

НАПРЯМКИ УДОСКОНАЛЕННЯ ҐРУНТОУЩІЛЬНЮЮЧИХ МАШИН І ТЕХНОЛОГІЙ ЇХ ЗАСТОСУВАННЯ ДЛЯ УЩІЛЬНЕННЯ БУДОВИ КОЛІЇ

Наведені напрямки поєднання робочих органів ґрунтоущільнюючих машин і технологій їх застосування для прискорення ефективного ущільнення ґрунту основи колії.

Приведены направления объединения рабочих органов ґрунтоуплотняющих машин и технологий их применения для ускорения эффективного уплотнения ґрунта основания пути.

The directions of combining the working members of soil-compressing machines and technologies of their application for speeding up the effective compression of soil in the foundation of track are presented.

Постановка проблеми. Ґрунтоущільнюючі машини (ГУМ), що використовуються на сучасному рівні будівництва чи реконструкції будови колії, здебільшого мають робочі органи (РО) традиційного типу з простим чи рельєфним профілем робочої поверхні. Як правило, такі РО мають віброконтури з постійним вектором вібрації і регульованою змушуючою силою, що інтенсифікує ущільнення ґрунту.

Технологічно ГУМ застосовуються у традиційній послідовності (легкі, середні, важкі ГУМ) по мірі ущільнення ґрунту та у залежності від його фізико-механічних властивостей (для незв'язних чи слабкозв'язних ґрунтів – ГУМ вібраційної дії; для зв'язних – ГУМ статичної, віброударної і ударної дії).

При роботі таких ГУМ їх РО обмежені у своїй силовій дії на ґрунт його фізико-механічними властивостями і здатністю вислизати з-під РО при невиконанні умов балансу робочих напружень на межі контакту «РО – ґрунт» та міцності ґрунту.

Аналіз останніх досліджень. Дослідження питань, що зазначені вище, знайшло своє відображення в ряді робіт [1 – 8]. Але вивчення питань, пов'язаних зі зміною профілю робочої поверхні РО ГУМ, вектором змушуючої сили і її величиною, раціональним поєднанням у одній ГУМ РО різних типів, та створенням умов для інтенсифікації ущільнення ґрунту є актуальним, оскільки безпосередньо пов'язане з підвищенням продуктивності роботи ГУМ, їх ефективним використанням і економією енергоресурсів.

Мета роботи – обґрунтування умов прискореного ущільнення ґрунту шляхом блокування його розсування з-під РО ГУМ під час прискоро-

реного ущільнення, та зменшення кількості ГУМ у технологічному процесі.

Основний матеріал. Досягнення поставленої мети забезпечується наступною послідовністю викладення матеріалу: встановлення критеріїв вибору параметрів РО ГУМ і оцінки результатів досліджень; пропозиції щодо принципів рішень РО і ГУМ; схеми РО і ГУМ; ескізи технічних рішень РО ГУМ і ГУМ; висновки і напрямки подальших досліджень.

При знаходженні раціональних і оптимальних рішень враховані критерії: максимальна продуктивність при максимальному об'ємі щільної зони ґрунту, названої ядром ущільнення (ЯУ); оптимальна витрата енергоносіїв; мінімум вартості робіт у межах заданого часу при обмеженнях: за потужністю двигуна; за швидкістю пересування на заданій ділянці ущільнення; за габаритними розмірами РО ГУМ.

Для ефективного виконання процесу ущільнення ґрунту необхідно, щоб РО ГУМ (коток, плита) адаптувалися до необхідних технологічних умов виконання робіт, а саме оперативно змінювали свою масу, розміри, профіль поверхні для того, щоб ефективність ущільнення ґрунту за один прохід РО була максимально можливою для ґрунту у даному його стані. Таким чином, конструкцію РО ГУМ з гладенькою поверхнею можна взяти за основу для порівняння і на цій основі поділити її на складові у вигляді, наприклад, набірної РО з дисків, секцій і т.ін., що мають різний профіль, а також закласти у конструкцію РО з еластичним каркасом можливість зміни внутрішнього тиску у кожному елементі або його жорсткості. Залежно від розміру елементів РО порівняно з шириною ущільнюваної смуги ґрунту їх можна використовувати як самостійні РО, так і об'єдна-

вши декілька елементів у один РО. Схеми варіантів виконання таких РО і можливі форми ЯУ показані на рис. 1 та наведені у табл. 1.

