів є актуальною науково - технічною проблемою. **Мета.** Розробка пропозицій з удосконалення котків для підвищення ефективності процесу ущільнення різних видів матеріалів. **Висновок.** Ущільнення матеріалів забезпечує будівельним об'єктам здатність витримувати навантаження від власної ваги об'єктів та дії зовнішніх факторів. Найбільш поширеним обладнанням для ущільнення матеріалів є котки статичної та вібраційної дії. Основним недоліком такого обладнання є неможливість адаптування котків до різних типів матеріалів. Розроблені технічні пропозиції котків з різними формами вальців та обладнання із змінними вальцями для ущільнення матеріалів.

Ключові слова: ущільнення матеріалів, ґрунти, котки, форма вальців

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ САМОХОДНЫХ КАТКОВ

ХМАРА Л. А.¹, д.т.н., проф.,
ШАТОВ С. В.², д.т.н., доц.,
КАРПУШИН С. А.³, к.т.н., доц.

¹ Кафедра строительных и дорожных машин, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (056) 756-34-29, e-mail: LEONIDKHMARА@yahoo.com, ORCID ID: 0000-0003-3050-9302

² Кафедра строительных и дорожных машин, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, Днепропетровск, Украина, 49600, тел. +38 (056) 756-33-47, e-mail: shatovsv@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0002-1697-2547

³ Кафедра строительных, дорожных машин и строительства, Кировоградский национальный технический университет, пр. Университетский, 8, Кропивницкий, Украина, 25030, тел. +38 (0522) 39-04-71, e-mail: karp22.05.1972ksa@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9035-9065

Аннотация. Постановка проблемы. В строительстве способность ґрунтов, каменных материалов, асфальтобетона и цементобетона противостоять нагрузкам, связана со степенью уплотнения этих материалов. Уплотнение - процесс увеличения плотности материала путем приложения внешних сил, которые могут быть статическими или динамическими. Существующее оборудование для этих работ используют для определенных условий, что обуславливает необходимость в разных типах машин для уплотнения конкретных материалов и технологических требований. Создание универсальных машин и оборудования для эффективного уплотнения материалов является актуальной научно - технической проблемой. **Цель.** Разработка предложений по усовершенствованию катков для повышения эффективности процесса уплотнения разных видов материалов. **Вывод.** Уплотнение материалов обеспечивает строительным объектам способность выдерживать нагрузку от собственного веса объектов и действия внешних факторов. Наиболее распространенным оборудованием для уплотнения материалов являются катки статического и вибрационного действия. Основным недостатком такого оборудования является невозможность адаптирования катков к разным типам материалов. Разработанные технические предложения катков с разными формами вальцов и оборудования со сменными вальцами для уплотнения материалов.

Ключевые слова: уплотнение материалов, почвы, катки, форма вальцов

IMPROVEMENT OF CONSTRUCTION OF SELF-PROPELLED ROLLERS

KHMARA L. A.¹ *Dr. Sc., Prof.*,
SHATOV S. V.² *Dr. Sc., As. Prof.*,
KARPUSHIN S. A.³ *Cand. Sc., As. Prof.*

¹ Department build and road wave, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел. +38 (056) 756-34-29, e-mail: LEONIDKHMARA@yahoo.com, ORCID ID: 0000-0003-3050-9302

² Department build and road wave, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел. +38 (056) 756-33-47, e-mail: shatovsv@yandex.ua, ORCID ID: 0000-0002-1697-2547

³ Department build, road wave and building, Kirovogradsci National Technical University, 8, University str., Kropivnitsiy, Ukraine, 25030, тел. +38 (0522) 39-04-71, e-mail: karp22.05.1972ksa@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9035-9065

Summary. Raising of problem In building ability of soils, lithoidal materials, bituminous concrete and цементобетона to resist to loading, is related to the degree of compression of these materials. Compression - process of increase of closeness of material by the appendix of external forces which can be static or dynamic. An existent equipment for these works is used for certain terms, that stipulates a necessity for the different types of machines for the compression of concrete materials and technological requirements. Creation of universal machines and equipment for the effective compression of materials is actual scientifically - a technical problem. **Purpose.** Development of suggestions on the improvement of skating rinks for the increase of efficiency of process of compression of different types of materials. **Conclusion.** The compression of materials provides ability to maintain loading from own weight of objects and action of external factors to the building objects. The most widespread equipment for the compression of materials are skating rinks of static and oscillation action. The basic lack of such equipment is impossibility of adaptation of skating rinks to the different types of materials. Worked out technical suggestions of skating rinks with the different forms of rollers and equipment with removable rollers for the compression of materials.

