

УДК 624.132

Дослідження робочих органів землерийних машин безперервної дії

Євгеній Горбатюк¹, Леонід Пелевін²,
Олександр Терентьєв³, Анатолій Свідерський⁴

Київський національний університет будівництва і архітектури,
Повітрофлотський просп. 31, Київ, Україна, 03680

¹gorbatiuk.iev@knuba.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-8148-5323>

²pelevin.lie@knuba.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-4010-8556>

³terentiev.oo@knuba.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0001-6995-1419>

⁴sviderskyi.at@knuba.edu.ua, <https://orcid.org/0000-0002-0005-7969>

Received: 01.09.2021; Accepted: 30.11.2021

<https://doi.org/10.32347/gbdmm2021.98.0402>

Анотація. Землерийна техніка у високорозвинених країнах займає провідне місце серед самохідної і причіпної техніки різного призначення.

В основі такої техніки лежать науково-технічні принципи створення високошвидкісних низькоенергоємних технологій і машин для руйнування природних та штучних середовищ (грунтів, порід, мулів, залізобетонів, цегли тощо) в різних умовах (наземних – дорожніх, оброблення сільськогосподарських земель, інженерно-військові і аварійно-рятувальні роботи, очистка ґрунтів від забруднень, меліорація, створення траншей, каналів, котлованів, окопів, сховищ тощо; підземних – видобування корисних копалин, будівництво тунелів тощо).

Машини безперервної дії – це такі машини, у яких робочий орган протягом всього часу роботи контактує з об'єктом впливу (ґрунтом) і всі технологічні операції виконуються водночас та безперервно.

Робочі органи машин безперервної дії мають можливість розробки міцних ґрунтів без попереднього розпушення.

При роботі машин безперервної дії процес їх роботи поділяється на два процеси: процес різання ґрунту у забої та процес екскавації ґрунту з зони різання з подальшим його викиданням з забою.

В статті виконано огляд нових динамічних робочих органів землерийних машин. Наведені описи, креслення, виділені основні недоліки та переваги. В результаті синтезу існуючих робочих органів розроблено новий динамічний робочий орган.

Ключові слова: машини безперервної дії, дисковий робочий орган, траншеєкопач, землерийні машини.

ВСТУП

Земляні роботи – один із наймасовіших процесів будівництва. Однією із найенергоємніших робіт є розробка міцних та мерзлих ґрунтів.

Машини для земляних робіт застосовують в промисловому та цивільному будівництві при плануванні майданчиків, розробці котлованів, траншей, в авто- і залізничному будівництві – при влаштуванні виїмок, насипів земляного полотна і т.п.

При розробці мерзлих та високоміцних ґрунтів широке застосування знайшли машини як з начіпним, так і причіпним робочим обладнанням статичної та динамічної дії. Розробка ґрунтів такими робочими органами пов'язана з великими витратами енергії, так як при цьому необхідні додаткові пристрої для його екскавації.

Одним з шляхів інтенсифікації розробки міцних ґрунтів є використання машин безперервної дії, побудованих на принципах динамічного руйнування ґрунтів, найчастіше за все з дисковими робочими органами [1].

МЕТА РОБОТИ

Метою роботи є дослідження робочих органів машин безперервної дії та розробка рекомендацій щодо вдосконалення їх конструкцій з метою зменшення енергоємності розробки ґрунту.

АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ

Машина для земляних робіт – головний засіб механізації земляних робіт в будівництві, видобутку корисних копалин, меліорації, військово-інженерній справі, бурінні свердловин, освоєнні надр Світового океану і космічних об'єктів [2].

При виготовленні траншей для укладання інженерних комунікацій (електричних та телеграфних кабелів, трубопроводів) та протипожежних траншей застосовують одноківшеві, ланцюгові та роторні екскаватори, які мають або велику металоємність або малу продуктивність та велику енергоємність [3].

Зменшення енергоємності можна досягнути трьома шляхами [4, 5]:

- 1) видаленням розробленого ґрунту з зони різання;
- 2) зменшенням сили взаємодії різальних елементів з ґрунтом;
- 3) симбіозом обох попередніх факторів.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

На кафедрі Будівельних машин [6] КНУБА проводяться роботи із створення траншеєкопачів безперервної дії, що мають мінімальну енергоємність розробки ґрунту.

В загальному вигляді траншеєкопачі, що розроблені складаються з базових машин, позаду яких встановлена стійка з дисковим робочим органом, при чому ґрунт розробляється з одночасним рухом базової машини та диску (Рис. 1).

При русі базової машини 1 (Рис. 1), на якій встановлено секторний робочий орган 2 [7], стійка з робочим органом опускається, вал гідромотору обертається, диск 3, що заглиблюється у ґрунт, а різальні елементи 4 (Рис. 2) починають його розробляти.

