

УДК 626.226

Відвал бульдозера з розпушувальними зубами

Дмитро Міщук¹, Володимир Волянчук², Євгеній Горбатюк³

Київський національний університет будівництва і архітектури,

Повітрофлотський проспект 31, Київ, Україна, 03680

¹mischuk84@gmail.com, orcid.org/0000-0002-8263-9400

²volian535@ukr.net, orcid.org/0000-0002-6852-9037

³gek_gor@i.ua, orcid.org/0000-0002-8148-5323

Отримано 15.11.2018; прийнято 12.12.2018

DOI: 10.31493/gbdmm1892.0403

Анотація. Земляні роботи є найбільш енерговитратними в промисловому, цивільному та дорожньому будівництві. Однією з основних і масових машин для виконання земляних робіт є бульдозер. За допомогою бульдозерів виконують підготовку ділянок будівельних майданчиків, риття котлованів, улаштування насипів і гребель, розрівнювання нерівностей, планування територій. Основним недоліком бульдозера є неможливість розробляти мерзлі та скельні ґрунти, які попередньо потрібно розпушувати. Для розпушування таких порід необхідно застосовувати додаткові машини або спеціальне робоче обладнання. Розширення технологічних можливостей відвалів бульдозерів щодо розробки міцних ґрунтів є актуальною задачею, яка вирішується в даній роботі, а саме пропонується розробити конструкцію бульдозерного відвалу, яка дозволить виконувати розробку ґрунтів традиційними методами, а також матиме можливість здійснювати розпушування міцних ґрунтів без застосування додаткових машин.

В роботі розглянуто конструктивну схему відвалу бульдозера з розпушувальними зубами активної дії, що встановлюються на відвал з можливістю висунання окремо кожного зуба. Привід розпушувальних зубів здійснюється від гідропульсаторів, які створюють коливання частотою 25...35 Гц, внаслідок чого в міцних ґрунтах утворюються тріщини, які зменшують міцність ґрунтів. Подача гідравлічної рідини під тиском до гідропульсаторів розпушувальників може здійснюватися від гідравлічних насосів базової машини бульдозера.

Представлені в роботі конструктивні схеми бульдозерів з ударними різальними частинами захищені патентами України.

Ключові слова: бульдозер, розпушувальник, відвал бульдозера, земляні роботи.

ВСТУП

Питання зменшення питомих витрат та енергоємності розробки ґрунту є актуальною задачею для землерийної техніки, яка виконує одну з найбільш енерговитратних частин будівельних робіт.

Однією із найбільш розповсюджених машин для виконання земляних робіт в будівництві є бульдозер, конструкція якого проста, універсальна і забезпечує низьку собівартість виконання робіт. Удосконалення конструкції робочого органа бульдозера є одним з основних напрямків підвищення його продуктивності.

Для досягнення високої ефективності роботи бульдозера в міцних ґрунтах застосовують розпушувальники, які можуть бути як окремими машинами, так і у вигляді додаткового окремого навісного обладнання на базовий трактор. Для ефективного руйнування міцних ґрунтів розпушувальник повинен виконати декілька проходів по ґрунтовій ділянці, яка розроблюється. При такому способі розробки ґрунту бульдозер та розпушувальник не можуть працювати одночасно.

Застосування комбінованого бульдозерного обладнання з розпушувальними активними зубами дозволить проведення розпушування, копання та переміщення ґрунту без виконання додаткових робіт, що збільшує собівартість розробки ґрунту.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Проаналізувати відомі технічні рішення конструкцій відвалів бульдозера та розробити таку конструкцію, яка б дозволяла одночасно виконувати попереднє руйнування ґрунту, його розробку та транспортування однією машиною.

АНАЛІЗ ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Створенню робочого органа бульдозера, робота якого б дозволила підвищити продуктивність машини за рахунок покращення взаємодії його різальних елементів з ґрунтом присвячені роботи Баловнева В.В., Баладінського В.Л., Домбровського М.Г., Зеленіна А.М., Хмари Л.А., Холодова А.М. та ін. [1-5], де прослідковується декілька основних напрямків, а саме пасивного статичного та активного динамічного руйнування ґрунтів. Так, одним зі шляхів підвищення ефективності розробки міцних ґрунтів бульдозером є зменшення площі контакту різальної частини відвалу з ґрунтом, що досягається за рахунок зміни конфігурації різального ножа бульдозера [3]. На Рис. 1 зображено одне з найбільш простих та ефективних технічних рішень бульдозерного відвалу складного профілю з виступаючим середнім ножом 3 трапецієподібної форми, який встановлено під більшим кутом різання відносно бокових ножів, а різальна кромка оснащена зубами 4 та боковими косинками 5, що з'єднують бокові грані середнього та бокових ножів [6]. Виступаючий середній ніж такого відвалу здійснює лідируюче різання ґрунту, а внаслідок того, що площа його контакту з ґрунтом значно менша, сила опору руху також буде меншою. При роботі з глиною на виступаючу кромку відвалу швидко налипає ґрунт, змінюючи тим самим кут різання, що призводить до збільшення сили опору ґрунту руйнуванню, в міцних ґрунтах доводиться виконувати багаторазові проходи по одній ділянці розробки ґрунту. Крім того, таким відвалом складно працювати на нерівних поверхнях.

