

УДК 624.132

В.М. Смірнов, канд. техн. наук, професор КНУБА,

В.П. Головань, канд. техн. наук, доцент КНУБА,

О.Ю. Вольтерс, доцент КНУБА

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ЛАНЦЮГОВИХ ТРАНШЕЄКОПАЧІВ

Ефективність роботи ланцюгових траншеєкопачів залежить від конструктивних параметрів їх робочих органів, які мають різці та лопатки для розпушування і виносу ґрунту із траншеї.

Проведені випробування ланцюгового робочого органу існуючого траншеєкопача в природних та лабораторних умовах показали, що їх конструкція має ряд недоліків. По-перше, розстановка різців і їх розміри не є оптимальними, при виборі різців не враховано вплив швидкості руху трактора та геометрії параметрів процесу різання ґрунтів.

Сумарна швидкість переміщення різця в забої являє собою геометричну суму двох швидкостей: швидкості ланцюга і швидкості руху трактора (рис. 1, а)

$$V_p = \sqrt{V_L^2 + V_{TP}^2 + 2V_L V_{TP} \cos \alpha}, \quad (1)$$

де α – кут нахилу ланцюгового робочого органу до поверхні ґрунту, ψ – кут нахилу траєкторії різання, що визначається виразом

$$\psi = \arcsin\left(\frac{V_L}{V_p} \sin \alpha\right). \quad (2)$$

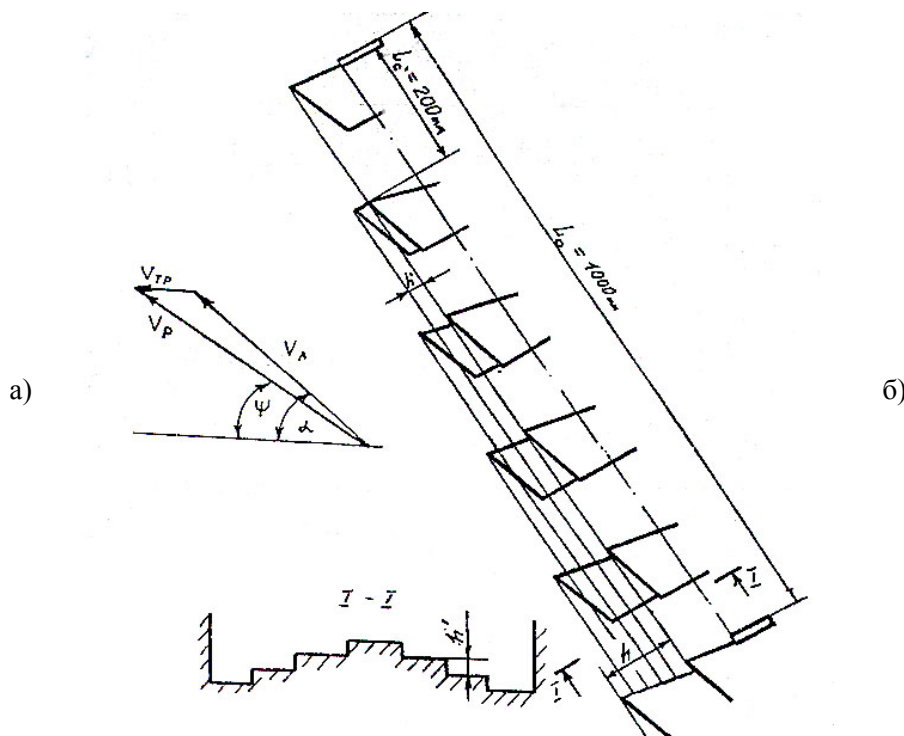


Рис. 1. Схема утворення забою

Схема різання забою секцією ланцюгового робочого органу, що включає п'ять різців, наведена на рис. 1, б. З аналізу траєкторії руху різців в межах однієї секції в умовах одночасної дії двох швидкостей – швидкості ланцюга, нахиленого до поверхні ґрунту і швидкості руху трактора випливає, що лінії різання різців не збігаються по глибині, а

зміщуються і знаходяться в різних площинах, тобто кожний наступний різець порівняно з попереднім заглиблюється на величину h' , що приводить до створення ступінчастого забою. Крім того, нераціональна схема розстановки різців спричиняє створення зон, які не руйнуються різцями, що приводить до збільшення сил різання.