Keywords: compression of materials, soils, skating rinks, form of rollers

Проблема. У будівництві здатність ґрунтів, кам'яних матеріалів, асфальтобетону та цементобетону протистояти навантаженням, пов'язана з мірою ущільнення цих матеріалів. Ущільнення - процес збільшення щільності матеріалу шляхом додатка зовнішніх сил, які можуть бути статичними або динамічними. Найбільш поширеними областями є автомобільні дороги, вулиці і магістралі, аеродроми, земляні греблі, насипи залізниць і фундаменти будівель. Інші області застосування включають складські майданчики, стоянки для машин, промислові та житлові площі, будівництво портів, резервуарів і каналів. Вартість ущільнення складає 3 – 5 % від загальної вартості будівництва, однак значення ущільнення в якості та довговічності закінченого об'єкту значна: якщо воно виконане недостатньо або неправильно, то з'являться пошкодження та руйнування, результатом яких буде висока вартість відновлення об'єктів.

Існуюче обладнання для цих робіт використовують для певних умов, що обумовлює необхідність у різних типах машин для ущільнення конкретних матеріалів та технологічних вимог. Тому створення універсальних машин і обладнання для ефективного ущільнення матеріалів є актуальною науково - технічною проблемою.

Аналіз публікацій. Фізична сутність ущільнення ґрунтів полягає у збільшенні щільності його структури механічними засобами за рахунок зміни

розміщення твердих частинок ґрунту [1; 3; 11; 12; 14]. Процес ущільнення ґрунтів включає в себе дві паралельні операції: руйнування існуючої структури ґрунту і створення нової, більш стійкої до різних механічних і природно-кліматичних умов. Чим менш міцна вихідна структура ґрунту, тим легше вона руйнується, а отже, тим ефективніше ущільнюється і навпаки. При ущільненні тверді частинки ґрунту зближуються і витісняють рідку і газоповітряну фази, що призводить до зменшення об'єму, збільшення щільності та до формування міцної структури.

В залежності від характеру дії на матеріал, для його ущільнення використовують два основних типа обладнання. *Статичне ущільнююче обладнання* використовує власну масу машини, щоб забезпечити зусилля на певну поверхню і ущільнити шар матеріалу. Єдиний спосіб регулювати статичне навантаження, що передається на поверхню, полягає в зміні маси або контактної площі обладнання. Статичні машини забезпечують необхідне ущільнення у верхніх шарах матеріалу. До поширених типів статичних ущільнюючих машин відносяться одновальцові котки, котки на пневматичних шинах (рис. 1), тандемні котки, та причіпні кулачкові котки [9; 10].

Вібраційне ущільнююче обладнання використовує вібруючий механізм, який зазвичай складається з ексцентрикового вантажу, що обертається. Вібраційні ущільнювачі використовують комбінацію

динамічного і статичного навантаження. Вони передають вібрацію на матеріал, що приводить частки в рух. Це ефективно знижує внутрішню тертя і приводить частки в стан, в якому утворюється мало порожнеч і висока щільність. Збільшення числа точок зіткнення між частками веде до високої стійкості і міцності. При вібраційному ущільненні досягається вища щільність і більший глибинний ефект, ніж при статичному ущільненні, і повне ущільнення досягається при меншому числі проходів.

Котки відносяться до числа найбільш продуктивних і порівняно не дорогих засобів ущільнення ґрунтів. Їх можна використовувати не тільки для ущільнення ґрунтів, але і різних основ, гравійно-піщаних підготовок, дорожніх покриттів. За способом агрегування вони діляться на причіпні, напівпричіпні та самохідні. Котки статичної дії виконуються гладенькими, кулачковими, сегментними, решітчастими та пневмоколісними (рис. 3).