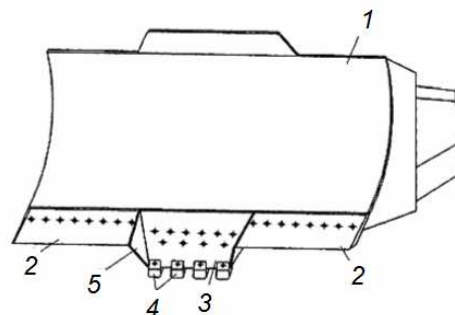


Рис. 1. Відвал бульдозера з виступаючим середнім ножом: 1 – лобова поверхня; 2 – бокові ножі; 3 – середній ніж; 4 – зуб'я; 5 – бокові косинки

Fig. 1. Bulldozer bullet with protruding middle knife: 1 – frontal surface; 2 – side knives; 3 – average knife; 4 – teeth; 5 – lateral scones

Існує ряд патентів бульдозерних відвалів комбінованої конструкції з розпушниками пасивної та активної дії. На Рис. 2 представлено бульдозерний відвал, різальна кромка якого утворюється окремими незалежними різальними частинами із рухомих зубів 4, які виконані у вигляд бойків, що встановлені в циліндричні корпуси 8 і утримуються пружинами 5. В порожнисті циліндричні корпуси 8, які ущільнювачем 12 і діелектричними прокладками 13 поділено на дві камери, з протилежної сторони від бойків встановлено позитивні 12 і негативні 13 електроди, через які подається імпульс електричного розряду, що при взаємодії з електропровідною рідиною, яка заповнює камеру з електродами, створює гідроімпульсний удар і тим самим передає імпульс на рухомі зуби [7]. Недоліком цього відвалу є те, що при роботі відбувається витікання рідини через щілини в робочому органі, внаслідок чого зникає ефект розряду та коливання різальних зубів, а при низьких температурах рідина в камерах розпушувальних зубів замерзає, що унеможливорює відтворення коливань.

Відоме бульдозерне обладнання двобічної дії з розпушувальними зубами статичної дії [8], що складається з неповоротного відвалу 1, на якому встановлено розпушувальні зуби 2 (Рис. 3).

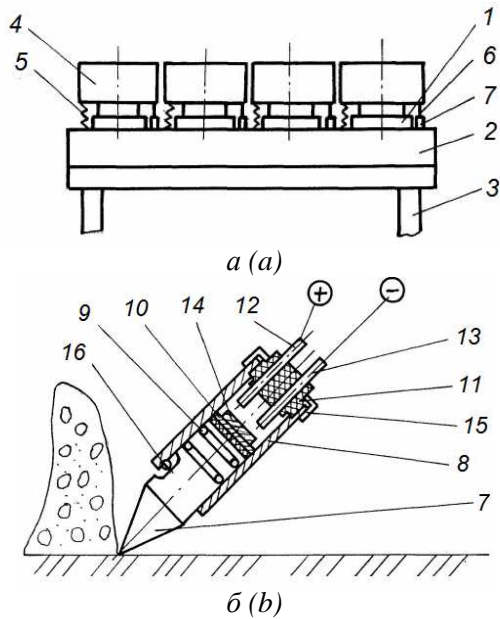


Рис. 2. Бульдозерне устаткування з активними різальні елементами: *а* – бульдозерний відвал; *б* – конструкція розпушувального зуба; 1 – активний зуб; 2 – траверса; 3 – тяга; 4 – ріжучий елемент; 5 – пружина; 6 – штовхач; 7 – буфер; 8 – циліндричний корпус; 9 – ущільнювач; 10 – прокладка; 11 – ізолятор; 12, 13 – електроди; 14 – металева пластина; 15 – накидна гайка; 16 – стопорний штифт

Fig. 2. Bulldozer equipment with active cutting elements: *a* – dozer dump; *b* – the construction of the loosening tooth; 1 – active tooth; 2 – traverse; 3 – thrust; 4 – cutting element; 5 – spring; 6 – pusher; 7 – buffer; 8 – cylindrical body; 9 – sealant; 10 – gasket; 11 – insulator; 12, 13 – electrodes; 14 – metal plate; 15 – roller nut; 16 – locking pin

Переведення розпушувальних зубів з неробочого положення в робоче здійснюється гідроциліндрами. Розпушування ґрунту можна здійснювати лише при зворотному ході машини.

На Рис. 4 представлено конструкцію комбінованого відвалу бульдозера, на якому встановлено вертикально висувні балки, в нижніх консольних частинах яких шарні-

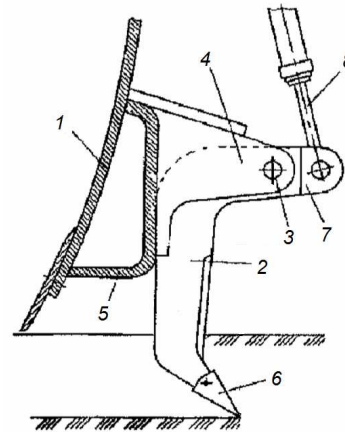


Рис. 3. Відвал бульдозера з відкидними розпушувальними зубами: 1 – відвал; 2 – зуб; 3 – вісь; 4 – вушко; 5 – коробка жорсткості відвалу; 6 – наконечник розпушника; 7 – вушко розпушника; 8 – привідний гідроциліндр