При розробці ґрунту на різальні елементи 4 діють сили різання ґрунту, які можна розкласти на три складові: дотичну P , нормальну N (Рис. 1), осьову Q (Рис. 2) [8]. Осьова складова сили різання ґрунту Q та сила тяги базової машини 1, діючи на сектори 3 (що знаходяться у ґрунті), намагаються зігнути сектори 3 у напрямку протилежному руху базової машини.

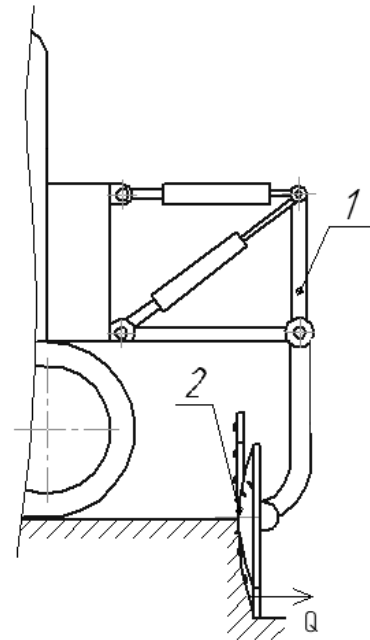


Рис. 1. Базова машина з встановленим робочим органом

Fig. 1. Basic machine with set working body

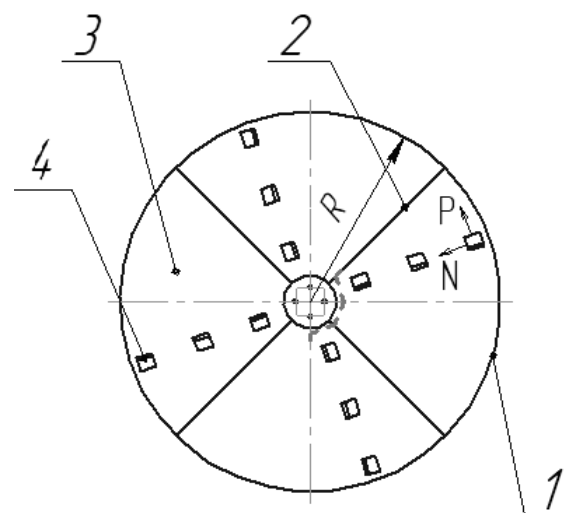


Рис. 2. Загальний вигляд секторного робочого органа

Fig. 2. General view of the sectoral working body

За рахунок пружності секторів 3 запасасться потенційна енергія (акумулюється).

Так як ґрунт, має різну міцність, то при обертанні робочого органу, він при переході від більш міцного ґрунту на слабкий (менш міцний), осьова складова сили різання Q зменшується і за рахунок акумульованої потенційної енергії, різальні елементи 4 виконують удар по масиву ґрунту, створюючи в ньому додатково напружений стан, зменшуючи енергоємність розробки ґрунту.

Таким чином, перевагою такого робочого органу є зменшення енергоємності розробки ґрунту, яке досягається за рахунок створення додатково напруженого стану в ґрунті.

При русі базової машини, на якій встановлено робочий орган з двома дисками [9], стійка 2 встановлена в робоче положення, а гідромотор 1 передає крутний момент через ступицю 4 на ґрунторуйнуючий диск 10, який на шарнірах 3 та 8 встановлено через поперечину 6, а також на ґрутовиносний диск 5 (Рис. 3).

При обертанні ґрунторуйнуючого диска 10, ґрунторуйнуючі елементи 7, що закріплені на поперечині 6, та ґрунторуйнуючі елементи 11, що закріплені на напівдисках 9 розроблюють ґрунт та виносять із забою.

При розробці міцних ґрунтів, більша складова сила різання ґрунту, що діє на ґрунторуйнуючий диск 10, яка передається через напівдиски 9 на шарніри 15, тягач 16 через шарніри 14 на шайбу 13 і стискають пружний елемент 17. Напівдиски 9 відхиляються в бік ґрутовиносного диска 5 на кут α , при цьому розробка міцного ґрунту буде виконуватись ґрунторуйнуючими елементами 7, що встановлені на поперечині 6, а розроблений ґрунт потраплятиме на ґрутовиносний диск 5 і ґрутовиносними елементами 12 буде видалятися із забою, при цьому ґрунторуйнуючі елементи 7 утворюють попередньо напружений стан у ґрунті, що дозволить додатково ґрунторуйнуючим елементам 11 розробляти незруйновані елементи ґрунту, які потрапляють на ґрутовиносний диск 5 і виносяться із забою.

