УДК 624.132.3

Макарчук О. В., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

СУЧАСНІ УЩІЛЬНЮЮЧІ МАШИНИ

Наведено основні типи ущільнюючих машин, проаналізовано конструкції закордонних котків, перспективні конструкції котків.
Ключові слова: ущільнення ґрунту, вібраційний коток, валець, дорожнє покриття.

Приведены основные типы уплотняющих машин, проанализированы конструкции иностранных катков, перспективные конструкции катков.
Ключевые слова: уплотнение почвы, вибрационный каток, валец, дорожное покрытие.

The constructions of machines are presented for the compression of soil. the analysis of constructions of machines is conducted for the compression of gruna and perspective constructions of these machines.
Keywords: compression of soil, roller, road surface.

Постановка проблеми. Будівництво і обслуговування доріг є однією з найважливіших галузь, оскільки дороги забезпечують переміщення і транспортування різної техніки і матеріалів, що необхідне для розвитку всіх галузь діяльності людини. Великими темпами удосконалюється техніка і технологія будівництва доріг і перед конструкторами дорожніх машин виникають нові, ще складніші задачі по впровадженню технічного прогресу в даній галузі машинобудування. Машини для ущільнення ґрунтів і інших матеріалів виконують важливу роль в будівництві доріг. Від якості ущільнення ґрунту чи інших матеріалів залежить подальша їх служба. Процес ущільнення матеріалу залежить від багатьох факторів: товщини шару ущільнюючого матеріалу, щільності матеріалу, вологості, їх фізико-механічних властивостей.

Аналіз останніх досліджень. Як відомо ґрунти насипів земляних споруд повинні мати стійкість не тільки до діючих навантажень, але і до впливу кліматичних умов. Досягаються вказані властивості земляних споруд ущільненням ґрунтів. Штучне ущільнення ґрунтів – це багатократно проведений процес дії на ґрунт робочих органів відповідних ущільнюючих машин аж до досягнення заданої міцності.

Ущільнення ґрунтів виконують наступними методами: укочуванням (машинами статичної дії), вібрацією та вібро-трамбуванням (машинами вібраційної дії), трамбуванням (ударно-трамбуючими машинами) та комбіновани-

ми. Кожен наведений метод використовується для певних ґрунтів, тобто їх фізико-механічних властивостей [1]. При укочуванні по ґрунту перекочується валець, на поверхні контакту якого з ґрунтом має місце деякий тиск (напруження) за рахунок чого і розвиваються необоротні деформації ґрунту. На цьому принципі основана робота всіх катків. При вібруванні шару ґрунту, що ущільнюється останньому передаються коливальні рухи, а сам вібраційний орган машини не відривається від ґрунту. Метод ущільнення трамбуванням основний на передачі ґрунту, що ущільнюється, ударних навантажень. На відміну від вібраційного і вібротрамбуючого методів він створює значне навантаження в момент співудару робочого органу з ґрунтом, що дозволяє ущільнювати зв'язні і незв'язні ґрунти шарами великої товщини (до 2 м). Але наведені можуть працювати лише з певними ґрунтами, тому більш ефективним є комбінований метод ущільнення. Він оснований на сполученні діючих на ґрунт статичних, вібраційних, вібротрамбуючих і трамбуючих навантажень. Даний метод дозволяє ущільнювати всі види ґрунтів і застосовується головним чином при широкому фронті робіт [2].

Об’єкти та методика досліджень. Об’єктом досліджень є конструкції сучасних ущільнюючих машин, які можуть працювати з різними середовищами ущільнення, не потребують переагрегатування і ефективно та якісно здійснюють ущільнення середовища.

Результати досліджень. Основною машиною, що здійснює ущільнень дорожнього покриття, є дорожні котки. Безліч фірм випускають котки різного виду, потужності і ваги. Серед характеристик, що впливають на якість ущільнення, варто відзначити наступні: маса котка; площа контакту вала з ущільнюються шаром; швидкість укочування; число проходів. В наш час великої популярності набули вібраційні грунтоущільнюючі засоби – віброплити, гладковальцеві і кулачкові віброкотки. Причому, з часом на зміну причіпним моделям віброкотків прийшли зручніші і технологічніші для виконання лінійних земляних робіт самохідні шарнірно-зчленовані моделі або, як їх назвали німці, "Walzenzug" (коток – тягни-штовхай) [3]. Кожна сучасна модель ґрунтоущільнюючого віброкотка, як правило, має два виконання – з гладким і кулачковим вальцем. При цьому деякі фірми виготовляють до одного і того ж одноосного пневмоколісного тягача два окремих взаємозамінних вальця, а інші пропонують покупцеві котка замість цілого кулачкового вальця всього лише "насадку-обхват" з кулачками, яка легко і швидко кріпиться поверх гладкого вальця. Є також фірми, що розробили подібні гладковальцеві "насадки-обхвати" для монтажу поверх кулачкового вальця.

