

УДК 626.226

Ковші одноківшевих екскаваторів з активними зубами

Володимир Волянук¹, Дмитро Міщук², Євгеній Горбатюк³

Київський національний університет будівництва і архітектури,

Повітрофлотський проспект 31, Київ, Україна, 03680

¹volian535@ukr.net, orcid.org/0000-0002-6852-9037

²tdmid@ukr.net, orcid.org/0000-0002-8263-9400

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

Отримано 17.04.2018; прийнято 11.05.2018

DOI: 10.26884/gbdmm1891.0404

Анотація. Для виконання земляних робіт в будівництві, а саме копання котлованів та траншей, часто застосовують одноківшевий екскаватор. Загальним недоліком одноківшевих екскаваторів при розробці мерзлих і твердих ґрунтів є необхідність мати додаткову машину для попереднього розпушування цих порід.

В роботі розглянуті конструктивні схеми ковшів активної дії одноківшевих екскаваторів з ударними різальними частинами із закріпленими на них зубами, що встановлюються в нижній частині ковша і переміщуються по напрямним. Привід цих частин може здійснюватися ексцентриковими валами з гідромоторами або гідропульсаторами. Під їх дією та пружного буфера ударна різальна частина із закріпленими зубами здійснює зворотно-поступальний рух з частотою коливань 25...35 Гц і руйнує мерзлі або тверді породи. Гідравлічна рідина під тиском подається до гідромоторів або гідропульсаторів ковшів від гідравлічних насосів екскаватора. Наведені в роботі конструктивні схеми ковшів з ударними різальними частинами одноківшевих екскаваторів захищені патентами на корисні моделі України.

Застосування даних конструктивних схем дозволить розширити технологічні можливості одноківшевих екскаваторів щодо розробки мерзлих і твердих ґрунтів та знизити собівартість земляних робіт. Зниження собівартості робіт буде здійснюватися шляхом виключення з робочого циклу машин для попереднього розпушування твердих порід. В роботі представлено аналітичні залежності для розрахунку основних параметрів ковшів активної дії та продуктивності екскаваторів. Визначено параметри, залежні від властивостей ґрунту, що розробля-

ється, і конструктивних характеристик ковшів, які впливають на продуктивність машин.

Метою роботи є розширення технологічних можливостей одноківшевих екскаваторів для розробки мерзлих і твердих ґрунтів та зниження собівартості цих робіт шляхом їх виконання без притягнення додаткових машин для попереднього розпушування твердих порід.

Ключові слова: одноківшевий екскаватор, ківш, активні зуби, ґрунт.

ВСТУП

Земляні роботи займають велику частку в загальному обсязі будівельних робіт. Однією із найбільш розповсюджених машин для виконання земляних робіт є одноківшеві екскаватори. Тому підвищення ефективності і технологічних можливостей цих машин є актуальним завданням.

Загальним недоліком одноківшевих екскаваторів при розробці мерзлих і твердих ґрунтів є необхідність мати додаткову машину для попереднього розпушування цих порід. Застосування одноківшевих екскаваторів, обладнаних ковшами з активними зубами, дозволяє виконувати ці роботи без застосування додаткових машин, підвищувати їх продуктивність і знижувати собівартість робіт.

МЕТА РОБОТИ

Розширення технологічних можливостей одноківшевих екскаваторів при розробці мерзлих і твердих ґрунтів та зниження

собівартості цих робіт шляхом їх виконання без застосування додаткових машин для попереднього розпушування ґрунтів.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Відомий ківш екскаватора [4] (Рис. 1), в якому для зниження опору ґрунту різанню зуби ковша встановлені з можливістю позовжнього переміщення. Привід зубів здійснюється за рахунок гідравлічних циліндрів, що надають рух кожному з зубів окремо.