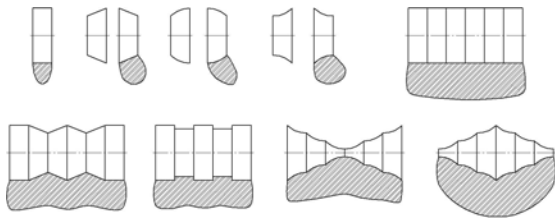
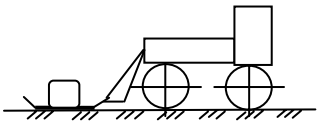
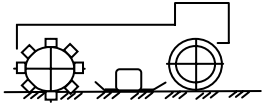
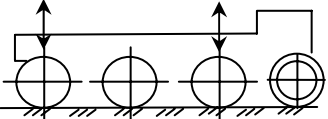
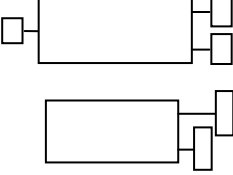


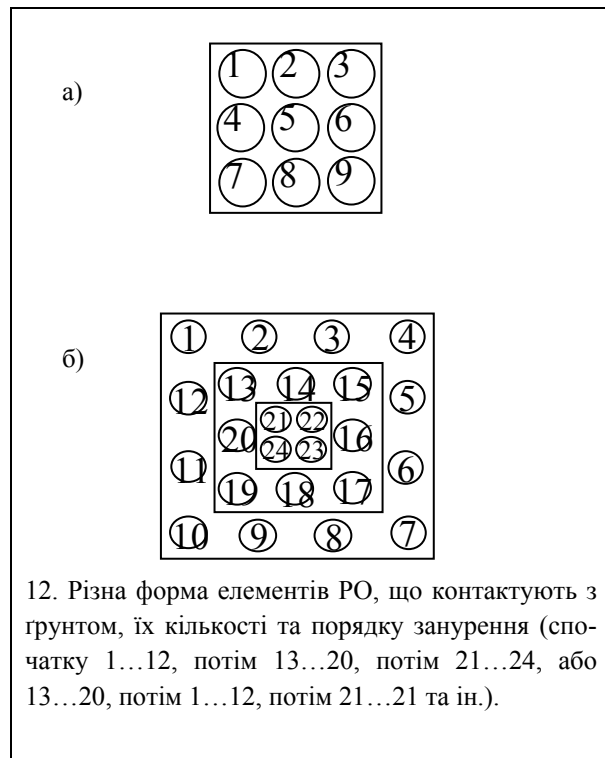
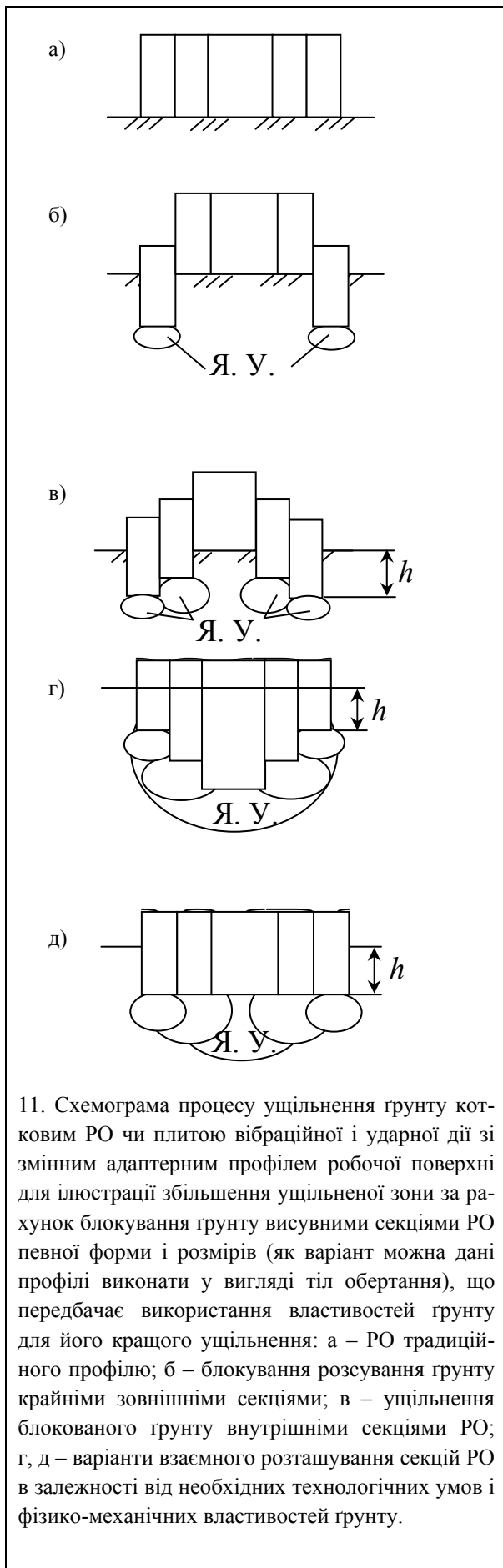
Рис. 1. Схеми елементів РО ГУМ та їх взаємне розташування залежно від спрямованості ущільнення