Слід особливо відзначити, що самі кулачки на віброкотках, особливо після початку їх практичної експлуатації в 1960 р., зазнали істотних змін в своїй геометрії і розмірах, що благотворно відбилося на якості і товщині ущільнюваного шару і понизило глибину розпушування приповерхневої зони ґрунту. [3]. Якщо раніше кулачки "шипфут" були тонкими (опорна площа 40-50 см^2) і

довгими (до 180-200 мм і більш), то сучасні їх аналоги "педфут" стали коротшими (висота в основному 100 мм, іноді 120-150 мм) і товщими (опорна площа близько 135-140 см^2 з розміром сторони квадрата або прямокутника близько 110-130 мм). По закономірностях і залежностях механіки ґрунтів збільшення розмірів і площі контактної поверхні кулачка сприяє зростанню глибини ефективної деформації ґрунту (для зв'язного ґрунту вона складає 1,6-1,8 розміру сторони опорного майданчика кулачка). Тому шар ущільнення суглинку і глини віброкотком з кулачками "педфут" при створенні належного динамічного тиску і з урахуванням 5-7 см глибини занурення кулачка в ґрунт почав складати 25-28 см, що і підтверджують практичні вимірювання. Така товщина шару ущільнення зрівнюється з ущільнюючою здатністю пневмоколісних котків вагою не менше 25-30 т. [4]. Якщо до цього додати істотно велику товщину ущільнюваного шару незв'язних ґрунтів віброкотками і вищу їх експлуатаційну продуктивність, стане зрозуміло, чому причіпні і напівпричіпні пневмоколісні котки для ущільнення ґрунтів почали поступово зникати і зараз практично не випускаються або випускаються малими партыями. Таким чином, в сучасних умовах основним ґрунтоущільнюючим засобом у дорожній галузі переважної більшості країн світу став самохідний одновальцевий віброкоток, що шарнірно-з’єднаний з одноосним пневмоколісним тягачем, і має як робочий орган гладкий (для незв'язаних і малозв'язаних дрібнозернистих і грубозернистих ґрунтів) або кулачковий валець. [3].

Сьогодні в світі є більше 20 фірм, що випускають близько 200 моделей таких ґрунтоущільнюючих котків різних типорозмірів, що відрізняються один від одного загальною вагою (від 3,3-3,5 до 25,5-25,8 т), вагою вібровальцевого модуля (від 1,6-2 до 17-18 т) і своїми габаритами. Є також деяка відмінність в будові віброзбудника, в параметрах вібрації (амплітуда, частота, відцентрова сила) і в принципах їх регулювання. І звичайно перед будівельником можуть виникати, як мінімум, два питання – як правильно вибрати відповідну модель подібного котка і як найефективніше з її допомогою здійснити якісне ущільнення ґрунту на конкретному практичному об'єкті і з найменшими витратами.

При вирішенні таких питань слідує заздалегідь, але достатньо точно встановити ті переважаючі типи ґрунтів і їх стан (гранулометричний склад і во¬логість), для ущільнення яких підбирається віброкоток. Особливо, або в першу чергу, слід звернути увагу на наявність у складі ґрунту пилуватих (0,05-0,005 мм) і глинистих (менше 0,005 мм) частинок, а також на відносну його вологість (у долях оптимального її значення). Ці дані дадуть перші уявлення про ущільнюваність ґрунту, можливому способі його ущільнення (чисто вібраційний або силовий віброударний) і дозволять зупинити свій вибір на віброкотку з гладким або кулачковим вальцем. Вологість ґрунту і кількість пилуватих і глинистих частинок істотним чином впливають на міцнісні і деформаційні його властивості, а, отже, і на необхідну ущільнюючу здатність

вибраного котка, тобто його здатність забезпечити необхідний коефіцієнт ущільнення (0,95 або 0,98) в шарі ґрунту, що задається технологією будівництва земляного полотна.

