

Техніка для земляних і дорожніх робіт

УДК 624.876

В.М. Смірнов, канд. техн. наук, професор КНУБА,
Ю.П. Пристало, канд. техн. наук, доцент КНУБА

НОВИЙ РОБОЧИЙ ОРГАН ЕКСКАВАТОРА

Робота екскаватора зворотного копання з умов збереження техногенно-екологічної безпеки має свої особливості. Це торкається наступних обмежень:

– зменшення заpresовки ґрунтової стружки у ківш. Це сприятиме збереженню умов для розвантаження ковша за рахунок зниження вірогідності налипання і наступного примерзання ґрунту до металоконструкції ковша. В підсумковому значенні це збільшить продуктивність процесу і, як наслідок, зменшить витрати пального та загазованість повітря;

– зменшення об'єму елементів стружки, що відокремлюються від масиву. Сприятиме зниженню динамічних навантажень на екскаватор взагалі і на ківш зокрема. Полегшить заповнення ковша і запобігатиме втратам ґрунту при переносі ковша на вивантаження;

– відмова або значне обмеження використання машин динамічної дії при попередній підготовці масиву. Тому, що їх застосування супроводжується, як правило, підвищенням рівня шуму та сприяє розповсюдженню хвиль деформації у масиві, а це негативно відбивається на цілісності фундаментів та інженерних споруд, стійкості деяких видів обладнання тощо.

Для виконання означених вимог розроблена конструкція нового ковша для екскаватора зворотного копання типу ЕО-2628, що працюватиме взимку. Особливості конструкції нового ковша спрямовані, крім за все, на обмеження кусковатості стружки та покращення умов для занурення ковша в масив, при цьому враховані кінематичні особливості екскаватора зворотного копання.

Згідно з результатами попередніх досліджень опору ґрунтів різанню в зимових умовах (Ю. Ветров, О. Кисленко, В. Баладінський, Ю. Пристайло, А. Фомін, В. Смірнов, В. Бажан та інші) маємо можливість вважати зростання опору ґрунту різанню з глибиною за кривою, близькою до тангенсоїди (рис. 1). Максимальне значення опору ґрунту різанню спостерігається біля поверхні масиву, де температура ґрунту майже дорівнює температурі повітря. Із зростанням глибини температура масиву збільшується, тоді як міцність його зменшується і відчутно залежить від вологості.

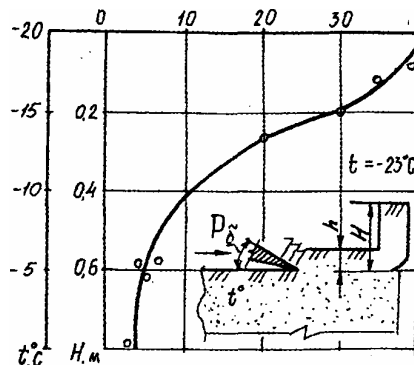


Рис. 1. Залежність опору ґрунту різання плоским клином шириною 40 мм, під кутом різання $\delta = 40^\circ$, (товщина зрізу $n = 75$ мм) від глибини залягання в масиві. Суглинок вскриші Лісаковського родовища залізної руди. Температура повітря $t = -23^\circ\text{C}$, вологість масиву $W_0 = 20\%$

Згідно з кінематикою роботи екскаватора зворотного копання, ківш входить у масив зверху-донизу (рис. 2, а), тобто зуби руйнують спочатку самий міцний шар ґрунту (рис. 2, б).