а



б

Рис. 1. Котки статичної дії: а – одновальцовий; б – на пневматичних шинах



а



б



в

Рис. 3. Форма вальців:

а – гладенький; б – кулачковий; в – решітчастий

Вібрація може бути використана при ущільненні усіх типів матеріалів, і вібраційне обладнання займає 70 % ринку. Вони можуть виконуватися у вигляді плит та котків різної конструкції (рис. 2).



а



б



в



г

Рис. 2. Обладнання вібраційної дії: а, б – віброплити; в, г – котки

Гладенькими котками ущільнюють ґрунт на глибину до 10...15 см (рис. 3, а). Робочий орган - металічний валець, який являє собою широке колесо з жорстким ободом, яке обертається на осі, що закріплена на рамі. Рама має раму з причіпним пристроєм до базового тягача. На рамі є скребок для очищення робочої поверхні валка від ґрунту, що налипає. Внутрішню порожнину вальця для збільшення маси котка можна заповнювати баластом, який завантажується через люки. Для пошарового ущільнення насипних ґрунтів застосовують в

основному тільки причіпні котки, які об'єднані по 3...5 в одній зчипці. При послідовних проходах котка кожному проходу відповідає своя залишкова деформація ґрунту. При цьому горизонтальна поверхня контакту з ґрунтом по мірі збільшення ступеня ущільнення зменшується. Необхідне число проходів котка встановлюється у результаті пробного ущільнення. При ущільненні незв'язних ґрунтів воно дорівнює 4...6, а у випадку зв'язних ґрунтів досягає 10...12.

Кулачкові котки відрізняються від гладких тим, що на поверхні котка розміщені кулачки у шаховому порядку (рис. 3, б). Опорна поверхня останніх не перевищує 4...5 % поверхні циліндра, описаного по вершинах кулачків [13]. Вони призначені для ущільнення важких в'язких і грудкуватих ґрунтів, але не дають позитивного ефекту при роботі на нев'язких ґрунтах тому, що внаслідок високого тиску ґрунт із-під кулачків переміщується в сторони і вгору. Оптимальне число кулачків на 1 м² поверхні складає 20...25 для легких (масою 8 т), середніх (масою 16 т) і 15...20 для важких котків (масою 28 т).

Решітчасті котки (рис. 3, в) ефективні для ущільнення ґрунтів, які включають мерзлі грудки та інші включення. Порівняно з кулачковими котками такої ж ваги решітчасті котки обробляють ґрунт на дещо більшу глибину. Вальці котків виконують із сталюї решітки, яка відливається окремими ланками або зварюється із пруткового матеріалу. Наявність вікон у решітці створює добрі умови для очищення вальців від налипання ґрунтом.

Існує конструкція котка (рис. 4), в якому передбачена можливість встановлення на гладкий валець металевої оболонки з кулачками. Це розширює технологічні можливості такого котка, однак потрібен час на встановлення змінної оболонки.



Рис. 4. Коток із змінною оболонкою вальця

Недоліком машин для ущільнення матеріалів є неможливість пристосування до технологічних вимог при зміні видів ґрунтів, а також обмежена кількість форм їх робочого обладнання – вальців. Тому необхідно удосконалити робоче обладнання котків з метою підвищення ефективності процесу ущільнення різних видів матеріалів.

Метою досліджень є розробка пропозицій з удосконалення котків для підвищення ефективності процесу ущільнення різних видів матеріалів.

Результати дослідження. При ущільненні однократне навантаження та розвантаження ґрунту викликає як залишкові, так і пружні деформації, причому залишкові деформації суттєво переважають пружні. При багатократному навантаженні та розвантаженні співвідношення пружної і залишкової деформації поступово змінюється і ґрунт набуває стабільного стану, який характеризується деякими постійними пружними властивостями. Максимальна ефективність ущільнення досягається при контактному тиску [2]

$$\sigma_0 = (0,9 \dots 1,0) \sigma_p, \quad (1)$$

де σ_p - границя міцності ґрунту.