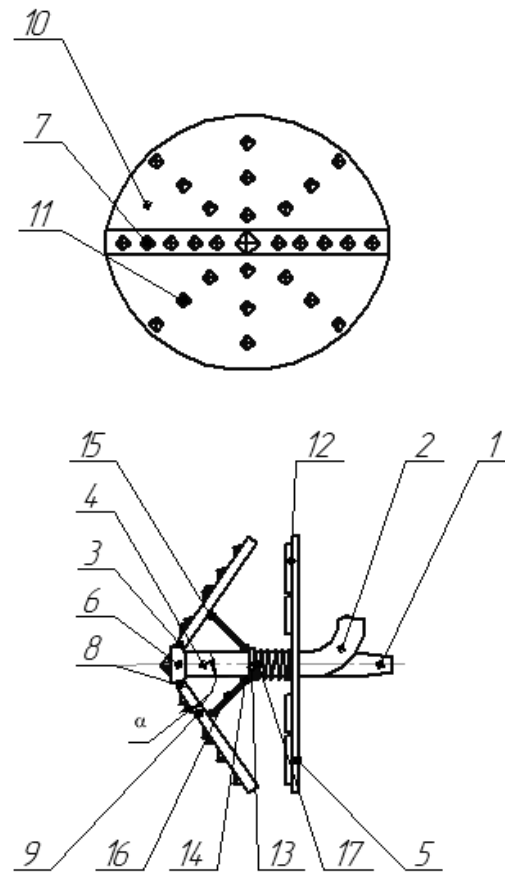


Рис. 3. Динамічний робочий орган з двома дисками

Fig. 3. Dynamic workbench with two disks

Розглянемо робочий процес руху частинок ґрунту по лопаткам ґрутовиносного диска 5 динамічного робочого органу з двома дисками.

Рівняння руху частинки ґрунту по лопаткам будуть такими [10]:

$$\begin{aligned} Y &= R_i \cos \varphi; \\ Z &= R_i \sin \varphi + V_m t; \\ X &= V_x t, \end{aligned} \quad (1)$$

де V_m – швидкість подачі робочого органу на забій; V_x – швидкість руху частинок ґрунту вздовж осі x ; R_i – відстань до осі z i -ї частинки ґрунту, φ – кут повороту робочого органу.

Враховуючи, що $\varphi = \omega t$, перетворимо систему (1) до наступного вигляду:

$$\begin{aligned} Y &= R_i \cos \omega t; \\ Z &= R_i \sin \omega t + V_m t; \\ X &= V_x t. \end{aligned} \quad (2)$$

де ω – кутова швидкість робочого органа.

Для знаходження кінематичних параметрів продиференціюємо кожне рівняння системи (2), визначаємо проекції швидкостей частинки ґрунту, що рухається по лопатці:

$$\begin{aligned} V_y &= dy / dt = -R_i \omega \sin \omega t; \\ V_z &= dz / dt = R_i \omega \cos \omega t + V_m; \\ V_x &= dx / dt = V_x. \end{aligned}$$

Поділяючи змінні отримаємо у диференціалах:

$$\begin{aligned} dy &= -R_i \omega \sin \omega t dt; \\ dz &= (R_i \omega \cos \omega t + V_m) dt; \\ dx &= V_x dt. \end{aligned} \quad (3)$$

Швидкість взаємодії лопаток з частинками ґрунту

$$V = \sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dz}{dt}\right)^2},$$

або враховуючи рівняння (3):

$$V = \sqrt{R_i^2 \omega^2 + V_m^2 + V_x^2 + 2R_i \omega V_m \cos \omega t} \quad (4)$$

Враховуючи рух робочого органа, частинки ґрунту по лопаткам, які виконані у вигляді частини еліпсу, рухається по еліпсоїду обертання, рівняння якого має вигляд:

$$1 - X^2 = K^2 (Y^2 + Z^2), \quad (5)$$

де коефіцієнт K залежить від напівосей еліпсоїда, які мають однакову довжину, і дорівнює:

$$K = \frac{1}{a^2} = \frac{1}{b^2},$$

де a та b – рівні напівосі еліпсоїда обертання.

Підставляючи систему рівнянь (2) в рівняння еліпсоїду обертання (5), отримаємо:

$$1 - V_x^2 t^2 = (R_i^2 \cos^2 \omega t + R_i^2 \sin^2 \omega t + V_m^2 t^2 + 2R_i V_m t \sin \omega t) K^2.$$

або

$$1 - V_x^2 t^2 = (R_i^2 + V_m^2 t^2 + 2R_i V_m t \sin \omega t) K^2.$$

Після перетворень отримаємо:

$$R_i^2 + 2R_i V_m t \sin \omega t + V_m^2 t^2 - \frac{1 - V_x^2 t^2}{K^2} = 0.$$

Звідси

$$R_i = \frac{\sqrt{V_x^2 t^2 - V_m^2 K^2 t^2 \cos^2 \omega t - 1}}{K} - V_m t \sin \omega t. \quad (6)$$

Перевагою такого робочого органу є те, що напівдиски 9 відхиляться в бік ґрунтовиносного диску 5 на кут, при цьому ґрунторуйнуючі елементи 7 утворюють попередньо напружений стан у ґрунті, що дозволить додатково ґрунторуйнуючим елементам 11 розробляти незруйновані елементи ґрунту, які потрапляють на ґрунтовиносний диск 5 і виносяться із забою, що підвищить продуктивність робочого органу землерийної машини.