Fig. 3. Bulldozer with folding razor-toothpicks: 1 – a dump; 2 – tooth; 3 – axle; 4 – cobblestone; 5 – a box of rigidity of a dovel; 6 – tip of the swab; 7 – loop-hole leaf; 8 – drive hydraulic cylinder

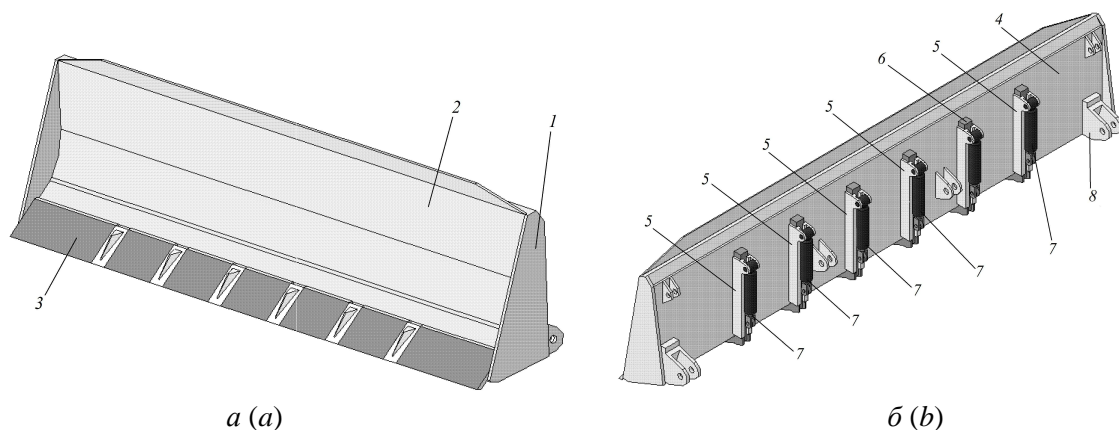


Рис. 4. Відвал бульдозера з висувними розпушниками: *а* – вид спереду; *б* – вид ззаду; 1 – бокова стінка; 2 – відвальний щит; 3 – різальний ніж; 4 – задня стінка; 5 – вертикальна напрямна; 6 – висувна балка розпушника; 7 – привідний гідроциліндр

Fig. 4. Dozer bullet with retractable rouleaders: *a* – front view; *b* – the rear view; 1 – side wall; 2 – boiler shield; 3 – cutting knife; 4 – back wall; 5 – vertical guiding; 6 – retractable beam of loose leaf; 7 – drive hydraulic cylinder

рно закріпленні змінні коронки розпушників. Розпушувальні зуби розташовані на відвалі таким чином, що дозволяють здійснювати розробку ґрунту в напрямку робочого руху бульдозера. Всі розпушники можуть працювати як одночасно, так і кожний окремо. При такій конструкції відвалу можна здійснювати одночасне транспортування ґрунту та його розпушування. Технічне рішення комбінованого відвалу бульдозера дозволяє ефективно використовувати можливості базової машини за рахунок зменшення опору ґрунту різанню завдяки попередньому руйнуванню міцного шару ґрунту під час робочого руху бульдозера.

Проведений аналіз технічних рішень показує актуальність даної тематики. В роботі пропонується розглянути динамічне руйнування міцного ґрунту відвалом бульдозера та запропонувати конструкцію відвалу з розпушувальними елементами, що знаходяться на відвалі та можуть здійснювати коливання.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

На початковому етапі досліджень було проведено аналіз статичного руйнування міцного ґрунту відвалом бульдозера. При роботі бульдозера на горизонтальній поверхні під час лобового різання гострим ножом і транспортування ґрунту відвалом на відвал діє сила опору руху [10]:

$$R_H = W_1 + W_2 + W_3 + W_4, \quad (1)$$

де $W_1 = B \cdot h \cdot m_b \cdot \varphi$ – опір ґрунту різанню гострим ножом шириною B , Н; m_b – питомий опір ґрунту різанню, Па; h – товщина шару ґрунту, що зрізується, м; φ – коефіцієнт, що враховує вплив кута різання;

$W_2 = V_{\text{пр}} g \rho_2 \frac{\mu_1}{K_p}$ – опір переміщенню при-

зми ґрунту перед відвалом, Н; μ_1 – коефіцієнт внутрішнього тертя ґрунту; ρ_2 – щільність ґрунту, $\text{кг}/\text{м}^3$; K_p – коефіцієнт роз-

пушування ґрунту; $W_3 = V_{\text{пр}} \frac{\rho_2 g}{K_p} \mu_2 \cos^2 \delta$ –

опір переміщенню ґрунту, що виникає внаслідок його тертя по відвалу, Н; μ_2 – коефіцієнт тертя ґрунту по поверхні відвалу; $W_4 = G_T f$ – опір переміщенню бульдозера, Н; G_T – сила ваги бульдозера, Н; f – коефіцієнт опору переміщенню рушія.

В складі сили опору руху бульдозера при руйнуванні міцних ґрунтів опір від сили різання буде домінуючим і збільшуватиметься при збільшенні міцності ґрунту [11]. Тому подальші дослідження були зосереджені на аналізі сили різання, яка враховуватиме лише лобове різання прямокутним ножом.