В якості основної характеристики котка прийнято середній постійний тиск котка

$$q_L = \frac{G}{B}, \text{ Н/м.} \quad (2)$$

де G - сила ваги котка, Н; B - ширина вальця, м.

Максимальний контактний тиск визначається

$$\sigma_{max} = \sqrt{\frac{q_L E}{R}} \leq (0,8 \dots 0,9) \sigma_p, \text{ Па,} \quad (3)$$

де E - модуль деформації ґрунту, Па; R - радіус вальця, м; σ_p - гранична міцність ґрунту, Па.

Оптимальна товщина шару ущільнення для:

- в'язких ґрунтів

$$h_{onm} = 95 \cdot 10^{-5} \omega \cdot \omega_{onm}^{-1} \sqrt{q_L R}, \text{ м,} \quad (4)$$

- нев'язких ґрунтів

$$h_{onm} = 126 \cdot 10^{-5} \omega \cdot \omega_{onm} \sqrt{q_L R}, \text{ м} \quad (5)$$

де ω , ω_{onm} - вологість і оптимальна вологість ґрунту.

Ширину вальців вибирається в межах

$$B > (1,0 \dots 1,2) D, \quad (6)$$

де D - діаметр вальця, м.

На підставі аналізу теоретичних положень процесу ущільнення запропоновано виконувати форму вальця у вигляді виступів та заглиблень (рис. 5, а, б). Заглиблення забезпечують наявність на робочій поверхні вальця виступів. При цьому наявність виступів забезпечує передавання навантаження на визначену площину поверхні ґрунту. Це дозволяє збільшити питомий тиск на поверхню матеріалів та підвищити продуктивність процесу ущільнення [7].

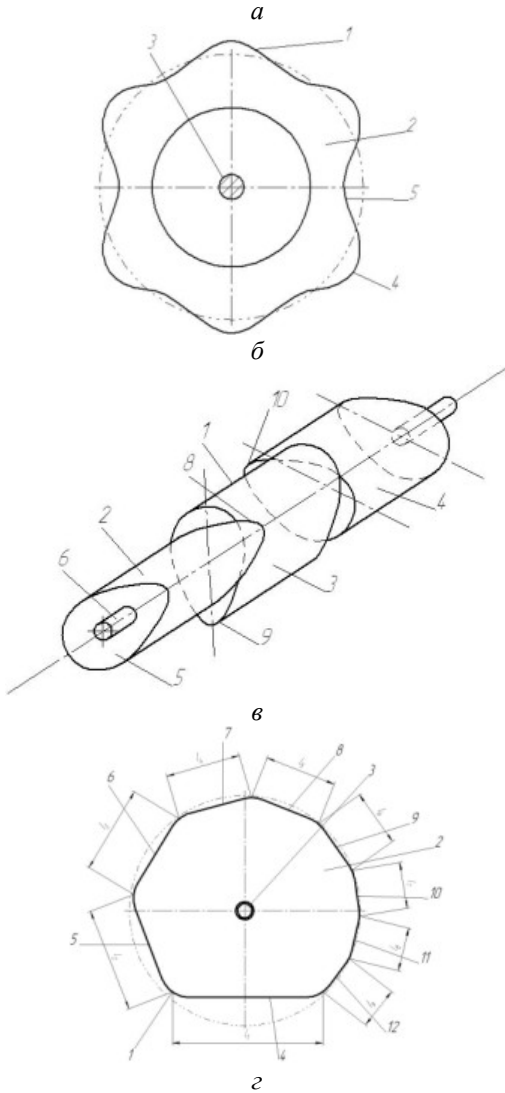
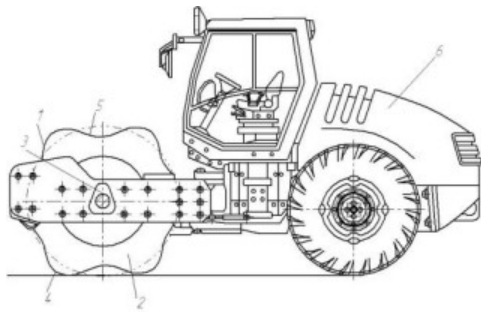