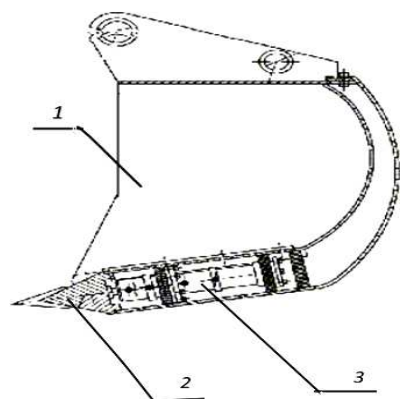


Рис. 1. Конструкція ковша екскаватора з гідроударним пристроєм:
1 – ківш екскаватора; 2 – ударні зуби;
3 – гідроциліндри

Fig. 1. Excavator bucket construction with hydraulic shock device:
1 - bucket of the excavator; 2 - impact teeth;
3 - hydraulic cylinders

Недоліками цієї конструкції є те, що гідроциліндри приводу зубів встановлюють в його днище, а це суттєво знижує робочий об'єм ковша. Також технологічно значно ускладнюється як виготовлення самого ковша, так і технічне обслуговування гідроциліндрів, що встановлені в днище ковша.

Ківш [1] (Рис. 2) складається з бокових 1 та задньої 2 стінок і рухомої різальної частини із зубами 4, виконаної окремо від днища 3. Рухома різальна частина 4 із виступами та зубами 5 встановлена в карман днища ковша та може рухатися в кармані як по напрямній паралельно напрямку копання ґрунту, і з'єднана з основою ковша за допомогою пружинного буфера 11 із

обмежувальними шайбами та стопорними накладками 13, які встановлено у додаткових торцевих каналах днища 17. Рухома різальна частина з зубами приводиться до руху симетрично позовжній осі ковша з використанням ексцентрикових валів 9, що розміщені позаду рухомої різальної кромки. Осі ексцентрикових валів перпендикулярні напрямку копання ґрунту. Одним кінцем вони встановлені в центральну циліндричну опору з втулками, а іншим з'єднані з гідромоторами 8, що розташовані по обидва боки ковша в захисних кожухах 7.

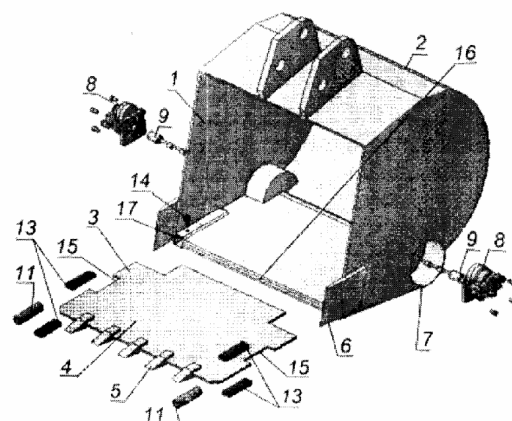


Рис. 2. Ківш екскаватора з активними зубами з приводом рухомої різальної частини від ексцентрикового вала

Fig. 2. Bucket of the excavator with active teeth with the drive of the moving cutting time from the eccentric shaft

Ківш працює наступним чином. До гідромоторів подається робоча рідина, внаслідок чого починають обертатися їхні вали. Обертання з вала гідромотора передається на ексцентриковий вал, який своїми кулачками взаємодіє з рухомою різальною кромкою та витискає її назовні. Різальна кромка, переміщуючись, деформує пружинний буфер 11, який повертає її у вихідне положення після завершення дії ексцентрикового вала. Таким чином створюється зворотно-поступальний рух. Ківш підвищує ефективність роботи за рахунок зменшення опору ґрунту різанню внаслідок того, що різальна кромка під час копання буде здійснювати зворотно-поступальні рухи, а ексцентрикові вали

забезпечуватимуть високу жорсткість конструкції та надійність роботи. Зуби та ріжуча кромка ковша динамічно взаємодіють із ґрунтом, що забезпечує його додаткове руйнування.