Таблиця 1

Варіанти поєднання РО ГУМ для прискорення ефективного ущільнення ґрунту

 <p>1. Попереднє ущільнення ґрунту, довантаження котка віброплитою. Три етапи ущільнення за один прохід за рахунок реалізації змушуючих сил окремими РО.</p>
 <p>2. Ущільнення верхнього шару ґрунту, довантаження гладенького котка віброплитою, кулачковим котком чи віброкотком.</p>
 <p>3. Зміна площі контакту РО з ґрунтом шляхом поступового вибіркового виводу з контакту з ґрунтом його елементів і (або) використання в них вібрації.</p>
 <p>4. Відсутність неущільнених зон після проходу трамбуючої машини за рахунок перекриття зон трамбування шляхом: – встановлення третьої плити; – розміщення плит з перекриттям смуг ущільнення; – регулювання і співставного вибору сили удару плит, їх габаритних розмірів, площі поверхні контакту РО з ґрунтом (телескопічна плита, плита з висувними секціями); збільшення сили удару за рахунок надання початкового прискорення; надання кожній плиті амплітуди і частоти.</p>

  <p>5. Вигладжування поверхні за рахунок віброплити; віброкотка, котка статичної дії, що приєднані до трамбуючої машини, їх використання при останньому проході.</p>
 <p>6. Блокування ґрунту від його зсуву в сторони за рахунок: – форми поверхні РО; – розташування РО; – порядку роботи РО.</p>
 <p>7. Поступове наближення тиску РО на ґрунт до межі міцності ґрунту шляхом зміни площі РО. Автоматична зміна площі контакту РО з ґрунтом в залежності від щільності ґрунту на проміжних стадіях ущільнення.</p>
 <p>8. Збільшення ширини ущільнюваної смуги і зменшення кількості проходів за рахунок зчеплення декількох віброплит, схожих за характеристиками. Автоматична зміна швидкості руху віброплити залежно від щільності ґрунту.</p>
 <p>9. Зменшення кількості проходів ГУМ за рахунок багаторазового зворотно-поступального руху середнього вальця між крайніми вальцями зі швидкістю $v_2 \gg v_1$.</p>
 <p>10. Відсутність руйнування ґрунту при виході з нього кулачків за рахунок керування моментом входу-виходу елементів РО з котка у масив ґрунту (із застосуванням імпульсу).</p>



При укочуванні свіжовідсипаного ґрунту важким двовальцевим котком з гладенькими вальцями доцільно попередньо ущільнити ґрунт віброплитою, що має адаптерну робочу поверхню відповідної форми (рис. 2). Враховуючи те, що зв'язні ґрунти ущільнюються вібруванням на невелику глибину і схильні до розсування у бічні сторони під дією важкого котка у разі його використання на першій стадії ущільнення розпушеного ґрунту, віброплита відіграватиме роль легкого котка, але буде ефективніше діяти на ґрунт і матиме можливість змінювати величину і вектор змушуючої сили за технологічною необхідністю. Внаслідок цього ущільнювальний шар ґрунту набуватиме достатньої міцності і не руйнуватиметься під дією вальця 2 чи 3 важкого котка. Віброплита 1 встановлюється на шарнірно з'єднану з котком раму 4 з приводом від гідроциліндрів 5.