Рис. 5. Виконання робочого вальця котків:
 а, б – з виступами та заглибленнями: 1 – робоча поверхня; 2 – бокова поверхня; 3 – вісь; 4 – виступи; 5 – заглиблення;
 б – коток; в – полігональний з кулачками: 1 – валець;
 2, 3, 4 – частини вальця; 5 – бокова поверхня; 6 – вісь;
 8, 9, 10 – кулачки; г – із змінною довжиною робочих ділянок: 1 – робоча поверхня; 2 – бокова поверхня;
 3 – вісь; 4...12 – робочі ділянки

Подібну дію виконує коток із вальцем, робоча поверхня якого виконана у вигляді кулачків [8], зміщених один відносно іншого полігонально (рис. 5, в).

Послідовно збільшує питомий тиск на матеріал валець [5] із змінною довжиною робочих ділянок (рис. 5, г).

Поступово збільшити питомий тиск на поверхню матеріалів дозволяє конструкція котка з декількома робочими вальцями з різним нахилом пневматичних шин на кожній вісі (рис. 6). Це змінює площину контактної поверхні шин.

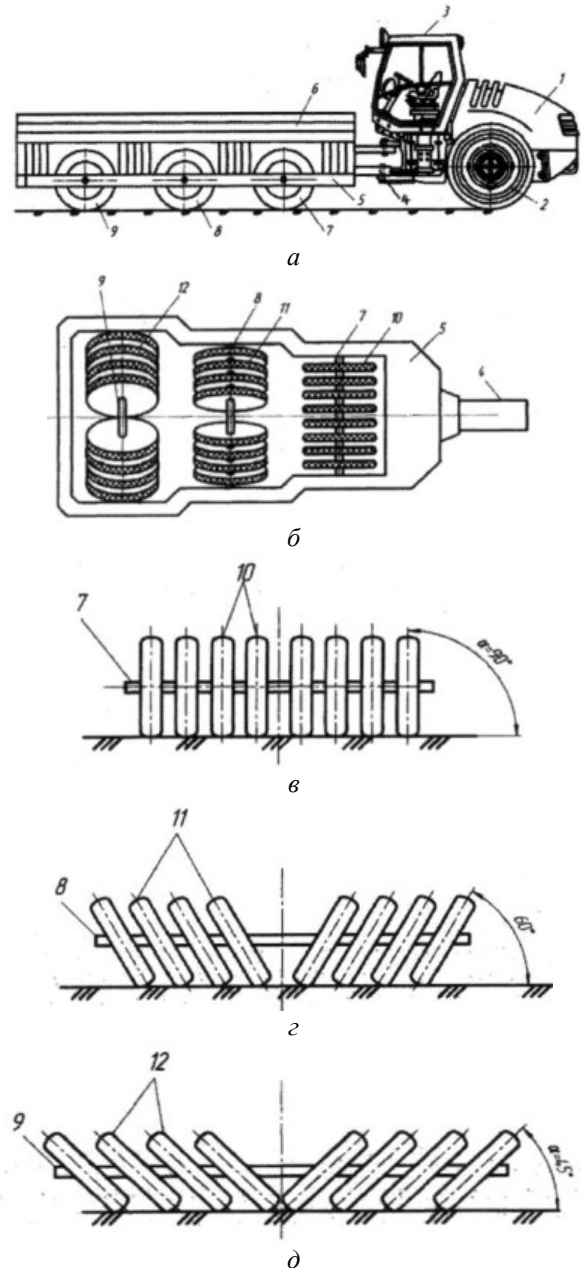


Рис. 6. Коток з різним нахилом пневматичних шин:
 а – загальний вигляд; б – вигляд зверху; в – вертикальний шини; г, д – шини з нахилом. 1 – тягач; 2 – ходова частина; 3 – кабіна; 4 – днило; 5 – рама; 6 – баласт; 7, 8, 9 – робочі вальці; 10, 11, 12 – шини

Ефективність ущільнення матеріалів може бути збільшена при використанні котків з додатковим вантажем (рис. 7).