Для оцінки величини сили різання визначено силу зчеплення базової машини з поверхнею ґрунту, перевищення величини якої вказуватиме на пробуксовування рушія бульдозера:

$$W_1 \leq G_T \varphi_{зч}, \quad (2)$$

де $\varphi_{зч}$ – коефіцієнт зчеплення.

На Рис. 5 показано порівняння величин сил різання з силою зчеплення для бульдозера тягового класу 25 з експлуатаційною масою 41 т та шириною відвалу 4 м при розробці міцних ґрунтів.

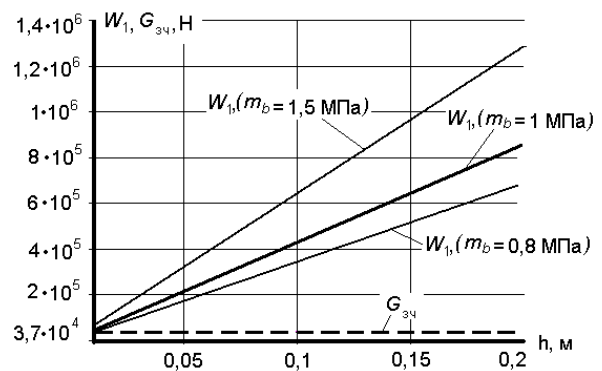


Рис. 5. Залежності зміни сил різання міцних ґрунтів відвалом бульдозера

Fig. 5. Dependence of changes in the strength of cutting forces of solid soils in a dump of a bulldozer

При глибині різання 0,05 м ґрунтів міцністю 0,8...1,5 МПа виникає сила різання величиною $(2..3) \cdot 10^5$ Н, що значно перевищує максимальну силу зчеплення рушія базової машини бульдозера з поверхнею ґрунту, яка становить $3,7 \cdot 10^4$ Н. Це дає підстави стверджувати, що бульдозер тягового класу 25 не може подолати навіть силу опору різанню ґрунтів вище 4-ої категорії міцності. Пропонується застосовувати динамічне руйнування міцного ґрунту спеціальним розпушувальним органом.

Відомо, що при збільшенні швидкості взаємодії робочого органа з середовищем в середовищі внаслідок розповсюдження хвиль деформації будуть з'являтися тріщини, які зменшуватимуть сили опору різанню ґрунту. Сила опору динамічному руйнуванню ґрунту визначається за формулою [11]:

$$W_{1p} = \frac{U(\rho v^2 + m_b \varepsilon) n_3 b h}{2 \nu k_\alpha}, \quad (3)$$

де k_α – коефіцієнт загострення різального елемента; b – ширина розпушувального зуба; n_3 – кількість зубів; ν – швидкість впровадження робочого органа в ґрунт, м/с; U – швидкість розповсюдження поздовжніх хвиль деформацій; ε – відносна динамічна деформація; ρ – щільність ґрунту, кг/м³.

На Рис. 6 зображено графіки зміни сили різання ґрунту розпушувальними зубами, які встановлені на відвалі бульдозера та здійснюють коливальні рухи.

Встановлено, що при руйнуванні міцних ґрунтів одночасно п'ятьма активними розпушувальними зубами шириною 0,01 м при глибині різання 0,05 м необхідно створювати силу різання $(1..1,5) \cdot 10^4$ Н, що значно менше максимальної сили зчеплення рушія базової машини бульдозера з поверхнею ґрунту.

Проведене дослідження показало, що динамічне руйнування ґрунту розпушувальними зубами дає позитивний ефект та дозволяє працювати бульдозеру в міцних ґрунтах, причому особливу увагу слід приділити швидкості взаємодії зубів з ґрунтом.

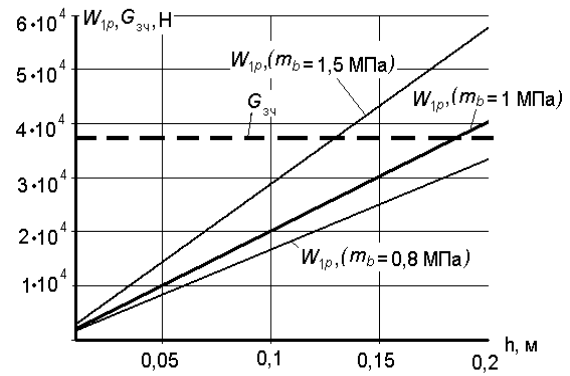


Рис. 6. Залежності зміни сил різання міцних ґрунтів активними розпушувальними зубами, встановленими на відвалі бульдозера: (графіки побудовано для $k_\alpha = 1,75$; $b = 0,1$ м; $\rho = 1900$ кг/м³; $n_3 = 5$; $\varepsilon = 0,012$; $\nu = 1$ м/с)

Fig. 6. Dependence of change of forces of cutting of strong soils by active loosening teeth installed on a dump of a dozer: (graphs built for $k_\alpha = 1,75$; $b = 0,1$ m; $\rho = 1900$ kg/m³; $n_3 = 5$; $\varepsilon = 0,012$; $\nu = 1$ m/s)

Як відомо з робіт В.Л. Баладінського, швидкості динамічного руйнування міцних ґрунтів повинні складати не менше 2...3 м/с [2, 11 – 13]. Було досліджено характер зміни сили динамічного різання ґрунту розпушувальними зубами відвалу бульдозера в залежності від швидкості взаємодії різальних елементів з ґрунтом при глибинах різання 0,05 м та 0,1 м (Рис. 7).