Можливість реалізації ущільнення за один прохід за рахунок поетапного підвищення змушуючих сил окремих РО ГУМ досягається використанням регульованих віброконтурів. Також віброплита є довантаженням до котка і може бути використана при роботах у стислих умовах.

Відомо, що при ущільненні ґрунту кулачковим котком поверхня ущільнювального верхнього шару залишається дещо розпушеною.

Для усунення цього недоліку, доущільнення і вигладжування шару ґрунту можна встановити на ГУМ віброплиту 1 (рис. 3). При виконанні

робіт, де розвороти ГУМ на ділянці неможливі, наприклад, недостатня ширина насипу, віброплиту 1 можна використати як опору, навколо якої, виважившись, ГУМ зможе повернутися на необхідний кут, залишаючись на місці (наприклад, за рахунок опорно-поворотного круга (ОПК), встановленого на ГУМ). Також, якщо ґрунт грудкуватий або мерзлий, доцільно використовувати віброконтур, розміщений усередині кулачкового вальця, а якщо ґрунт пухкий – то можна використати вібрацію для створення додаткової до статичної змушуючої сили.

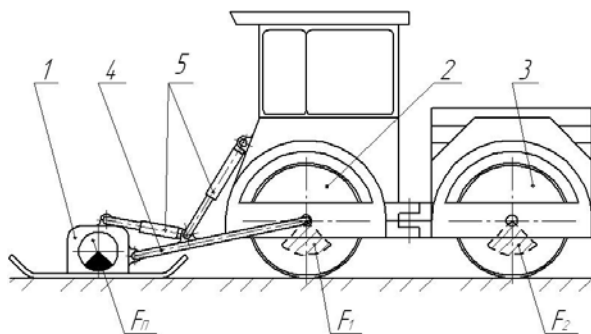


Рис. 2. Гладеньковальцевий коток з віброплитою

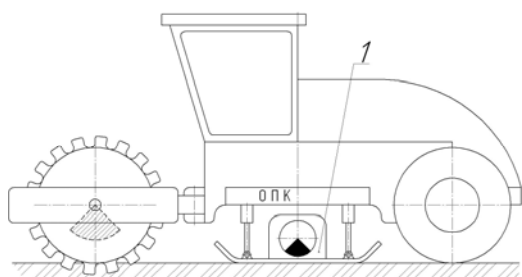


Рис. 3. Кулачковий коток з опорною віброплитою

З метою створення універсального котка з вальцями різного типу, з точки зору регулювання значень контактної тиску РО на ґрунт у широких межах, може бути запропонована схема ГУМ з чотирма вальцями (рис. 4). Як результат – матимемо можливість ефективного ущільнення ґрунту на різних стадіях за рахунок вибіркового виводу з контакту із ґрунтом вальців 1, 2, 3, або їх пар 1–3, 2–3 (рис. 4), і використанням на певних стадіях і режимах встановлених у них віброконтурів з урахуванням набутої міцності ґрунту на певному етапі його ущільнення.

При ущільненні ґрунту тракторними трамбівками з падаючими плитами неминуче утворюється недоущільнена зона шару ґрунту, що знаходиться між боковими внутрішніми площинами плит. Цю задачу можна вирішити за рахунок встановлення третьої плити 1 (рис. 5, а) або розміщення плит таким чином,

щоб одна плита перекривала смугу ущільнення іншої (рис. 5, б).