Недоліком цього ковша є те, що при такій конструкції механізму приводу різальної частини можливе заклинювання ексцентрикового вала внаслідок його інтенсивного зношування або скручування.

Запропонована конструкція ковша [2] з більшою надійністю механізму приводу його різальної частини.

В ковші рухома різальна частина із виступами та зубами встановлена в карман днища та може рухатися в ньому як по напрямній у напрямку копання ґрунту і з'єднана з основою ковша за допомогою пружинного буфера із обмежувальними шайбами та стопорними накладками, які встановлено у додаткових торцевих каналах днища. Рухома різальна частина із зубами приводиться до руху від штоків гідравлічних поршнів, що розміщені в задній частині рухомої різальної кромки симетрично поздовжній осі ковша, і які кінцем зі штоком встановлені в циліндричні напрямні та контактують з різальною частиною, а іншим кінцем встановлені в циліндричних каналах, які виконані спільно з задньою стінкою ковша. Осі штоків та циліндричних каналів паралельні напрямку копання, а один із каналів закрито прохідною кришкою, через яку по трубопроводу подається робоча рідина, а інші заглушені заглушками. Кількість таких каналів зі штоками більша трьох, а внутрішній діаметр кожного з каналів більший за 9 мм. Всі циліндричні канали, в яких рухаються поршні з'єднані між собою у поперечній осі ковша прохідною проточкою, яка заглушена зі своїх торців.

Ківш забезпечує зменшення опору ґрунту різанню внаслідок того, що різальна кромка під час копання буде здійснювати зворотно-поступальні рухи за рахунок прямого переміщення поршнів та зворотного переміщення пружними буферами.

Ківш (Рис. 3, 4) складається з бокових 1 та задньої 2 стінок, днища 3, рухомої різальної частини 4 із зубами 5, розширюва-

чів 6, циліндричних каналів 7 в які встановлено поршні зі штоками 8, заглушок 9 циліндричних каналів, прохідної кришки циліндричного каналу 10, пружинних буферів 11, обмежувальних шайб 12. Рухома різальна частина 4 разом із пружними буферами 11 та обмежувальними шайбами 12, які закріплені на її периферії у виступах, встановлена в карман днища 3. Для обмеження переміщення різальної кромки в днищі виконані торцеві канали, в які встановлено пружинні буфери 11 із обмежувальними шайбами 12 та стопорні накладки, що фіксуються гвинтами.

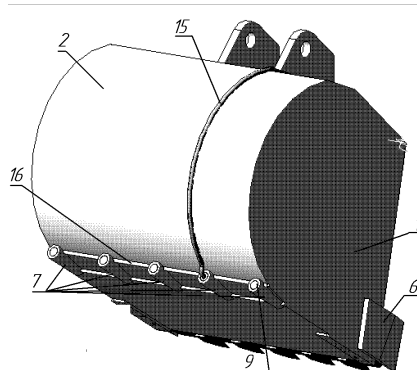


Рис. 3. Загальний вигляд ковша з гідравлічним пульсатором

Fig. 3. General view of the bucket of the excavator with the hydraulic pulsator in the assembly