При обертанні дискового робочого органу (Рис. 4) [11] та руху базової машини на забій, різальні елементи 4 вступають у контакт з ґрунтом клиновидними зубцями 7 та 8 (Рис. 5), своїми ріжучими кромками 9 та передніми гранями 10 з гребнями 11, при цьому завдяки дії пружного елемента 14 (Рис. 6) клиновидні зубці 7 та 8 у вихідному положенні знаходяться на відстані a один від одного і утримуються на поперечині 6 завдяки пальцям 15.

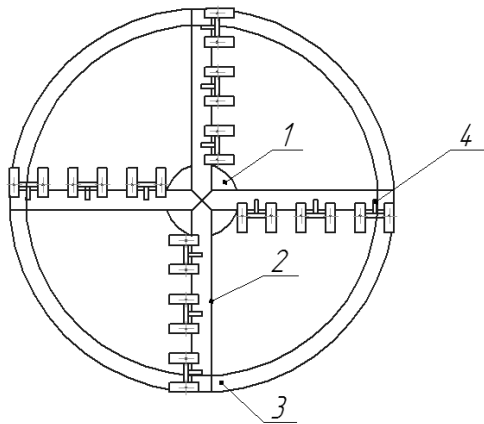


Рис. 4. Дисковий робочий орган з клиновидними зубцями

Fig. 4. Disk working body with cranial teeth

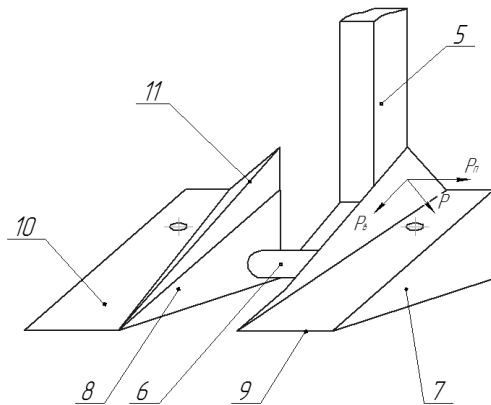


Рис. 5. Клиновидні зубці

Fig. 5. Cranial teeth

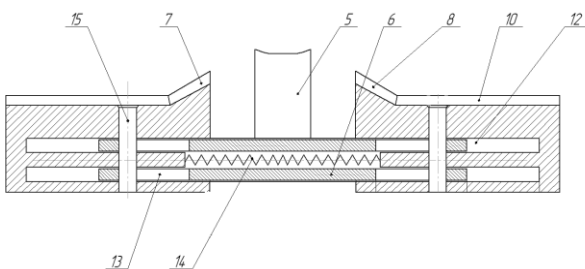


Рис. 6. Клиновидні зубці у розрізі

Fig. 6. Cranberry teeth in section

При контакті передніх граней 10 клиновидних зубців 7 та 8 з ґрунтом, в ґрунті виникає сила різання, яку можна умовно розкласти на дотичну та нормальну.

Дотична сила P (Рис. 5) має напрям паралельно траєкторії різання і прикладається

як до передніх граней 10, так і до гребенів 11, кожного з клиновидних зубців 7 та 8, а нормальна складова N – перпендикулярна траєкторії різання. Дотичну силу різання P , що діє на гребні 11 клиновидних зубців 7 та 8 можна розглядати як складову двох сил: P_v – направлений вздовж напрямку руху різального елемента; P_n – перпендикулярний напрямку руху різального елемента. Сила P_n , діючи на похилу грань гребнів 11, намагається подолати зусилля пружного елемента 14 і зсунути клиновидні зубці 7 та 8 відносно поперечини 6.

При роботі в слабких ґрунтах, тобто коли $P_n < F$, де F – сила, необхідна для повної деформації пружного елемента 14, клиновидні зубці 7 та 8 віддалені один від одного на відстань a завдяки пружного елемента 14 (Рис. 6) та розроблюють ґрунт окремо в режимі блокованого різання, як ножі з боковими гребнями. При цьому досягається максимально можлива продуктивність робочого органу землерийної машини з реалізацією повної потужності приводу.

Якщо в процесі роботи робочий орган землерийної машини зустрічається з міцними ґрунтами, тоді дотична сила різання буде зростати ($P_n > F$), пружний елемент 14 почне деформуватись і клиновидні зубці 7 та 8 будуть зближатись на певну відстань, тим самим зменшуючи ширину прорізи, не потребуючи втручання оператора машини, але однаково буде реалізована повна потужність приводу, зберігаючи можливість розробки більш міцних ґрунтів.