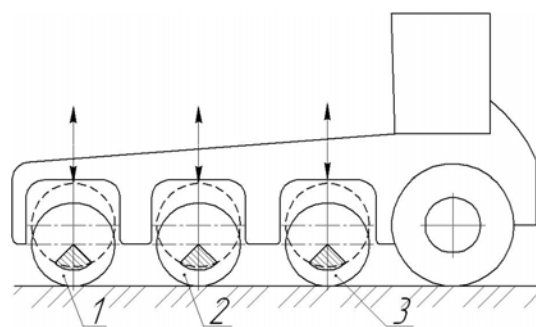


Рис. 4. ГУМ з трьома вальцями, що підіймаються

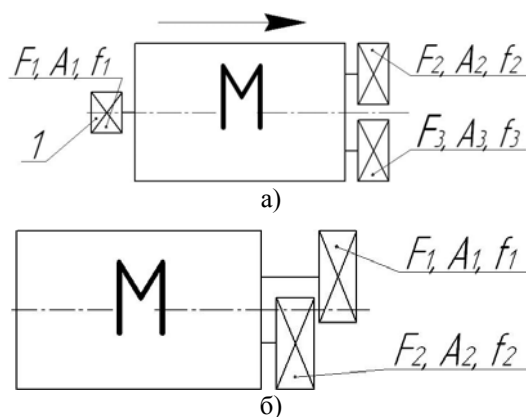


Рис. 5. Розміщення трамбуючих плит тракторної трамбівки (плити умовно показані перекресленими по діагоналях прямокутниками, а машина тягач – прямокутником з буквою «М»)

Причому сила удару першої плити менша сили другої і третьої, що дорівнюють одна одній (рис. 5, а), і габаритні розміри плит повинні бути зменшені відповідно. Також можливе регулювання площі контакту поверхні плит з ґрунтом, наприклад, шляхом встановлення телескопічної плити або плити з висувними секціями. При цьому можна отримати збільшення сили удару за рахунок надання початкового прискорення для кожної з плит зі своєю індивідуальною амплітудою A і частотою ударів f (рис. 5). З іншого боку, проблема вирішується шляхом причеплення до трактора-тягача віброплити (рис. 6, а), або віброкотка (рис. 6, б). Вони не тільки додатково ущільнюють шар ґрунту, але і здійснюють його вигладжування.

При зміні напрямку руху ГУМ можна ефективно ущільнювати як зв'язні, так і незв'язні ґрунти різного ступеня розпушення.

Для ущільнення всієї ширини насипу разом із відкосами можуть бути створені порівняно великі і специфічні для кожного з профілю до-

роги ГУМ коткового типу (рис. 7, а) і трамбуєчі, вібраційні чи комбіновані плити (рис. 7, б). Таким чином, створюються умови для блокування ґрунту від його зсуву з-під РО у сторони за рахунок форми поверхні РО та їх розташування.

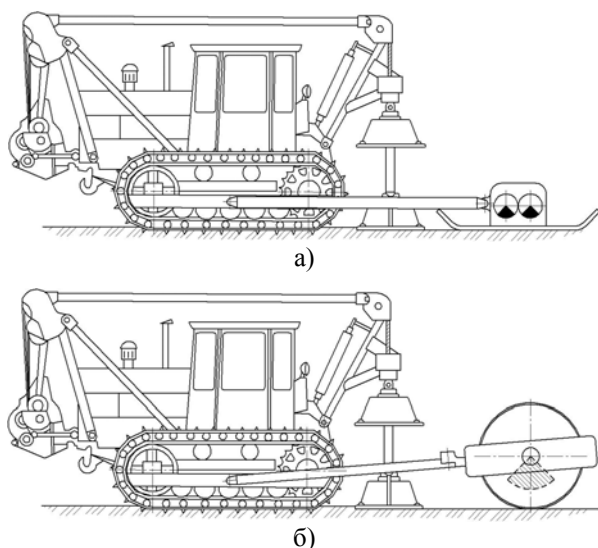


Рис. 6. ГУМ комбінованої дії

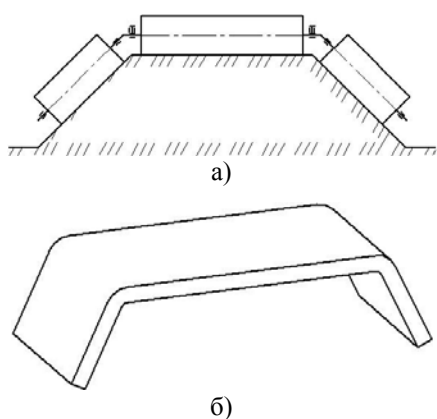


Рис. 7. Схеми РО ГУМ, що ущільнюють всю ширину насипу за один прохід

Можливість регулювання контактної тиску РО віброплити на ґрунт досягається телескопічним виконанням її поверхні (рис. 8), а саме: при постійній масі віброплити, коли площа контакту її РО максимальна, контактний тиск на ґрунт при цьому буде мінімальний. І навпаки, при мінімальній площі контакту РО, контактний тиск – максимальний. Таким чином, ефективне ущільнення ґрунту забезпечується за рахунок автоматичної зміни площі контакту РО з ґрунтом в залежності від щільності ґрунту на проміжних стадіях його ущільнення.