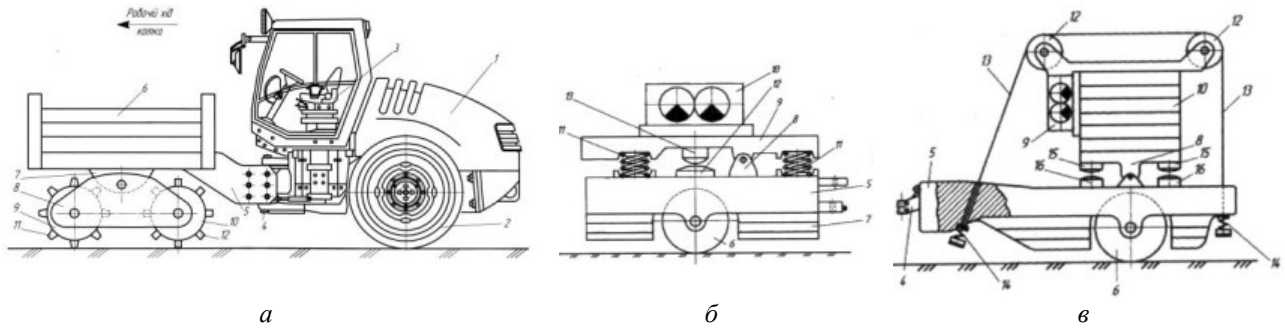


Рис. 7. Котки з додатковим вантажем:

а – статичної дії: 1 – тягач; 2 – ходова частина; 3 – кабіна; 4 – дишло; 5 – рама; 6 – вантаж; 7 – балансір; 8 – рама вальців; 9, 10 – вальці; 11, 12 – кулачки; б – віброударної дії: 5 – рама; 6 – валець; 8 – балансір; 9 – вантаж; 10 – вібратор; 11 – пружини; 12, 13 – ударні елементи; в – віброударної дії: 4 – дишло; 5 – рама; 6 – валець; 8 – балансір; 9 – вібратор; 10 – вантаж; 12 – блоки; 13 – канат; 14 – пружини; 15, 16 – ударні елементи

Прийнявши до різних видів матеріалів, які потрібно ущільнювати, дозволяють котки [4] із змінними вальцями (рис. 8, а, б) та з керованими кулачками [6], які у випадку необхідності виходять із порожнин гладенького вальця (рис. 8, в, г, д).

Підйомом рами причіпного котка виконується заміна одного типу вальця на інший. Ці котки встановлюють необхідний тип вальця для конкретного виду матеріалу та в залежності від його фізико-механічних показників.