Якщо дотична сила різання зросте настільки, що $P_n \geq F$, то клиновидні зубці 7 та 8 змикаються та утворюють єдиний різальний елемент, що має єдину ріжучу кромку, передню грань, на якій посередині знаходиться єдиний гребінь. При взаємодії такого різального елемента з міцним ґрунтом, гребінь набуває розколюючі властивості, що дозволяє працювати робочому органу землерийної машини при розробці мерзлих та скельних ґрунтів, реалізуючи повну потужність приводу.

Перевагою такого робочого органу є те, що робочий орган землерийної машини автоматично регулює ширину прорізи у ґрунтах, чим досягається максимально можлива

продуктивність робочого органу в залежності від міцності ґрунту, що розробляється.

В результаті аналізу та синтезу існуючих конструкцій робочих органів машин безперервної дії, було розроблено новий робочий орган траншеєкопача [12] (Рис. 7).

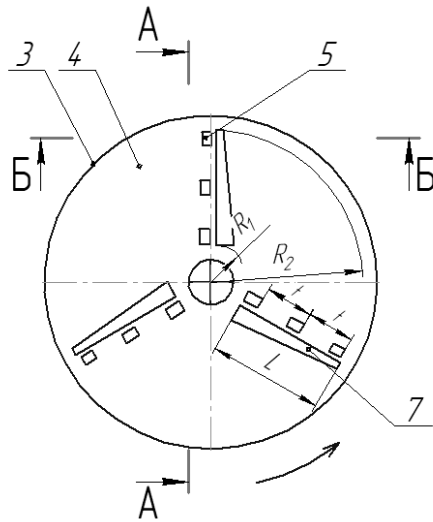


Рис. 7. Робочий орган траншеєкопача

Fig. 7. Working body of a trench excavator

При русі базової машини, на якій встановлено траншеєкопач стійка 1 опускається, вал гідромотору 2 обертає диск 3 (Рис. 8).

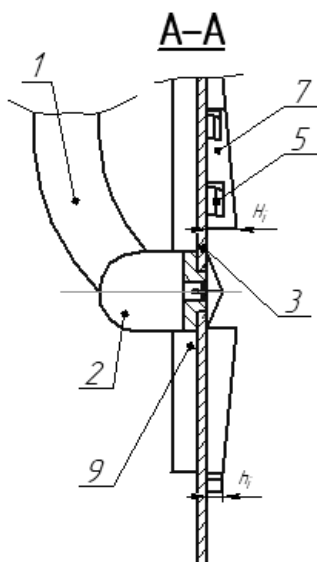


Рис. 8. Розріз А-А робочого органу траншеєкопача

Fig. 8. Section A-A of the working body of the trench digger

Диск 3 робочою площиною 4 заглиблюється у ґрунт і різальні елементи 5 своїми робочими кромками 6 зрізують шар ґрунту. Площина зрізу кожного різального елемента 5 дорівнює [13]:

$$S_{зрі} = k_{бок}^2 h_i^2 \operatorname{ctg} \gamma,$$

де $k_{бок} = 0,8 \dots 0,95$ – коефіцієнт глибини частини прорізу [14], що розширюється; γ – кут нахилу сторони перерізу частини прорізу, що розширюється (Рис. 9).

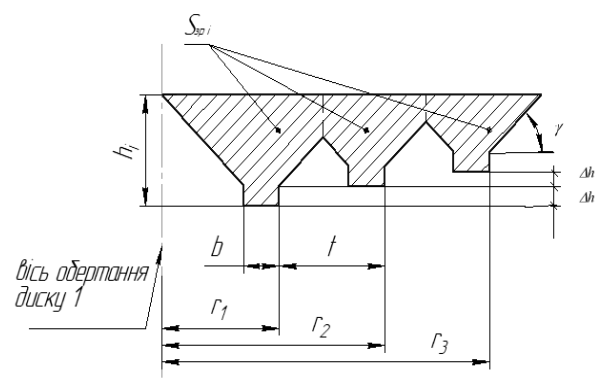


Рис. 9. Площина зрізу

Fig. 9. Cut plane

Площина зрізу $S_{зрі}$ кожного різального елемента 5 по мірі віддалення від центру диску 3 зменшується, у зв'язку зі зменшенням глибини різання різальними елементами 5 від центру диску 3 до його периферії. Відомо, що сила різання ґрунту залежить від площини зрізу, тобто дотична сила різання $F_{різi}$, що припадає на кожен різальний елемент 5 буде зменшуватись пропорційно величині віддалення різального елемента 5 від центру диску 3, що дозволяє на кожній траєкторії різання відтворити однаковий крутний момент відносно центру обертання диску 3:

$$M = r_i \cdot F_{різi}.$$

Така робота даного механізму зменшує динаміку навантаження на диск 3, так як, весь ґрунт, що зрізується різальними елементами 5, видаляється забірними лопатками 7 і поступає крізь радіальні прорізи 8 на

грунтовиносні елементи 9 (Рис. 9), де за рахунок відцентрових сил видаляється з трапези. Площа S отворів радіальних прорізів 8 дорівнює сумі площин поперечних перерізів усіх різальних елементів 7, що знаходяться у ряду їх розташування, тобто:

$$S = B(R_2 - R_1) = \sum S_{зрі}$$

де $\sum S_{зрі}$ – сума площин поперечних перерізів усіх різальних елементів 5.