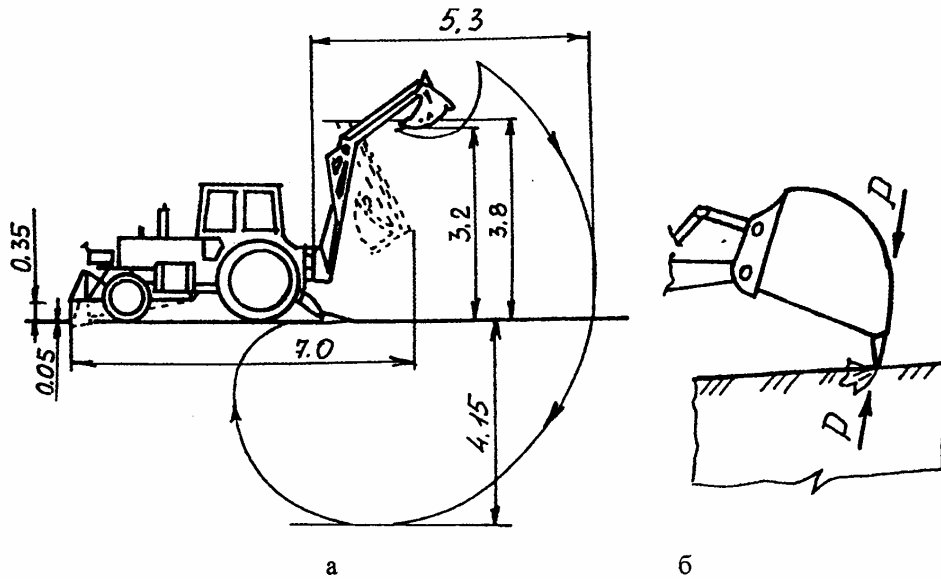


Рис. 2. Конструктивні розміри і траєкторія руху ковша екскаватора зворотного копання (а) і початок роботи машини на поверхні масиву (б)

Сучасні ковші екскаваторів другої розмірної групи оснащують, як правило, 4-ма зубами, два з яких розташовані по кутам ковша, а решта на однаковій відстані між собою і між кутовими зубами. Можна припустити, що загальне зусилля копання P ($P \approx 2500$ даН) розподіляється між 4-ма зубами і приблизно дорівнює:

$$P_1 = \frac{P}{4} = \frac{2500}{4} = 625 \text{ (даН)}.$$

Цього зусилля явно не достатньо для входу ковша в масив ґрунту, тому виникає потреба повторювати рух занурення ковша декілька разів. З екологічної точки зору це негативні дії, тому, що підвищується шум, відлітають частки ґрунтової стружки з-під зубів і т.п. До того ж, збільшується час циклу, зменшується продуктивність машини взагалі.

Аби збільшити зусилля на зубі, що починає руйнувати масив, вирішили до середніх зубів додати ще один, але зменшити ширину зубів із $b = 0,07$ м до $b = 0,05$ м. Щоб не було впливу кутових зубів на роботу середніх, останні було висунуто вперед по траєкторії різання на кут $\theta = \frac{\pi}{4} - \frac{\rho}{2}$, де ρ - величина кута внутрішнього тертя ґрунту. За дослідними даними, для ґрунтів $\rho = 15^\circ$ [2]. Тоді величина

$$\theta = 45^\circ - 7,5^\circ = 37,5^\circ.$$

При такому розташуванні лише центральний зуб утворює блокований, найбільш енергоємний різ. Решта зубів руйнує масив різаними, наближеними до напіввільних.

Аби зменшити зусилля копання ковша, необхідно керовано спрямувати ґрунтову стружку в ківш. Це потребує додаткових зусиль на руйнування ґрунту, до того ж, уламки елементів стружки часто заклинюються між ковшем і стінкою траншеї, а це взимку потребує додаткових зусиль на руйнування ґрунту зрізом або тертям. Заміряти ці додаткові зусилля практично не можливо тому пропонуємо засоби, які повністю виключають додаткове подрібнення елементів стружки кутовими зубами або заклинення

стружки між ковшем і стінкою траншеї. Аби спрямувати у ківш елементи стружки від кутових зубів, пропонується передню грань кожного кутового зуба зробити ламаною, за рахунок устрою додаткової клиноподібної пластини. Поверхня додаткової пластини вгнута, тому рух стружки по кожній грані кожного зуба криволінійний, подібно тому, як відокремлює рілля леміш плуга.

Загалом, взаємодія запропонованого ковша з масивом така. На початку занурення вся сила різання P екскаватора сконцентрована на відносно невеликому лезі центрального зуба і якщо цього достатньо, зуб руйнує ґрунт і входить у масив. Через деякий час до роботи приєднуються спочатку два бічних зуби, а потім ще два кутових зуби, але випереджаючому центральному вже легше, бо він пройшов твердий шар масиву. Тепер у ґрунті знаходиться центральний зуб, якому переміщуватись легше (див. рис.1), хоча він і утворює блокований різ і чотири бічних зуби, які утворюють незалежні від центрального зуба різі. Піки сили різання від кожного зуба не співпадають за часом, тому процес буде не таким динамічним, як коли розробляти ґрунт звичайним ковшем.

До того ж, заповнення ковша ґрунтовою стружкою іде за трьома потоками. Найбільш великі елементи поступають у середню частину ковша від середнього зуба. Слідом ідуть потоки від бічних та кутових зубів. Потоки від кутових зубів проходять довший шлях по кривій, тому стружка розривається й остаточно покриває шар ґрунту, що вже поступив від інших зубів. При щільному заповненні ковшової порожнини не буде утрамбування ґрунту в ковші, що для звичайних ковшів є суттєвим недоліком (ґрунт в ковші запресовується, прилипає, якщо вологості достатньо, і нарешті, намерзає на внутрішню поверхню днища та обичайка). Запропонований ківш буде легше розвантажувати, адже немає умов для створення аркового ефекту в ковші.