Періодично з'являються серйозні новинки функціонально-технологічного характеру, спрямовані на підвищення якості та продуктивності операції ущільнення тих чи інших матеріалів. Такі розробки заслуговують не тільки особливої уваги шляховиків, але і всебічного аналізу і оцінки їх корисності, ефективності і можливості використання в різноманітних умовах [4]. Як і належить при будівництві автомобільної дороги, логічно почати з новинок для ущільнення ґрунтів земляного полотна. Фірма Bomag (Німеччина) створила для цих цілей оригінальний великий віброкоток BW225 D-3 BVC (Bomag VarioControl) з багатогранною поверхнею вальця.

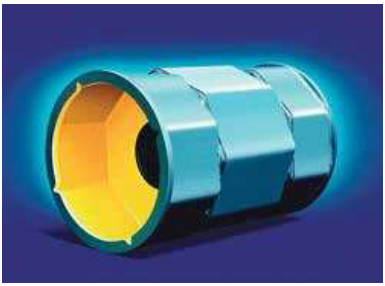

Рисунок. Сегментний валець віброкотка BW225 D-3 BVC фірми Bomag

Останній має три зварених у єдиний широкий валець восьмисегментних або восьмигранних кільця (рисунок), які зміщені (повернені) один відносно одного на половину довжини одного сегмента. У результаті на вальці котка знаходиться 24 рівних (плоских) майданчика з гранями. При коченні такого вальця статичні та динамічні дії на ґрунт передаються площадками і гранями.

Виробниче використання одновальцевого ґрунтового віброкотка BW225 D-3 BVC з багатогранною або сегментною формою поверхні вальця здійснювалося на трьох об'єктах в Німеччині при зведенні насипів з різних типів і станів ґрунтів, включаючи зв'язкові глинисті і скеле-подібні. Зокрема, на будівництві автомобільної дороги, для якої вимоги до якості ущільнення ґрунтів найбільш жорсткі, в Німеччині були отримані дивовижні результати. На зв'язному глинистому ґрунті степінь ущільнення 98,2% був зафіксований на глибині близько 1,0 м. Причому для цього треба було всього 4-5 проходів цього котка з новою формою вальця.

Перспективи розвитку технологій ущільнення ґрунтів основуються на застосуванні котків з комбінованими робочими органами, наприклад, котків з одним вібровальцем і основним робочим органом на пневматичних шинах та ін. В зарубіжній і вітчизняній практиці все більш широко застосовуються та-

кож комбіновані методи ущільнення, при яких на різних стадіях процесу використовуються котки типів, наприклад в такій послідовності: легкі гладко вальцеві котки – котки на пневмошинах – тяжкі котки типу "тандем" або ж на першій стадії вібро- і пневмокотки, що працюють паралельно, на завершальній – котки типу "тандем". Такі комбіновані засоби і методи ущільнення дозволяють більш повно використати переваги кожного з них.

Висновки: Провівши аналіз сучасного стану дорожнього будівництва можна зробити висновок про те, що для покращення якості та ефективності ущільнення необхідно створити універсальний механізм, який дозволить суттєво полегшити весь процес ущільнення дорожнього полотна, а шляхом незначного переобладнання де балансного механізму дозволить перейти від вібраційного механізму до ударного.

1. Алексеева Т. В. Дорожные машины. – Ч. 1 / Алексеева Т. В., Артемьев К. А., Бромерг А. А. [и др.] – М. : Машиностроение, 1972. – 504 с. **2.** Макій Ю. А. Механізація дорожнього будівництва/ Ю. А. Макій, В. Г. Ткаченко, Д. В. Зеркалов – Київ : "Основа", 2004. 199 с. **3.** Основні характеристики та комерційні пропозиції з продажу техніки [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL http://www.traktora.ru/ – Назва з екрана. **4.** Строй-Техника.ру. Строительніе машины и оборудование, справочник [Електронний ресурс]. – Режим доступу : URL http://www. http://stroy-technics.ru// – Назва з екрана.

Рецензент: д.т.н., професор Кованько В. В. (НУВГП)