Як видно з наведених графіків при глибині різання 0,05 м і швидкостях руху менше 0,5 м/с сила динамічного руйнування збільшується вище $2 \cdot 10^4$ Н, а при глибині різання 0,1 м її величина досягає значень, співставних з силою зчеплення. Для бульдозера ефективним буде застосування швидкості розробки міцного ґрунту в межах 1,5...2 м/с, коли значення сили різання становитиме $(0,5..1) \cdot 10^4$ Н.

Кількість розпушувальних зубів пропонується визначати за формулою

$$n_3 = \left(G_T(\varphi_{зч} - f) - \frac{BH^2 g \rho}{2 \mu_1 K_p} K (\mu_1 + \mu_2 \cos^2 \delta) \right) \times \frac{2 \nu k_\alpha}{U(\rho v^2 + m_b \varepsilon) b h}, \quad (4)$$

де δ – кут різання ґрунту, град.

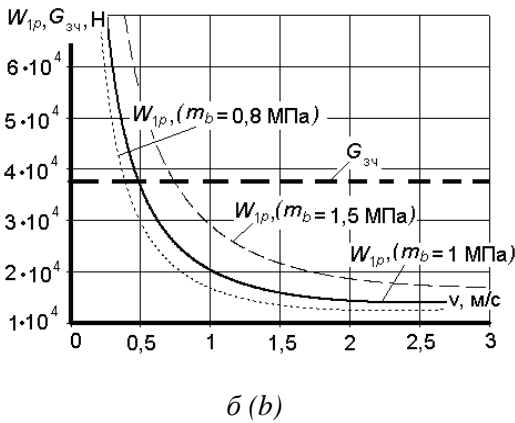
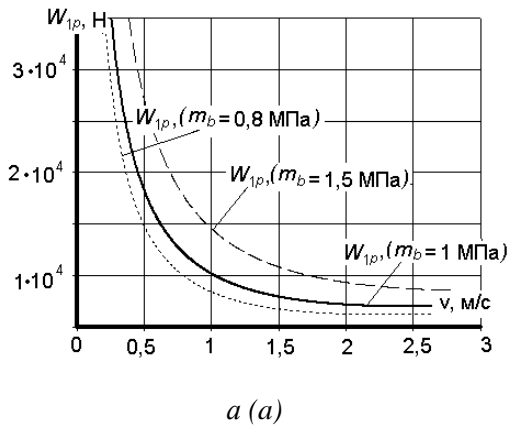


Рис. 7. Залежності зміни динамічної сили різання міцних ґрунтів розпушувальними зубами від швидкості: *a* – для глибини різання 0,05 м; *b* – для глибини різання 0,1 м

Fig. 7. Dependences of changes in the dynamic force of cutting of strong soils with loose teeth on speed: *a* – for depth of cutting 0,05 m; *b* – for a depth of 0,1 m

Пропонується удосконалити конструкцію відвалу бульдозера за рахунок встановлення на розпушувальні зуби гідравлічних пульсаторів, які створюватимуть додаткові коливальні ударні навантаження на ґрунт. Запропонована конструкція такого відвалу повинна виконуватися з транспортного положення в робоче та при робочому русі машини вперед починає заглиблюватися в

ґрунт. Коронки 16 розпушників знаходяться в піднятому положенні і разом з різальними ножами 3 відвалу створюють різальний контур. На передніх гранях коронок 16 виникає сила опору ґрунту різанню, яка в місці з'єднання з висувною балкою 6 притискатиме рухомий корпус 15 до шестигранної напрямної 14. Одночасно з цим процесом в напірну порожнину гідроциліндра 20 через штуцер 23 від генератора імпульсів подається робоча рідина для збільшення питомого тиску на ґрунт, що через шток 18 передаватиметься на рухомий корпус 15 та різальну кромку коронок 16. Внаслідок цього різальна кромка 16, пульсуючи, наносить удар по масиву ґрунту і створює в ньому тріщини.

У разі, коли для руйнування ґрунту не вистачатиме потужності базового тягача або відбуватиметься його буксування, необхідно за допомогою гідроциліндрів 7 здійснити висування донизу балок 6 розпушників, що приведе до висування коронок 16 та їхнього безпосереднього контакту з ґрунтом, при цьому різальна частина відвалу бульдозера не виконуватиме розробку ґрунту, дозволяючи тим самим реалізовувати повну потужність базового трактора на розробку ґрунту лише розпушувальними зубами.

Час удару різальної частини розпушника з гідропульсатором [14, 15]

$$t_{\text{уд}} = \frac{2A_p k_\alpha E}{S U k_s C^2}, \quad (5)$$

де S – площа контакту ударної різальної частини з ґрунтом; k_s – безрозмірний коефіцієнт ($k_s = k_o^2 k_c^2 k_\mu$); $k_o = 1,36 \dots 1,60$; $k_c = 10^6/30$ – коефіцієнт; $k_\mu = 1 - 2\mu/(1 - \mu)$; (μ – коефіцієнт Пуассона); C – число ударів щільноміра ДорНДІ; $A_p = W_{1p} \delta_{\text{вп}}$ – енергія удару руйнування ґрунту; $\delta_{\text{вп}}$ – глибина впровадження різальної частини в ґрунт.