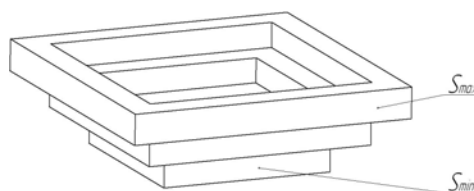


Рис. 8. Телескопічна плита

Щоб зменшити кількість проходів ГУМ по ущільнювальній ділянці, для досягнення необхідної щільності ґрунту може бути використана ГУМ з трьома РО коткового типу зі зворотно-поступальним рухом одного чи декількох з них, відносно бази ГУМ у подовжньому чи поперечному напрямках (рис. 9). Це досягається шляхом багаторазового походження одним з РО (наприклад, середнім) ділянки ущільнення, що знаходиться між іншими РО ГУМ. Тобто його кутова швидкість повинна бути набагато більша, ніж кутова швидкість останніх і кратна їй. У ролі РО ГУМ можуть виступати як вібраційні гладенькі і кулачкові вальці, так і пневмокоlesa.

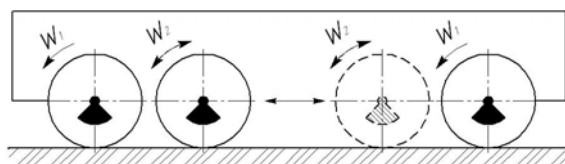


Рис. 9. ГУМ зі зворотно-поступальним рухом середнього вальця

Для збільшення ЯУ може бути використана плита з висувними секціями-плитами (рис. 10). Спочатку у ґрунт занурюються крайні секції, з наступним по черговим попарним опусканням інших секцій, закінчуючи середньою. Таким чином, рухаючись до середини, ущільнювальний ґрунт знаходиться між протилежними плитами-секціями, які не дають йому розходитись у сторони з-під РО, і, як наслідок, ґрунт рухається максимальним об'ємом до центру ЯУ в ущільнену зону відповідним найкоротшим шляхом, ущільнюючись і формуючи ЯУ, а також виступає передаточною ланкою між РО і неущільненим ґрунтом.

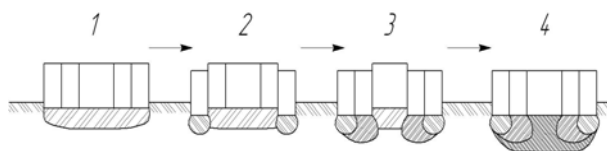


Рис. 10. Плита з висувними секціями-плитами

Цього ефекту досягає і плита із висувними секціями різної форми і взаємним їх розташуванням. Секції можуть рухатись одна відносно іншої у різних комбінаціях, в залежності від

бажаного отримання форми і об'єму ЯУ. Варіант такої плити представлений на рис. 11. На початковому етапі плита ущільнює ґрунт тільки своєю опорною площиною, без висування секцій. Потім занурюються у ґрунт ряди секцій, що знаходяться по зовнішньому периметру, і з наступним зануренням рядів секцій наступного порівняно меншого периметру, і до найменшого. Внаслідок таких операцій утворюється скоцентоване ЯУ.

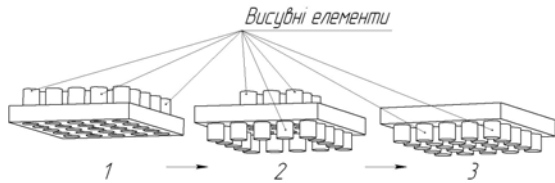


Рис. 11. Плита із висувними секціями різної форми

З метою поєднання ефекту ударної дії на ґрунт і укочування, запропонована схема вальця з падаючими секціями (рис. 12, а).

Під час руху вальця у певний момент часу відносно нього переміщається секція і ударяє по ґрунту. Потім валець найжджає на секцію і втискає її своєю масою ще глибше у ґрунт. Таким чином відбувається ущільнення. Одним із недоліків цієї конструкції є те, що такий ефект можливий тільки при одному напрямку обертання вальця. Для усунення вказаного недоліку передбачена можливість перезакріплення рухомих секцій залежно від напрямку руху, а у певних технологічних умовах рухомі секції закріплюються з обох сторін і РО працює як коток статичної дії.