Відокремлення стружки боковою поверхнею різця в бік виступу при цьому утруднюється. Величина h' залежить від співвідношення швидкості руху трактора V_{TP} і швидкості ланцюга V_L , кута нахилу робочого органу α до поверхні довжини однієї секції L_c (кроку різців), кількості різців в одній секції і визначається виразом [1]

$$h' = L_c \frac{V_{TP}}{V_L} \cos \alpha. \quad (3)$$

Отже, конструктивні параметри ланцюгового робочого органу повинні забезпечувати умови сумісної роботи різців в межах однієї секції без утворення виступів, що ускладнює процес відокремлення стружки боковими поверхнями різців.

Результати силового аналізу роботи різців, одержані при лабораторних випробуваннях на динамометричному стенді, показують, що одиночні різці, розміщені під кутом до напрямку різання, при роботі зазнають дії великого бокового навантаження, що приводить до перевантажень шарнірних з'єднань ланцюга. Крім того, відмічено наявність значної відштовхуючої (нормальної) сили, яка діє на кожний різець, а отже, і на робочий орган в цілому. Проекція цих сил на напрямок руху трактора дає в сумі складову опору пересуванню, що має значну величину.

Досліди, проведені з гострими різцями при оптимальному куті різання 40° , показали у порівнянні з існуючими різцями ланцюгового робочого органу значне зниження дотичної сили різання, тоді як нормальна сила набуває від'ємних значень, тобто стає затягуючою. Порівняння результатів дослідів при блокованому і напівблокованому різанні свідчить, що сили напівблокованого різання значно нижчі, що треба враховувати при розстановці різців на робочому органі [2].

Проведений аналіз результатів досліджень ланцюгового робочого органу в природних і лабораторних умовах дозволяє сформулювати рекомендації, необхідні для його вдосконалення. Разом з тим, з метою спрощення виготовлення і збереження по можливості існуючої технології, доцільно виконати модернізацію конструкції робочого органу, взявши до уваги наступні рекомендації:

1. Необхідно забезпечити руйнування всієї поверхні забою різцями, виключивши утворення ціликів і зон блокованого різання шляхом вибору оптимальної кількості різців, їх раціональної ширини і розстановки.
2. При проектуванні секції ланцюгового робочого органу, яка складається з кількох різців, з метою одержання плоского (безступінчатого) забою, слід виконати корегування їх висоти з урахуванням швидкостей руху трактора і ланцюга на величину h' , в залежності від міцності ґрунту.
3. З метою зменшення сили виштовхування (нормальної сили) при різанні забою та зниження опору пересуванню трактора слід використовувати різці з кутом різання близько $30..45^\circ$, що можна досягнути за рахунок їх загострення і твердосплавної наплавлення робочої грані, яка забезпечує само загострення різця при взаємодії з ґрунтом.
4. З метою поліпшення транспортування зруйнованого ґрунту з траншеї слід використовувати суміщення транспортуючих скребків з центральними лідерними різцями, оснащеними переднім ребром для розділення ґрунту на дві частини і полегшення подачі його на транспортуючі бокові шнеки.

В результаті аналізу дослідних даних та вироблених рекомендацій по удосконаленню ланцюгового робочого органу запропоновано його нову конструкцію (рис. 2).