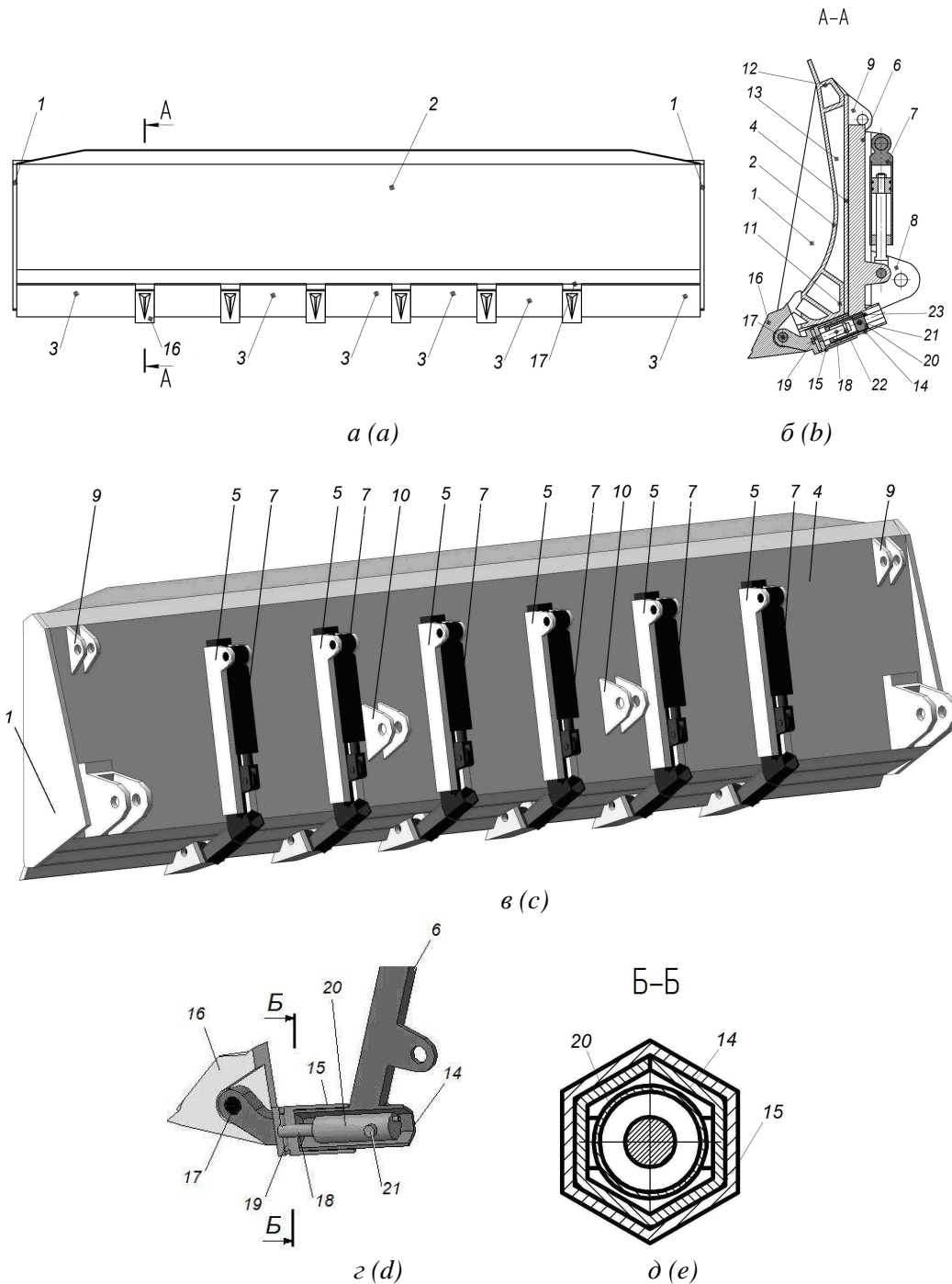


Рис. 8. Відвал бульдозера з активними висувними пульсуючими зубами: *a* - вид спереду; *b* - вид поперечного розрізу А-А; *в* - вид ззаду зі складеними розпушниками; *г* - вид розрізу розпушувального пульсуючого зуба; *д* - вид розрізу Б-Б консольної частини стійки розпушника: 1 - бокова стінка; 2 - відвальний щит; 3 - ніж; 4 - задня стінка; 5 - напрямна; 6 - висувна балка; 7 - гідроциліндр; 8 - штовхаюча рама; 9 - гідророзкіс; 10 - вушко; 11 - штовхаючий брус; 12 - балка; 13 - ребро жорсткості; 14 - напрямна; 15 - корпус розпушника; 16 - коронка; 17 - шарнір; 18 - шток; 19 - штифт; 20 - циліндр; 21 - вісь; 22 - шайба; 23 - штуцер

Fig. 8. Dozer with active retractable pulsating teeth: *a* - front view; *b* - the type of transverse section A-A; *c* - the rear view with folded lugs; *d* - the type of incision of the pulsating tooth; *e* - the type of section of the Б-Б console part of the rack rake: 1 - side wall; 2 - boiler shield; 3 - knife; 4 - back wall; 5 - traverse; 6 - retractable beam; 7 - hydrocylinder; 8 - pushing frame; 9 - hydro development; 10 - hangman; 11 - pushed bar; 12 - beam; 13 - an edge of rigidity; 14 - traverse; 15 - lining body; 16 - crown; 17 - hinge; 18 - stock; 19 - pin; 20 - cylinder; 21 - axle; 22 - puck; 23 - fitting

Через енергію удару визначається мінімальна маса ударної різальної частини m за наступним виразом [16, 17]:

$$m = \frac{2A_p}{V_1^2}. \quad (6)$$

де $V_1 = v - V_T$ – швидкість пульсації розпушника, м/с; V_T – швидкість руху бульдозера, м/с; v – динамічна швидкість взаємодії розпушувальних зубів бульдозера з ґрунтом, м/с.