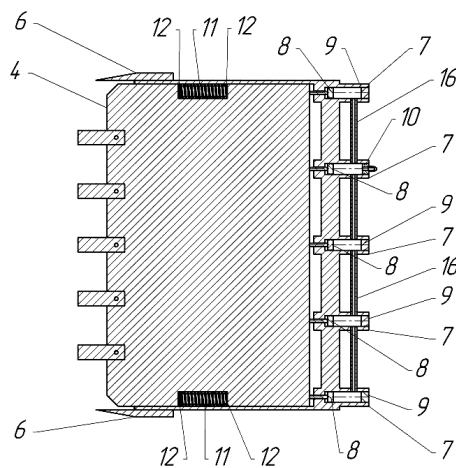


Рис. 4. Вигляд за розрізом у нижній частині ковша

Fig. 4. View of the cut in the bottom of the bucket

Ківш працює наступним чином. По трубопроводу через прохідний отвір прохідної

кришки 10 до циліндричного каналу 7 подається пульсуюча робоча рідина від гідросистеми екскаватора. Через поперечну проточку робоча рідина потрапляє одночасно до всіх порожнин каналів 7 та починає тиснути на стінки каналів й поршні 8, які своїми штоками контактують з рухомою різальною кромкою. Так як рідина подається до порожнин каналів 7 імпульсами, то це приводить до виникнення на різальній кромці змінного зусилля. Внаслідок реакції пружинного буфера 11 створюються коливання у напрямку різання ґрунту. Такі коливання забезпечують додаткові навантаження на ґрунт.

Запропоновані конструкції дозволяють виконувати динамічне руйнування ґрунту, внаслідок чого знижується опір його руйнування, що забезпечує ефективну розробку мерзлих і твердих ґрунтів без застосування додаткових машин для попереднього їх розпушення.

Рух різальної частини ковша з активними зубами характеризується наступними параметрами: швидкістю її переміщення V_1 , глибиною $\delta_{\text{вп}}$ її впровадження в ґрунт за час одного удару t ; утворенням попереду різальної частини стиснутої зони ґрунту довжиною L , фронт якої рухається зі швидкістю U_1 ; пружною і пластичною деформацією ε ґрунта в цій зоні, її частковим або повним руйнуванням, залежним від умов навантаження та властивостей ґрунтів.

Основні параметри робочого органа ударної дії визначаються за наступними залежностями [3, 4]:

– енергія удару A_p руйнування ґрунту

$$A_p = \frac{\delta_{\text{вп}} S U_1 k_s C^2}{2 V_1 E k_\alpha}; \quad (1)$$

– глибина впровадження різальної частини в ґрунт $\delta_{\text{вп}}$

$$\delta_{\text{вп}} = \frac{2 A_p V_1 k_\alpha E}{S U_1 k_s C^2}; \quad (2)$$

– сила опору ґрунту руйнуванню N_c

$$N_c = \frac{A_p}{\delta_{\text{вп}}} = \frac{S U_1 k_s C^2}{2 V_1 k_\alpha E}; \quad (3)$$

– час удару ударної різальної частини ковша з гідропульсатором

$$t_{\text{уд}} = \frac{2 A_p k_\alpha E}{S U_1 k_s C^2}, \quad (4)$$

де S – площа контакту ударної різальної частини з ґрунтом; U_1 – швидкість поширення поздовжньої хвилі деформацій; E – динамічний модуль пружності ґрунту; k_α – безрозмірний коефіцієнт, що враховує кут загострення інструмента ($k_\alpha \geq 1,0$); V_1 – швидкість інструмента (ударної різальної частини ковша) по ґрунту; k_s – коефіцієнт ($k_s = k_o^2 k_c^2 k_\mu$), де $k_o = 1,36 \dots 1,60$ – безрозмірний коефіцієнт; $k_c = 10^6/30$ – коефіцієнт; $k_\mu = 1 - 2\mu/(1 - \mu)$ – безрозмірний коефіцієнт (μ – коефіцієнт Пуассона); C – число ударів щільноміра ДорНДІ.

Для ударної різальної частини ковша з приводом від ексцентрикового вала час удару визначається за залежністю:

$$t_{\text{уд}} = \frac{60\beta}{n_{\text{ГМ}} 360} = \frac{\beta}{6n_{\text{ГМ}}}, \quad (5)$$

де β – кут повороту ексцентрикового вала при виштовхуванні його кулачком ударної різальної частини ковша; $n_{\text{ГМ}}$ – частота обертання гідромотора приводу ексцентрикового вала.