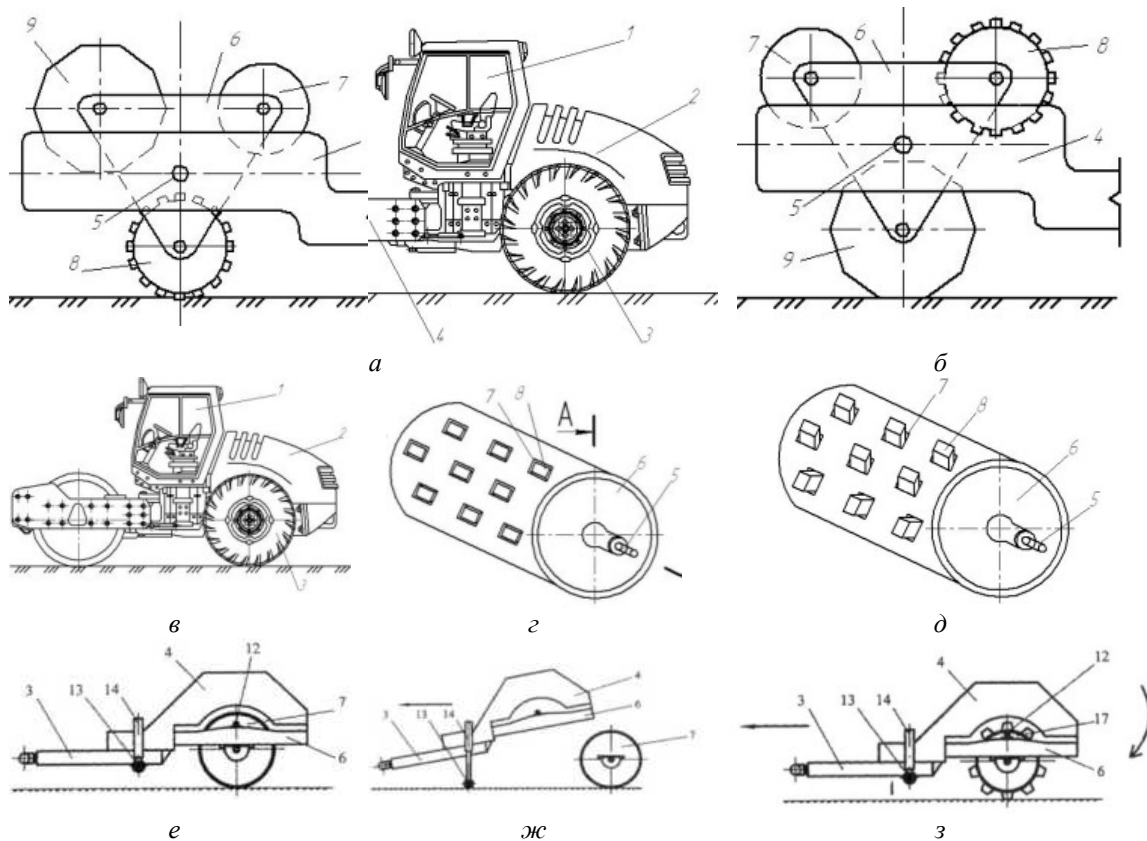


Рис. 8. Котки, які адаптуються до зміну виду матеріалу:

а, б – із змінними вальцями: 1 – кабіна; 2 – двигун; 3 – тягові колеса; 4 – рама; 5 – вісь; 6 – кронштейн; 7, 8, 9 – вальці; в, г, д – з керованими кулачками: 1 – кабіна; 2 – двигун; 3 – тягові колеса; 4 – рама; 5 – вісь; 6 – бокова поверхня; 7 – порожнини; 8 – кулачки; е, ж, з – із змінними вальцями причіпного котка: 3 – дишло; 4, 6 – рама; 7, 17 – валець; 12 – кріплення вальця; 13 – опора; 14 – гідроциліндр підйому рами

Висновки. 1. Ущільнення матеріалів забезпечує будівельним об'єктам здатність витримувати навантаження від власної ваги об'єктів та дії зовнішніх факторів.

2. Найбільш поширеним обладнанням для ущільнення матеріалів є котки статичної та

вібраційної дії. Основним недоліком такого обладнання є неможливість адаптування котків до різних типів матеріалів.