Об'єм зруйнованого ґрунту розпушувальними зубами бульдозера визначається за формулою

$$V_p = \frac{n_3 2A_p k_\alpha E}{k_s C^2}, \quad (7)$$

де n_3 – кількість розпушувальних зубів, які працюють одночасно.

Величина впровадження розпушувальних зубів в ґрунт за удар [16]

$$x_1 = K_1 \sqrt{\frac{1}{c} \left[2A_p (1 - k_o^2) \left(1 - \frac{E_o}{E} \right) \right]}, \quad (8)$$

де k_o – коефіцієнт відскоку ударної різальної частини; E_o і E – модулі загальної деформації ґрунту і пружності ґрунту відповідно; c – жорсткість зіткнення ударної різальної частини з ґрунтом.

Кількість ударів розпушників

$$z = \frac{x_1}{v \cdot t_{уд}}. \quad (9)$$

ВИСНОВКИ

В роботі обґрунтовано конструкцію робочого органа бульдозера, який можна застосовувати при розробці міцних ґрунтів. Розглянуто спосіб розрахунку основних параметрів бульдозерного відвалу з активними пульсуючими розпушувальними зубами.

Застосування запропонованої конструкції відвалу з розпушувальними зубами активної дії дозволить збільшити діапазон ґрунтів, що ними розробляються, знизити собівартість земляних робіт шляхом виключення з робочого циклу машин для попереднього розпушування міцних ґрунтів.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Баловнев В.И.** Интенсификация разработки грунтов в дорожном строительстве / В.И. Баловнев, Л.А. Хмара. – М.: Транспорт, – 1993. – 384 с.
2. **Ветров Ю.А.** Разрушение прочных грунтов / Ю.А. Ветров, В.Л. Баладинский, В.Ф. Баранников, В.П. Кукса. – К.: Будівельник. – 1973. – 352 с.
3. **Хмара Л.А.** Модернизация и повышение производительности строительных машин / Л.А. Хмара, Н.П. Колесник, В.П. Станевский. – К.: Будівельник, – 1992. – 152 с.
4. **Главацкий К.Ц.** Дослідження і розробка відвалу бульдозера з комбінованою ножевою системою / **К.Ц. Главацкий, О.В., Серeda** // Вестник ХНАДУ - Вип. 65-66, – 2014. – С. 238-241.
5. **Хмара Л.А.** Теоретичні дослідження форми і об'єму призми волочіння трисекційних відвалів в накопичувальному режимі роботи / Л.А. Хмара, М.І. Деревянчук, М.В. Кульчицький // Сб. науч. тр.: Строительство. Материаловедение. – Машиностроение. – Вып. 46. – Дн-ск: ПГАСА, 2008. – С. 39-49.
6. **Хмара Л.А.** Бульдозерний відвал / Л.А. Хмара, В.О. Талалай, І.А. Соколов // Патент на корисну модель UA №11656, E02F3/76 – 2006.
7. **Мнухін А.Г.** Конструкція бульдозерного устаткування / А.Г. Мнухін, В.А. Мнухін, С.В. Насонов, О.М. Меркулов, В.В. Чередніченко, В.І. Ємельяненко, І.П. Горошко // Патент на винахід UA №38985 E02F3/84, – 2001.
8. **Аржаєв Г.О.** Бульдозерне обладнання двобічної дії / Г.О. Аржаєв, П.П. Штопенко, С.В. Заноздра, В.М. Смірнов. Патент на корисну модель UA №2377, E02F3/76, – 2004.
9. **Міщук Д.О.,** Воляннюк В.О. Відвал бульдозера з розпушувальними зубцями. Патент на корисну модель UA №125062, – 2018.
10. **Домбровский Н.Г.** Землеройные машины / Н.Г. Домбровский, С.А. Панкратов. – М.: Госстройиздат. – 1961. – 651 с.