Цикл роботи:

$$t_{\text{ц}} = \frac{60}{n_{\text{ГМ}}}. \quad (6)$$

Енергія удару ударної різальної частини ковша T , необхідна для її впровадження в ґрунт на глибину h при швидкості удару V_1 , визначається за формулою:

$$T = \frac{hSU_1k_sC^2}{2V_1k_\alpha E}. \quad (7)$$

Визначивши енергію удару T , за формулою (7), знаходять мінімальну масу ударної різальної частини m з виразу:

$$m = \frac{2T}{V_1^2}. \quad (8)$$

Об'єм зруйнованої ґрунту ударною різучою частиною ковша визначається за формулою:

$$V_p = \frac{n_3 2Tk_\alpha E}{k_s C^2}, \quad (9)$$

де n_3 - кількість зубів ударної різальної частини.

Оптимальна кількість зубів:

$$n_3 = \frac{b_k + s_1}{b + s_1}, \quad (10)$$

де b_k - ширина ковша; b - ширина ударного зуба; $s_1 = (2 \dots 4) b$ - відстань між осями ударних зубів.

Для визначення швидкості руху ковша при копанні V_k і продуктивності екскаватора Π_T необхідно знати величину впровадження ударної різальної частини в ґрунт за удар x_1 [5]:

$$x_1 = K_1 \sqrt{\frac{1}{c}}, \quad (11)$$

$$K_1 = \sqrt{2A_p(1 - k_o^2) \left(1 - \frac{E_o}{E}\right)},$$

де A_p - енергія удару ударної різальної частини; 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.

Тут жорсткість $c = c_1 + c_2$, де c_1 визначається розмірами початкової площадки контакту ударної різальної частини з ґрун-

том з урахуванням площі її затуплення (не залежить від глибини її заглиблення):

$$c_1 = \frac{E_o \sqrt{ab}}{(1 - \mu^2)\omega}, \quad (12)$$

де v - ширина зубів ударної різальної частини; a - товщина площадки затуплення; μ - коефіцієнт Пуассона для мерзлого ґрунту; ω - коефіцієнт, що залежить від відношення a/v .

Жорсткість c_2 залежить від величини впровадження ударної різальної частини в ґрунт і може бути визначена з виразу:

$$c_2 = \frac{E_o x(a-b)}{(1 - \mu^2)b_1}, \quad (13)$$

де b_1 - довжина загостреної частини зубів ударної різальної частини.

Швидкість руху ковша при копанні ґрунту можна визначити як

$$v_k = xz, \quad (14)$$

де x - середнє значення величини впровадження ударної різальної частини в ґрунт за удар; z - число ударів за визначений період часу.

Тривалість копання:

$$t_k = \frac{qk_n}{v_k Fk_p}, \quad (15)$$

де q - місткість ковша; k_n , k_p - коефіцієнти наповнення ковша та розпушування ґрунту відповідно; F - площа руйнування ґрунту ударною різальною частиною.

Технічна продуктивність екскаватора визначається за відомою формулою:

$$\Pi_m = \frac{3600qk_n}{t_{\text{ц}}k_p}, \quad (16)$$

де $t_{\text{ц}}$ - тривалість робочого циклу екскаватора:

$$t_{\text{ц}} = t_k + t_o + t_b + t'_o, \quad (17)$$

де t_k – тривалість копання; t_o – тривалість підймання та повороту завантаженого ковша; t_b – середнє значення тривалості вивантаження ґрунту; t'_o – тривалість повороту та опускання порожнього ковша.