Щоб досягти руху кулачка 1 кулачкового котка вертикально вниз з постійним контактом його робочої поверхні з ґрунтом, запропонована схема вальця з рухомими кулачками (рис. 12, б). При цьому форма кулачків у межах одного РО така, що не руйнує вже ущільнений ґрунт.

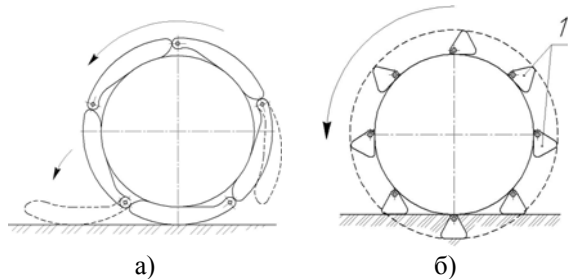


Рис. 12. Валець з падаючими секціями (а) та з рухомими кулачками (б)

З частковим вирішенням проблеми руйнування ґрунту при виході з нього кулачка кулачкового котка і додаванням переваг гратчастого

вальця запропонована схема гратчастого вальця з вбудованим у нього кулачковим вальцем (рис. 13).

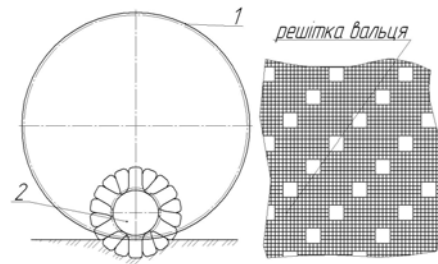


Рис. 13. Гратчастий валець з вбудованим у нього кулачковим вальцем

Кулачковий 1 і гратчастий 2 вальці з'єднані між собою зубчатим зачепленням, що забезпечує рівномірний відносний рух. У решітці гратчастого вальця є отвори для проходження через них кулачків, і в результаті відбувається взаємне їх очищення від налиплого ґрунту. Оскільки кожний із вальців привідний і кулачковий валець має можливість вивішуватись, то можливе використання як самого гратчастого вальця, так і його поєднання із кулачковим, що розширює область застосування запропонованого комбінованого вальця.

Схеми РО ГУМ коткового типу з різним виконанням збудників вібрації представлені на рис. 14.

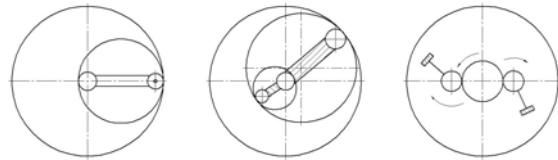


Рис. 14. Схеми вальців з різним виконанням збудників вібрації

Ущільнення ґрунту за рахунок динамічної дії падаючих мас, що знаходяться усередині вальця, має місце у наступних схемах вальців (рис. 15).

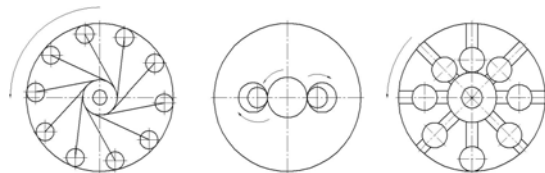


Рис. 15. Схеми вальців з падаючими масами

Валець з фасонною внутрішньою поверхнею (рис. 16, а) діє на ґрунт за рахунок перекочування і з імпульсними ударами по його внутрішній поверхні вбудованого елемента.

Перетворення енергії обертання ексцентрика у енергію поступального руху кулачка показане на принциповій схемі вальця (рис. 16, б).

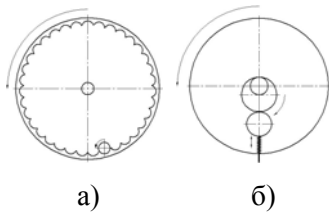


Рис. 16. Валець з фасонною внутрішньою поверхнею (а) та з висувним кулачком (б)

У загальному випадку певна група РО ГУМ коткового і плоского типу, які утримували б ґрунт від розсування з-під робочих поверхонь, можуть бути сформовані на основі РО ГУМ традиційної форми шляхом встановлення на їх робочих поверхнях змінних елементів (рис. 17).