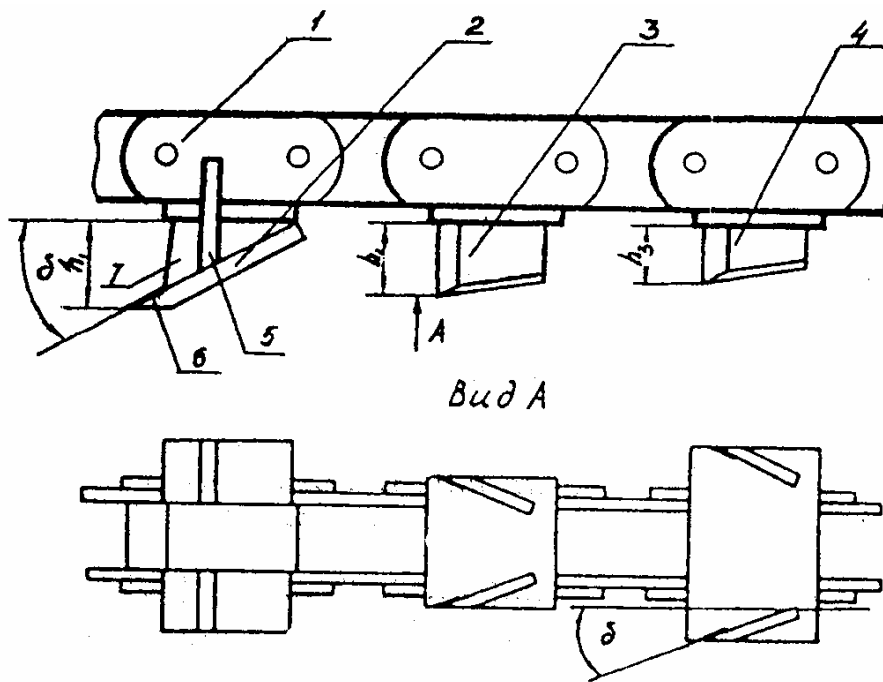


Рис. 2. Секція нового ланцюгового робочого органу

Робочий ланцюг 1 складається з кількох ріжучих секцій, які повторюються з певним кроком по всій довжині ланцюга. Кожна секція має три різці: - передній – 2, середній – 3 та задній – 4, а також скребок – 5, що конструктивно виконаний разом з переднім різцем 2. Передній різець розташований фронтально і робить центральний проріз, а наступні різці 3 та 4 мають по два бокових ножа, які зрізують ґрунт в бік центрального прорізу.

З метою утворення плоского забою для виключення впливу швидкості руху базової машини різці виконані перемінної висоти таким чином, щоб їх співвідношення відповідало умові $h_1 > h_2 > h_3$ (рис. 2).

Ножі установлені з кутом різання $\delta = 35^\circ$ і мають задній кут $\alpha = 5^\circ$ (рис. 3), що сприяє зменшенню дотичної і нормальної складової сил різання у порівнянні з існуючими ножами. Для підвищення зносостійкості ножів їхні передні лобові грані біля кромки наплавляються твердим сплавом 6 (рис. 2). Тому за технологічними умовами ріжуча кромка первісно має радіус закруглення R , що дорівнює 1...1,5 мм (рис. 3, а) і при взаємодії з ґрунтом зменшується, так як більш м'який матеріал ножа в порівнянні з наплавленим шаром зношується швидше (рис. 3, б).

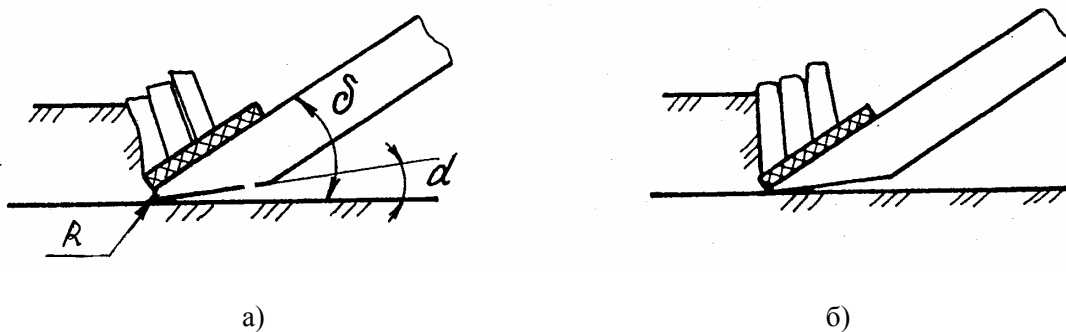


Рис. 3 Ріжуча кромка ножа: а) новий ніж; б) самозаточений ніж

Для покращання ефективності транспортування зруйнованого ґрунту з траншеї, а також підвищення жорсткості переднього ножа на лобовій грані його та скребачки

установлюється ребро 7 (рис. 2). При викиданні з траншеї потік ґрунту роз'єднується ребром на дві частини, що сприяє поліпшенню потрапляння цього потоку на бокові шнеки робочого органу, які відгрібають ґрунт від стінок траншеї.

Для оцінки ефективності запропонованої конструкції ріжучих елементів ланцюгового робочого органу і порівняння її з існуючою проведені випробування на динамометричному стенді НДІ БДІТ.

Для можливості порівняння результатів випробувань нових секцій робочого органу було передбачене визначення таких питомих та сумарних розрахункових величин:

- дотичних та нормальних складових сил різання ґрунту кожним різцем;
- сумарних дотичних та нормальних складових сил різання ґрунту всіма різцями секцій;
- сумарної ширини прорізу всіма різцями секції (за винятком ціликів);
- середніх значень питомих дотичних та нормальних складових сил різання ґрунту різцями секцій.

Виміряні величини дотичних та нормальних складових сил різання ґрунту дозволили визначити одне з важливих навантажень на трактор – горизонтальну силу, що спрямована в бік протилежний рухові, тобто частини опору руху трактора, яка викликана взаємодією різців, що знаходяться в траншеї, з ґрунтом.