3. Розроблені технічні пропозиції котків з різними формами вальців та обладнання із змінними вальцями для ущільнення матеріалів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Литвинов И. М. Укрепление и уплотнение просадочных грунтов в жилищном и промышленном строительстве / И. М. Литвинов. - М.: Транспорт, 1977. – 288 с.
2. Машини для земляних робіт: підручник / Л. А. Хмара, С. В. Кравець, М. П. Скоблюк та ін.; за заг. ред. Л. А. Хмари та С. В. Кравця. – Харків: ХНАДУ, 2014. – 548 с.
3. Неклюдов М. К. Методы и средства механизации уплотнения грунтов / М. К. Неклюдов. - М.: Транспорт, 1987. – 188 с.
4. Патент 68818 України, опубл. 10.04.2012, Бюл. № 7. – 4 с.
5. Патент 72252 України, опубл. 10.08.2012, Бюл. № 15. – 3 с.
6. Патент 72652 України, опубл. 27.08.2012, Бюл. № 16. – 6 с.
7. Патент 74586 України, опубл. 12.11.2012, Бюл. № 21. – 3 с.
8. Патент 74588 України, опубл. 12.11.2012, Бюл. № 21. – 4 с.
9. Строительная, дорожная и специальная техника отечественного производства. Краткий справочник / А. А. Глазков, Н. А. Манаков, А. В. Панкратов. – М.: ЗАО «Бизнес-Арсенал», 2000. – 816 с.
10. Технично-експлуатаційна характеристика машин фірми «Caterpillar». Справочник. – Иллинойс, США: Caterpillar Inc. – 1999. – 724 с.
11. Технологія будівельного виробництва (Книга 1: загальні відомості про будівництво, роботи підготовчого періоду, земляні роботи та ін.): навчальний посібник / О. М. Лівінський, В. С. Дорофеев, С. А. Ушацький та ін. – К.: УАН, «МП Леся», 2012. – 416 с.
12. Форсблад Л. Вибрационное уплотнение грунтов и оснований / Л. Форсблад. – М.: Транспорт, 1987. – 188 с.
13. Терновий В. І. Ущільнення ґрунтів у будівництві / В. І. Терновий, І. М. Уманець, Л. С. Саушева, О. С. Молодід. – К.: «ЦК КОМПРИНТ», 2015. – 136 с.
14. Хархута Н. Я., Васильев Ю. М. Прочность, устойчивость и уплотнение грунтов земляного полотна автомобильных дорог / Н. Я. Хархута, Ю. М. Васильев – М.: Транспорт, 1975. – 288 с.

REFERENCES

1. Litvinov I.A. Ukreplenie i uplotnenie prosadochnish gruntov gilichnom i promislenom stroitelstve [Strengthening and compression of collapsing soils is in housing and industrial building. Short reference book]. Moskow: Transport, 1977, 288 p. (in Russian).
2. Khmara L.A., Kravets S.V. and Skobluk N.P. Mashini dlya zemlyanich rabot [Machines are for earthworks: textbook]. Kharkov: KhNARU, 2014, 548 p. (in Ukrainian).
3. Неклюдов М. К. Методы и средства механизации уплотнения грунтов / М. К. Неклюдов - М.: Транспорт, 1987. – 188 с. (in Russian).
4. Patent UA, no. 68818, 2012.
5. Patent UA, no 72252, 2012.
6. Patent UA, no. 72652, 2012.
7. Patent UA, no. 74586, 2012.
8. Patent UA, no. 74588, 2012.
9. Glazkov A.A., Manakov N.A. and Pankratov A.V. *Stroitel'naya, dorognaya i spetsial'naya tekhnika oteshestvennogo proizvodstva. Kratkiy spravochnik* [Build, travelling and special technique of domestic production. Short reference book]. Moskow: Business-Arsenal, 2000, 816 p. (in Russian).
10. Techniko-ekspluatatsionni charakteristiki mashin firmi Caterpillar. Spravochnik [Tekhniko and operating description of machines of firm «Caterpillar». Reference book]. Caterpillar Inc., 1999, 724 p. (in USA).
11. Livinskiy O.M., Dorofeev V.S. and Ushackiy S.A. *Technologia budivelnogo budivnistva. Kniga 1: zagalni vidomosti pro budivnistvo, roboti pidgotovshogo periodu, zemlyani roboti* [Technology of a build production (Vol. 1: general information about building, robots of setup time, earthen robots): train aid]. Kyiv: UAN, MP Lesya, 2012, 416 p. (in Ukrainian).
12. Forssblad L. *Vibrachioone uplotnenie gruntov i osnovanij* [Oscillation compression of soils and grounds. Short reference book]. Moskow: Transport, 1977, 188 p. (in Russian).
13. Ternovij V.I., Umanech I.M., Sausheva L.S, Molodid O.S. *Ushilneniya gruntiv u budivnictvi* [A compression of soils is in building. Short reference book]. Kyiv: Chk komprint, 2015, 136 p. (in Ukrainian).
14. Kharkhuta N.Ya., Vasilev U.M. *Prochnost, ustojichivost i uplotnenie gruntov zemlyanogo polotna avtomobilnich dorog* [Durability, stability and compression of soils of road bed of highways. Short reference book]. Moskow: Transport, 1975, 288 p. (in Russian).