Отже, загалом, робота ковша зі зміщенням зубів за траєкторією різання й оснащеними відхиляючими пластинами, що переходять у такої ж кривизни кутові пластини ковша, можна охарактеризувати такими узагальненими показниками:

- зниження динамічності навантаження на ківш і запобігання глибоутворення;
- забезпечення рівномірного заповнення ковша декількома потоками ґрунтової стружки, що зменшує вірогідність запресовки ґрунту у ківш і, як наслідок, зникає можливість налипання (і, взимку, намерзання) ґрунту до металоконструкції ковша;
- збільшення продуктивності машини за рахунок зменшення часу циклу.

Зсув зубів ковша на випередження різання дає ефект незалежності стружкоутворення при товщині зрізу від нуля до якоїсь товщини h^* (рис. 3):

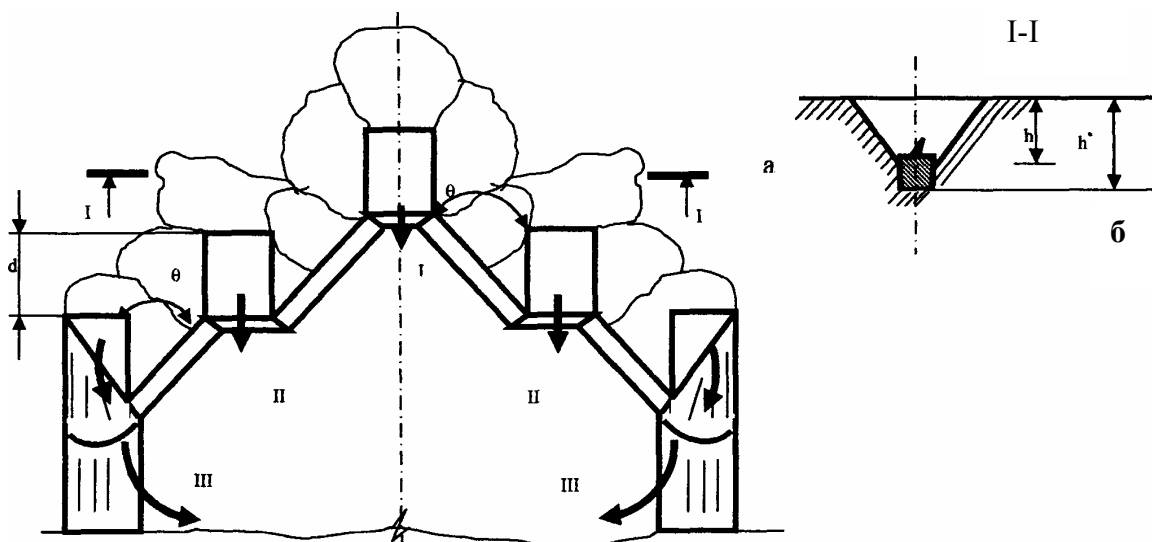


Рис. 3. Схема стружкоутворення запропонованим ковшем:
а – вигляд згори; б – переріз по I-I

$$h^* = \frac{B - n \cdot b}{(2n - 2)k_{\delta_{\text{вч}}} \cdot \text{ctg}\theta}, \quad (1)$$

де B – ширина ковша; n – кількість зубів; $k_{\delta_{\text{вч}}}$ – коефіцієнт розширюючої частини прорізу зубом; b – ширина зуба.

При товщині зрізу $h > h^*$ для збереження незалежності дії зубів рекомендується користуватись формулою для визначення довжини випередження d [1].

$$d = h_1 \cdot \text{ctg}\theta - (h - h_1) \text{ctg}\delta, \quad (2)$$

де δ – кут різання у зуба, $\delta = 30^\circ - 45^\circ$; $h_1 = h \cdot k_{\delta_{\text{вч}}}$ – висота розширюючої частини прорізу ґрунту зубом;

або

$$d \geq h \cdot k_{\delta_{\text{вч}}} \text{ctg}\theta - h(1 - k_{\delta_{\text{вч}}}) \text{ctg}\delta. \quad (3)$$

Наведені особливості враховані в розробках нового ковша для екскаваторів зворотного копання, що випускає фірма "Борекс" у м. Бородянка.

Література

1. *Ветров Ю.А.* Резание ґрунтов землеройными машинами – М.: Машиностроение, 1971.
2. *Пристайло Ю.П.* Определение оптимального числа зубьев ковша роторного экскаватора// Сб. Горные, строительные и дорожные машины. – К.: Техніка, 1970. – Вып.10.