Схема сил, які діють на робочий орган, умовно прикладених посередині його довжини, показана на рис. 4. на схемі прийняті такі позначення: α – кут нахилу робочого органу до горизонту; P_{Σ} – сумарна дотична сила опору робочому органу, що спрямована проти напрямку руху різця; N_{Σ} – сумарна нормальна сила опору робочому органу, що приблизно дорівнює нормальній складовій сили різання; $P_{Г}$ та $N_{Г}$ – горизонтальні складові, відповідно, дотичної та нормальної сил різання, які спрямовані проти руху базового трактора.

Для визначення сил, які приведені на схемі, використовуємо такі залежності: сумарні дотична P_{Σ} та нормальна N_{Σ} сили опору робочому органу

$$P_{\Sigma} = p' \cdot B \cdot \frac{m}{n}, \text{ кН};$$

$$N_{\Sigma} = N' \cdot B \cdot \frac{m}{n}, \text{ кН},$$

де P' та N' – питомі сили різання (дотична і нормальна відповідно); B – ширина траншеї; m – кількість секцій робочого ланцюга в забої; n – коефіцієнт, який враховує співвідношення міцності глинистого ґрунту та моделі ґрунту на динамометричному стенді (визначається експериментально).

Питомі сили різання – дотична P' та нормальна N' відповідно дорівнюють

$$P' = \frac{P_{\Sigma cp}}{B'}, \text{ кН};$$

$$N' = \frac{N_{\Sigma cp}}{B'}, \text{ кН},$$

де $P_{\Sigma cp}$, $N_{\Sigma cp}$ – сумарні складові сил різання однією секцією (дотична і нормальна відповідно); B' – ширина зони, яка руйнується різцями (за винятком ціликів).

Величина сумарного горизонтального зусилля опору руху трактора

$$F_{Г} = P_{Г} + N_{Г} = P_{\Sigma} \cdot \cos \beta + N_{\Sigma} \cdot \sin \beta, \text{ кН}. \quad (6)$$

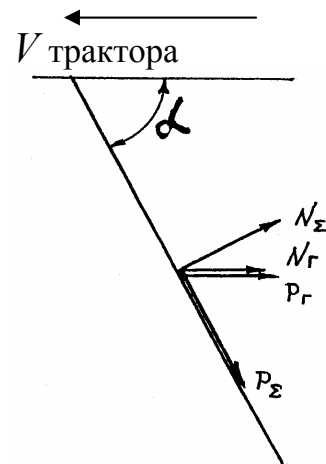


Рис. 4. Схема сил, діючих на робочий орган



На підставі отриманих результатів випробувань можна зробити такі висновки:

1. Прийнята конструкція секцій робочого ланцюга, яка складається з трьох різців, перший з яких є лідируючим, що виступає перед скребачкою і має переднє ребро, а також два подвоєних різця, що відгрібають зруйнований ґрунт до центру траншеї у напрямі лідируючого прорізу, є ефективною. В процесі випробувань різання лідируючим різцем установлено, що ґрунт який руйнується цим різцем подається зразу на скребачку, а за ним залишається очищена зона, яка заповнюється наступними різцями.
2. Ребро, що встановлено на передній грані переднього різця, при русі в забої розділяє зруйнований ґрунт на дві частини, що сприяє покращанню його транспортування та викиданню на поверхню.
3. Робочий ланцюг, що складається з секцій по три різця, включає більшу кількість скребоків та різців, які йдуть слід у слід у порівнянні з ланцюгом, що має більш довгі секції. Це сприяє покращанню процесу різання та видалення ґрунту з траншеї.
4. З порівняння величин сил різання серійними та дослідними різцями впливає, що досягнуто зниження питомої дотичної сили різання дослідними різцями до 30%, а питомої нормальної сили різання – до 60%.
5. При глибині різання кожним дослідним різцем $h = 20$ мм, що відповідає умовам натуральних випробувань існуючого ланцюга, сумарні зусилля різання, які діють на робочий орган практично не змінюються, а швидкість руху трактора при цьому збільшується на 40% (із-за збільшення кількості різців, які йдуть слід у слід), що сприяє відповідному збільшенню продуктивності траншеєкопача.

Література

1. Ветров Ю.О., Власов В.В. Машини для земляних робіт. Приклади розрахунку. – К.: КДТУБА, 1995. – 304 с.
2. Головань В.П., Вольтерс О.Ю., Мясніков Г.Ю. Вдосконалення робочих органів ланцюгового траншеєкопача// Гірничі, будівельні, дорожні і меліоративні машини. – 1997. – вип. 51. С.63-65.