Розглянемо математичну модель процесу руху частинки ґрунту по лопаткам, для цього позначимо сили, які діють на частинку ґрунту (Рис. 10).

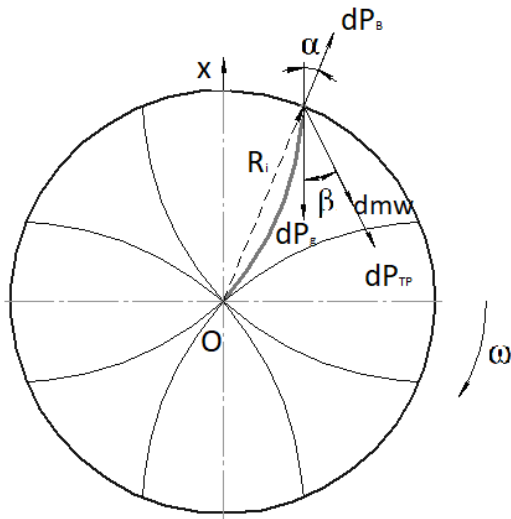


Рис. 10. Схема сил, що діє на частинку ґрунту, при русі по ґрунтовиносній лопатці

Fig. 10. The scheme of forces acting on a piece of soil, when moving on a primer blade

Рівняння сил, які діють на частинку ґрунту, яка рухається по лопаткам. Спроекувавши всі сили, що діють на частинку ґрунту на вісь x отримаємо:

$$dP_B \cdot \sin \alpha - dP_{тр} \cdot \sin \beta - dP_g - dmw \cdot \sin \beta = 0,$$

де P_B – сила, потрібна для викидання частинки ґрунту з лопатки з деякою швидкістю; $P_{тр}$ – сила тертя, що діє на частинки ґрунту який рухається по лопатці; P_g – сила тяжіння частинки ґрунту; dm – маса

елементарної частинки ґрунту; w – прискорення частинки ґрунту.

Величина сили тертя дорівнює:

$$P_{тр} = k \cdot P_n, \quad (7)$$

де k – коефіцієнт тертя частинки ґрунту по сталевим лопаткам, P_n – сила нормального тиску, дорівнює:

$$P_n = mg \cos \beta. \quad (8)$$

Величина сили тертя дорівнює:

$$P_{тр} = kmg \cos \beta. \quad (9)$$

Сила тертя, що діє на частинки ґрунту, який рухається по лопаткам, дорівнює:

$$dP_{тр} = kg \cos \beta \cdot dm. \quad (10)$$

Сила тяжіння, як відомо, дорівнює:

$$dP_g = gdm. \quad (11)$$

Прискорення частинки ґрунту дорівнює:

$$w = \omega^2 \cdot R_i. \quad (12)$$

Звідси сила, потрібна для викидання частинки ґрунту з ґрунтовиносної лопатки дорівнює:

$$dP_B = \left(\frac{kg \sin \beta \cos \beta + g + \omega^2 R_i \sin \beta}{\sin \alpha} \right) dm.$$

Використання робочого органу машин безперервної дії з удосконаленою конструкцією дозволяє зменшити енергоємність розробки ґрунту, за рахунок зменшення опорів ґрунту руйнуванню завдяки повному виносу ґрунту із зони різання, а також за рахунок відтворення однакового крутного моменту на диску 3 відносно різальних елементів 5 відносно центру обертання диску 3 і досягається зменшення динамічних навантажень.

ВИСНОВКИ

Таким чином, в результаті дослідження робочих органів машин безперервної дії зроблено висновок, що їх основним спільним недоліком є неможливість повного виносу ґрунту із зони різання робочого органу. Розроблений вдосконалений робочий орган машин безперервної дії зі зменшеною енергоємністю розробки ґрунту на основі аналізу існуючих робочих органів, з урахуванням їх недоліків та переваг.

Шляхами вдосконалення робочих органів машин безперервної дії є:

1) зменшення сили взаємодії різальних елементів з ґрунтом;

2) видаленням розробленого ґрунту із зони різання;

3) симбіозом обох попередніх факторів.