ВИСНОВКИ

Впровадження конструкцій ковшів активної дії для одноківшевих екскаваторів з ударними різальними частинами дозволить збільшити діапазон ґрунтів, що ними розробляються, знизити собівартість земляних робіт шляхом виключення з робочого циклу машин для попереднього розпушування мерзлих і твердих ґрунтів. Перспективними напрямками подальших досліджень є розробка і впровадження нових конструктивних схем ковшів активної дії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Пелевін Л.С., Воляннюк В.О., Міщук Д.О., 2016. Патент на корисну модель 111962. Ківш екскаватора. Опубл. 25.11.2016, Б.22.
2. Міщук Д.О., Воляннюк В.О., Горбатюк Є.В., 2017. Патент на корисну модель 118162, Ківш екскаватора з гідравлічним пульсатором. Опубл. 25.07.2017, Б.14.
3. Ветров Ю.А., Баладинский В.Л., 1980. Машины для специальных земляных работ. Учеб. пособие, Киев, ВШ, 192.
4. Галдин Н.С., Бедрина Е.А., 2003. Ковши активного действия на основе гидроударников для экскаваторов. Учеб. пособие. Омськ, СИБАДИ, 53.
5. Иванов Р.А., Федюлов А.Н., 2005. Методика расчета ковша активного действия. Строительные и дорожные машины, Выпуск 10, 28-31.

REFERENCES

1. Pelevin L.Ye., Volyanyuk V.O., Mishchuk D.O., 2016. Kivsh ekskavatora [Excavator bucket]. Patent UA No.111962, E02F 3/40 (in Ukrainian).
2. Mishchuk D.O., Volyanyuk V.O., Horbatiyuk YE.V., 2017. Kivsh ekskavatora z hidravlichnym pulsatorom [Excavator bucket with hydraulic pulsator]. Patent UA Nr. 118162, E02F 3/40 (in Ukrainian).

3. Vetrov YU.A., Baladynskyy V.L., 1980. Mashyny dlya spetsyalnykh zemlyanykh rabot [Special earthmoving machinery]. Ucheb. Posobyе Kyiv, Vischa skola, Publ., 192.
4. Haldyn N.S., Bedryna E.A., 2003. Kovshy aktivnoho deystvyaya na osnove hydroudarnykov dlya ékskavatorov [Buckets of active action on the basis of hammers for excavators]. Omsk, SYBADY Publ., 53.
5. Yvanov R.A., Fedulov A.N. 2005. Metodyka rascheta kovsha aktivnoho deystvyaya [Method for calculating active bucket]. Stroytelnye y dorozhnye mashyny., Nr.10, 28-31.

Buckets excavators with active teeth

Vladimir Volyanyuk, Dmitry Mishchuk,
Eugene Gorbatyuk

Abstract. For the execution of earthworks in construction, namely the digging of pits and tramnesh, often used one-sided exkavator. The general disadvantage of single-hull excavators in the development of frozen and hard soils is the need to have an additional machine for the preliminary loosening of these rocks.

The design schemes of buckets of active action of single-hull excavators with shock-cutting parts with fixed teeth on the lower part of the bucket and moving along the straight line are considered. The drive of these parts can be carried out by eccentric shafts with hydromotors or hydropulsators. Under their action and the elastic buffer, the impact cutting part with fixed teeth carries a reciprocating motion with a frequency of 25 ... 35 Hz and destroys frozen or solid rock. Hydraulic fluid under pressure is fed to hydromotors or bucket guide pulleys from the hydraulic pump of the excavator. The constructive schemes of buckets with shock-cutter parts of the single-digger excavators are given in the work they are fixed by palettes on the utility model of Ukraine.

Application of these design schemes will expand the technological capabilities of single-hull excavators in the development of mezzanine and solid soils and reduce the cost of earthworks. Reducing the cost of work will be carried out by eliminating from the robocheskogo cycle of machines for preliminary splitting of solid rock. The paper presents analytical dependences for calculating the basic parameters of buckets of active action and productivity of single-hull excavators equipped with them. The parameters, depending on the properties of the soil under development, and the structural characteristics of

the buckets, which influence the performance of such machines, are determined.

The purpose of the actual work is to expand the technological capabilities of single-hull excavators to develop frozen and hard soils and

reduce the cost of these works by performing them without attracting additional machines for pre-rupture of solid in kind.

Key words: single-digger excavator, bucket, active teeth, soil.