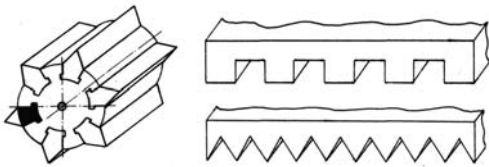


Рис. 17. РО ГУМ зі змінними елементами

При цьому змінні елементи можуть бути виконані таким чином, щоб робоча поверхня РО ГУМ, на якій вони будуть встановлені, залишалася незмінною, або іншої зручної для монтажу-демонтажу форми при проектуванні РО ГУМ нового покоління.

Складовими елементами РО ГУМ у загальному випадку можуть бути: форма основної поверхні (циліндрична, профільна, багатогранна, плоска, комбінована); форма змінних елементів (кулачки, пластини, комбіновані); спосіб встановлення змінних елементів (постійно, бандажі суцільні і роз'ємні, висувні, секцій-вставки, комбіновані) (рис. 18).

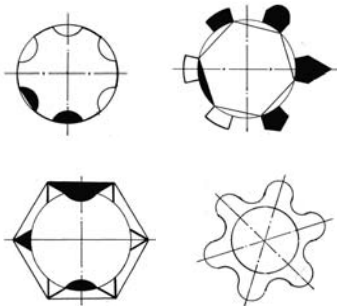


Рис. 18. Складові елементи РО ГУМ (змінні елементи основних поверхонь і їх виступаючих частин затушовані чи представлені принципово у вигляді окремих зразків з можливістю різних варіантів їх поєднання

Висновки і перспективи досліджень. Таким чином, обґрунтовані умови прискореного ущільнення ґрунту шляхом блокування його розсування з-під РО ГУМ під час прискореного ущільнення, та зменшення кількості ГУМ у технологічному процесі.

Подальші дослідження спрямовані на можливість створення необхідного профілю РО на основі бажаного ЯУ і структурної формули РО ГУМ. При цьому, замінивши у РО елементи відповідними математичними моделями, можна отримати загальну математичну модель РО ГУМ, а також профіль РО ГУМ, виходячи із заданих енерговитрат і технологічних вимог.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Савельев С. В. Обоснование режимных параметров вибрационного гидрошинного катка для уплотнения грунтов. – Автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.05.04 / СиБАДИ. – Омск, 2004. – 19 с.
2. Бурхович М. П. Підвищення експлуатаційної ефективності пневматичних шин машин для земляних та дорожніх робіт. – Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 / Полтавський нац. техн. ун-т ім. Ю. Кондратюка. – Полтава, 2007. – 21 с.
3. Манакін Є. А. Підвищення ефективності ущільнення горілих порід вибором раціональних параметрів вібраційного катка. – Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.04 / ПДАБА. – Д., 2007. – 20 с.
4. Главацкий К. Ц. Моделирование взаимодействия с грунтом каткового рабочего органа / К. Ц. Главацкий, В. М. Богомаз, Ю. Р. Бредихин // Подъемно-транспортная техника, 2006. – № 3. – С. 72-80.
5. Главацкий К. Ц. Зависимость угла поворота центра тяжести дебаланса от параметров грунтоуплотняющего катка при стабильных режимах работы / К. Ц. Главацкий, В. Н. Богомаз, В. Н. Проскурня, А. М. Храмцов // Подъемно-транспортная техника, 2007. – №1. – С. 37-43.
6. Главацкий К. Ц. Влияние параметров грунтоуплотняющего катка при переходных режимах работы на угловое положение дебаланса его виброконтура / К. Ц. Главацкий, В. Н. Богомаз, В. Н. Проскурня, В. Э. Черкудинов // Подъемно-транспортная техника, 2007. – № 2. – С. 40-49.
7. Богомаз В. М. Моделирование взаимодействия рабочего органа уплотняющей машины с грунтом / В. М. Богомаз, К. Ц. Главацкий // Вестн. Харьк. нац. автомоб.-дор. ун-та. – Вып. 38. – Харьков: ХНАДУ, 2007. – С. 164-170.
8. Главацкий К. Ц. Направления модернизации катков статического и динамического действия для уплотнения строения пути / К. Ц. Главацкий, В. Н. Богомаз // Вісн. Дніпроп. нац. ун-ту заліз. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Вип. 17. – Д.: ДНУЗТ, 2007. – С. 80-85.

Надійшла до редколегії 29.02.2008.