В подальшому будуть розроблені та приведені як теоретичні, так і інженерні розрахунки вдосконалених робочих органів машин безперервної дії.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Хмара Л. А.** Машини для земляних робіт: навч. посіб. / Л. А. Хмара, С. В. Кравець, В. В. Нічке, Л. В. Назаров, М. П. Скоблюк, В. Г. Нікітін; під заг. ред. проф. Л. А. Хмари та проф. С. В. Кравця. – Рівне – Дніпропетровськ – Харків. – 2010. – 557 с.
2. **Тетерятник О.** Аналіз конструкцій та концепції розвитку компактного екскаваторного обладнання / О. Тетерятник, О. Костенюк, А. Фомін // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини. – К., 2018. – Вип. 92. – С. 56–62. <https://doi.org/10.31493/gbdmm1892.0401>.
3. **Лівінський О. М.** Будівельна техніка: підручник / О. М. Лівінський, А. Д. Єсипенко, О. І. Курок і ін.; під заг. ред. О. М. Лівінського. – К.: КНУБА, Українська академія наук, “МП Леся”, 2013. – 614 с.
4. **Theoretical aspects of modern engineering: collective monograph** / Hnes L., etc. International Science Group. Boston: Primedia eLaunch, 2020. 356 p. Available at: <https://doi.org/10.46299/ISG.2020.MONO.TECH.III>.
5. **Pelevin L.** Developing a mathematical substantiation for the physical modelling of the soil-ripping equipment work process / L. Pelevin, Ie. Gorbatyuk, S. Zaichenko, V. Shalenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2017. – vol. 6, no. 2 (90): Information technology. Industry control systems. – pp. 52–60. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.118429>
6. **А.с. SU1681035A1.** Навесное оборудование землеройной машины / Федоров П.С., Баладинский В.Л., Пелевин Л.Е., Костенюк А.А., Гаркавенко А.Н., опубл. 30.09.91, Бюл. №36
7. **Секторний робочий орган землерийної машини:** Патент на корисну модель №133617. Україна. МПК Е 02 F 5/08 (2006.01), Е 02 F 3/18 (2006.01). Пелевін Л.Є., Азенко А.В., Горбатюк Є.В. – №u201812016; заявл. 05.12.2018; опубл. 10.04.2019, Бюл. №7.
8. **Горбатюк Є. В.,** Комоцька С. Ю. Визначення раціональної області використання робочого органа з орієнтованими потоками виносу ґрунту // Гірн., буд., дор. та меліорат. машини: Всеукр. міжвід. збірник наукових праць, - К.: КНУБА, 2006. - Вип. 67 - С. 66-68.
9. **Робочий орган землерийної машини:** Патент на винахід №118922. Україна. МПК Е 02 F 3/24 (2006.01), Е 02 F 3/18 (2006.01), Е 02 F 5/08 (2006.01). Пелевін Л. Є., Азенко А. В., Горбатюк Є. В., Фомін А. В. – №a201711713; заявл. 30.11.2017; опубл. 25.03.2019, Бюл. №6.
10. **Пелевін Л. Є.** Дослідження руху частинок ґрунту по ґрунтовиносним лопаткам робочих органів динамічної дії / Л. Є. Пелевін, А. В. Азенко, Є. В. Горбатюк // Автомобільний транспорт: збірник наукових праць. – Харків: ХНАДУ, 2019. – Вип. 44. – С. 87-91. <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2019.44.0.87>
11. **Робочий орган землерийної машини:** Патент на корисну модель №126621U. Україна. МПК Е 02 F 5/08 (2006.01). Азенко А. В., Пелевін Л. Є., Горбатюк Є. В., Фомін А. В. – №u201801156; заявл. 07.02.2018; опубл. 25.06.2018, Бюл. №12.
12. **Траншескопач:** Патент на корисну модель №138112. Україна. МПК Е 02 F 5/08 (2006.01). Пелевін Л. Є., Азенко А. В., Горбатюк Є. В. – №u201903315; заявл. 02.04.2019; опубл. 25.11.2019, Бюл. №22.
13. **Пелевін Л. Є.,** Назаренко І. І., Горбатюк Є. В., Свідерський А. Т., Аржаєв Г. О. Створення основ теорії передачі енергії робочо-

ми рідинами в динамічних системах приводів машин: монографія. – К.: Аграр Медіа Груп, 2014. – 144с.

14. **Сукач М. К.** Синтез землерийної і дорожньої техніки: підручник / Уклад.: М. К. Сукач, Є. В. Горбатюк, О. А. Марченко. – К.: Видавництво Ліра-К, 2013. – 376 с.