11. **Баладінський В.Л.** и др. Динамика разрушения пород и грунтов / В.Л. Баладінський, А.В. Фролов, М.Б. Спектров. – Саратов, – 1998. – 202 с.
12. **Баладінський В.Л.** Теорія руйнування робочих середовищ. Підручник / В.Л. Баладінський, Ю.Д. Абрашкевич. – К.: КНУБА, 2000. – 91 с.
13. **Баладінський В.Л.** Исследование вибрационного резания грунтов повышенной крепости. Диссертация на соискания степени к.т.н. –К.: КНУБА, 1964. – 173.
14. **Волянюк В.** Ковші однокішшевих екскаваторів з активними зубами / В.О. Волянюк, Д.О. Міщук, Є.В. Горбатюк // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини, Вип.91, – 2018. – С. 82-88.
15. **Галдин Н.С., Бедрина Е.А., 2003.** Ковши активного действия на основе гидроударников для экскаваторов. Учеб. пособие. Омськ, СИБАДИ, 53.
16. **Иванов Р.А., Федулов А.Н., 2005.** Методика расчета ковша активного действия. Строительные и дорожные машины, Выпуск 10, 28-31.
17. **Сукач М.** Теоретические основы расчета скобовидных пластинчатых ресор / М. Сукач // Transfer of Innovative Technologies. – 2018 – Vol. 1(2), – С. 40-50.
7. **Mnukhin A.G., Mnukhin V.A., Nasonov S.V., Merkulov O.M., Cherednichenko V.V., Yemelyanenko V.I., Goroshko I.P., 2001.** Construction of bulldozer equipment. Patent for invention UA Nr.38985, E02F3/84.
8. **Arzhaev G.O., Shtopenko P.P., Zanozdra S.V., Smirnov V.M., 2004.** Bulldozer equipment of bilateral action. Patent for utility model UA Nr.2377, E02F3/76.
9. **Mishchuk D.O., Volyanyuk V.O.** Bulldozer bullet with teething teeth. Patent for Utility Model UA №125062, - 2018.
10. **Dombrovsky N.G., Pankratov S.A., 1961.** Earth-moving machines, Moscow, Gosstroyzdat publ., 651.
11. **Baladinsky V.L., Frolov A.V., Spectra M.B., 1998.** Dynamics of destruction of rocks and soils. Saratov, 202.
12. **Baladinsky V.L., Abrashkevich Yu.D., 2000.** Theory of working means, Kyiv, KNUCA, 91.
13. **Baladinsky V.L., 1964.** Investigation of vibration cutting of soils of higher strength. Thesis for the degree of Ph.D., Kyiv, KNUCA publ., 173
14. **Volyanyuk V.A., Mishchuk D.A., Gorbatyuk Ye.V., 2018.** Buckets of single-hull excavators with active teeth. Mining, construction, road and meliorative machines, Nr.91, 82-88.
15. **Haldyn N.S., Bedryna E.A., 2003.** Kovshy aktyvnoho deystvyaya na osnove hydroudarnykov dlya ékskavatorov [Buckets of active action on the basis of hammers for excavators]. Omsk, SYBADY Publ., 53.
16. **Ivanov R.A., Fedulov A.N. 2005.** Metodyka rascheta kovsha aktyvnoho deystvyaya [Method for calculating active bucket]. Stroytelnye y dorozhnye mashyny, Nr.10, 28-31.
17. **Sukach M., 2018.** The theoretical basis for calculating the bracketed leaf springs. Transfer of Innovative Technologies, Vol. 1(2), 40-50.

REFERENCES

1. **Balovnev V.I., Cloud L.A., 1993.** Intensification of development of soils in road construction, Moscow, Transport publ, 384.
2. **Vetrov Yu.A., Baladinsky V.L., Barannikov V.F., Kuksa V.P., 1973.** Destruction of solid soils, Budivelnyk Publ., 352.
3. **Khmara L.A., Kolesnik N.P., Stanievsky V.P., 1992.** Modernization and increase of productivity of construction machines, Kyiv, Budivelnyk publ., 152.
4. **Glavatsky K.C., Wednesday O.V., 2014.** Research and development of a bulldozer dump with combined knife-system, Vestnik KhNADU, Vol. 65-66, 238-241.
5. **Khmara L.A., Derevyanchuk M.I., Kulchytsky M.V., 2008.** Theoretical studies of the forums and volume of the prism of dragging of three-section dumps in the accumulation mode of work, Sb. scientific scien. "Construction. Material science", Machine, Vol. 46, 39-49.
6. **Khmar L.A., Talalay V.O., Sokolov I.A., 2006.** Dozer blade, Patent for utility model UA Nr.11656, E02F3/76.

Dozer blade with ripper teeth

*Dmitry Mishchuk, Vladimir Volyanyuk,
Eugene Gorbatyuk,*

Abstract. Earthworks are the most energy-consuming in industrial, civil and road construction. One of the main and massive machines for earthwork is a bulldozer. With the help of bulldozers, the preparation of sites for construction sites, excavation of pits, arrangement of embankments and dams, alignment of inequalities, planning of territories are carried out. The major disadvantage of the bulldozer is the impossibility of developing frozen and solid soils

that have to be loosened beforehand. For launching such rocks, you need to use additional machines or specialized work equipment, namely hinged or self-propelled runners. Therefore, the expansion of technological possibilities of bulldozer dumps for the development of frozen and hard soils is an urgent task that is solved in this work, namely, it is proposed to develop a bulldozer shaft design that allows the development of soils by traditional methods, as well as the maximal possibility to carry out loosening of frozen and solid soils without the use of additional equipment.

In this work the constructive schemes of a bulldozer dump with expansion teeth of active action, which are installed on a bulldozer dump with the ability to vise each tooth separately and

work in a direction related to the working motion of the machine, are considered. In the case of loosening teeth is carried out from hydropulsators, which create fluctuations in the frequency of 25 ... 35 Hz, resulting in cracks and solid soils, cracks-n, which reduce the strength of such soils. The delivery of a hydraulic fluid under pressure to the lumbar hydraulic piston can be carried out from the hydraulic pumps of the bulldozer base machine. The constructive schemes of bulldozers with shock-cutters are presented in the work. They are protected by Ukrainian patents.

Key words: dozer, ripper, dozer shaft, earthworks.