REFERENCES

1. **Khmara L. A., Kravets S. V., Nichke V. V., Nazarov L. V., Skobliuk M. P., Nikitin V. H.** (2010). Mashyny dlia zemlianykh robot: navchalnyi posibnyk. Rivne–Dnipropetrovsk–Kharkiv, 557 (*in Ukrainian*).
2. **Teteriatnyk O., Kosteniuk O., Fomin A.** (2018). Analiz konstrukcij ta koncepcij rozvytku kompaktnogo ekskavacijnogo obladdannja. Girnychi, budivel'ni, dorozhni ta melioratyvni mashyny, No.92, 56–62. (*in Ukrainian*).
<https://doi.org/10.31493/gbdmm1892.0401>
3. **Livins'kij O. M., Esipenko A. D., Kurok O. I., Pelevin L. E., Smirnov V. M., Voljanjuk V. O.** (2013). Budivel'na tehnika [Building technique]. Kyiv, KNUBA, Ukraïns'ka akademiya nauk, “MP Lesja”, 614 (*in Ukrainian*).
4. **Hnes L. etc.** (2020). Theoretical aspects of modern engineering: collective monograph. International Science Group. Boston: Primedia eLaunch, 356.
<https://doi.org/10.46299/ISG.2020.MONO.TECH.III>.
5. **Pelevin L., Gorbatiuk Ie., Zaichenko S., Shalenko V.** (2017). Developing a mathematical substantiation for the physical modelling of the soil-ripping equipment work process. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, Vol. 6, No.2(90), Information technology. Industry control systems. 52–60.
<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.118429>
6. **Fedorov P.S., Baladynskyj V.L., Pelevin L.E., Kostenjuk A.A., Garkavenko A.N.** (1991). Navesnoe oborudovanie zemlerojnoj mashyny [Hinged equipment of earth-moving machine]. Patent SSSR SU1681035A1.
7. **Pelevin L.Je., Azenko A.V., Gorbatiuk Je.V.** (2019). Sektorij robochij organ zemlerijnoi' mashyny [Sector working body of the shrew machine]. Patent UA 133617.
8. **Gorbatiuk Je. V., Komoc'ka S. Ju.** (2006). Vyznachennja racional'noi' oblasti vykorystannja robochogo organa z orijentovanyj potokamy vynosu gruntu. Girnychi,

budivel'ni, dorozhni ta melioratyvni mashyny, No.67, 66–68 (*in Ukrainian*).

9. **Pelevin L. Je., Azenko A. V., Gorbatiuk Je. V., Fomin A. V.** (2019). Robochij organ zemlerijnoi' mashyny [Working body of the shrew machine]. Patent UA 118922.
10. **Pelevin L. Je., Azenko A. V., Gorbatiuk Je. V.** (2019). Doslidzhennja ruhu chastynok gruntu po gruntovynosnym lopatkam robochih organiv dynamichnoi' dii'. Avtomobil'nyj transport, Vol. 44, 87-91 (*in Ukrainian*).
<https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2019.44.0.87>
11. **Azenko A. V., Pelevin L. Je., Gorbatiuk Je. V., Fomin A. V.** (2018). Robochij organ zemlerijnoi' mashyny [Working body of the shrew machine]. Patent UA 126621U.
12. **Pelevin L. Je., Azenko A. V., Gorbatiuk Je. V.** (2019). Transhejekopach [Trencher]. Patent UA 138112.
13. **Pelevin L. Je., Nazarenko I. I., Gorbatiuk Je. V., Sviders'kyj A. T., Arzhajev G. O.** (2014). Stvorennja osnov teorii' peredachi energij robochymy ridynamy v dynamichnyh systemah pryvodiv mashyn: monograph. Kyiv, Agrar Media Grup, 144 (*in Ukrainian*).
14. **Sukach M. Gorbatiuk Ie., Marchenko O.** (2013). Synthesis of earthmoving and road machinery: textbook. Kyiv, Publishing house Lira, 376 (*in Ukrainian*).

Research of working bodies a continuous action earthworks machines

Ievgenii Gorbatiuk¹, Leonid Pelevin²,
Olexander Terentyev³, Anatolij Svider'ky⁴

Kyiv National University of
Construction and Architecture

Abstract. Earthmoving equipment in highly developed countries is a leading place among self-propelled and trailed equipment for various purposes.

The basis of such equipment are scientific and technical principles of creation of high-speed low-energy technologies and machines for destruction of natural and artificial environments (soils, rocks, mules, reinforced concrete, bricks, etc.) in various conditions (ground - road, cultivation of agricultural lands, engineering, military and emergency rescue work, cleaning of soils from pollution, reclamation, creation of trenches, canals, which underground - mining, tunnel construction, etc.

Continuous action machines are such machines in which the working body contacts with the object of influence (soil) during the whole time of operation and all technological operations are performed simultaneously and continuously.

Working bodies of continuous-action machines have the ability to develop strong soils without preliminary loosening

During the continuous operation of machines, the process of their work is divided into two processes: the process of cutting soil into slaughter

and the process of excavation of soil from the cutting zone, followed by its ejection from slaughter.

The article provides an overview of new dynamic working bodies of shrew machines. The descriptions, drawings, highlighted the main disadvantages and advantages. As a result of the synthesis of existing working bodies, a new dynamic working body was developed.

Keywords: continuous machines, disc working body, trench digger, shrew machines.