

УДК 624.132

А.В. Фомін, канд. техн. наук, професор КНУБА,
О.О. Костенюк, старший викладач КНУБА,
О.А. Тетерятник, асистент КНУБА

РУХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ҐРУНТОРУЙНУЮЧИХ СИСТЕМ ПРИ ВЗАЄМОДІЇ ЇХ З ВІБРУЮЧИМ РОБОЧИМ СЕРЕДОВИЩЕМ

АНОТАЦІЯ. Розглянуто залежності для визначення силових параметрів периферійних робочих органів і торцевих робочих органів першого і другого типів. Проведено аналіз впливу технології проведення робіт високошвидкісними периферійними та торцевими робочими органами на визначення геометричних та кінематичних параметрів процесу різання цими робочими органами. Отримано залежності для розрахунку сили різання та проаналізовано поведінку елементарної частинки ґрунту при динамічному навантаженні робочого середовища.

Ключові слова: периферійний робочий орган, торцевий робочий орган першого і другого типу, технологія роботи, вібруюче робоче середовище, суперпозиція хвиль навантажень.

АННОТАЦИЯ. Рассмотрены зависимости для определения силовых параметров периферийных рабочих органов и торцевых рабочих органов первого и второго типов. Проведен анализ влияния технологии проведения работ высокоскоростными периферийными и торцевыми рабочими органами на определение геометрических и кинематических параметров процесса резания этими рабочими органами. Получены формулы для расчета силы резания и проанализировано поведение элементарной частицы грунта при динамическом нагружении рабочей среды.

Ключевые слова: периферийный рабочий орган, торцевой рабочий орган первого и второго типов, технология работы, вибрирующая рабочая среда, суперпозиция волн нагружений.

SUMMARY. Dependences are considered for determination of power parameters of peripheral workings organs and butt-end workings organs of the first and second types. The analysis of effect the technology of work with high-speed peripherals and butt-end working organs of the determination of geometric and kinematic parameters managing cutting those workers' organs. The formulas for calculating the cutting forces and analyzes the behavior of elementary soil particles under dynamic loading of the working environment.

Key words: peripheral working organ, butt-end working organ of the first and second types, the technology works, vibrant working environment, the superposition of wave loading.

Вступ. Як відомо підвищення ефективності робочих органів досягається, в основному, двома шляхами: перший – за рахунок збільшення динаміки процесу, тобто за допомогою підвищення швидкості взаємодії різального елемента з масивом ґрунту; другим шляхом є інтенсифікація високошвидкісних робочих органів за рахунок застосування в роботі ґрунторуйнівного обладнання різних способів навантаження робочого середовища, а саме: удару, вібрації та поєднання цих способів з високими швидкостями взаємодії ґрунторуйнюючого елемента з масивом ґрунту [1]. Найбільш ефективним способом інтенсифікації процесу руйнування ґрунту є поєднання вібрації і удару.

Невирішеною проблемою в динамічному руйнуванні ґрунтів є врахування кінематичних особливостей та технології проведення робіт високошвидкісними периферійними та торцевими робочими органами.

Мета і постановка задачі. Ціль роботи – встановлення закономірностей формування робочого процесу динамічного руйнування ґрунтів з врахуванням кінематичних особливостей роботи периферійних і торцевих робочих органів.

Задачею даного дослідження є визначення силових і енергетичних параметрів процесу динамічного руйнування ґрунтів враховуючи технологічні особливості роботи периферійних і торцевих робочих органів динамічної дії.

Різальні елементи робочого органа рухаються відносно робочого середовища зі швидкістю V . Внаслідок динамічного навантаження робоче середовище знаходиться у

складному вібруючому стані. Вважаючи, що якщо швидкість руху різального елемента стала силою, дотична середня сила, що діє на різальний елемент без урахування умов вібрації ґрунту визначається за формулою

$$P_c = \frac{Uk_d S}{2Vk_\alpha}, \quad (1)$$

де $k_d = \rho V^2 + \sigma \epsilon$ – питомий опір робочого середовища динамічному руйнуванню, (тут σ – динамічна межа міцності робочого середовища динамічному руйнуванню, ϵ – гранична динамічна відносна деформація); $S = bh$ – площа контакту різального елемента з робочим середовищем (тут b – ширина різального елемента, h – глибина різання),

$u = \sqrt{\frac{E(1-\mu)}{\rho(1+\mu)(1-2\mu)}}$ – швидкість розповсюдження хвиль деформацій в робочому середовищі (тут E – динамічний модуль пружності робочого середовища, ρ – щільність робочого середовища, μ – коефіцієнт Пуассона); V – швидкість взаємодії різальних елементів з робочим середовищем (швидкість різання); k_α – коефіцієнт, що враховує кут різання.

При цьому геометричні параметри робочого процесу (такі як глибина різання та площа контакту різальних елементів з робочим середовищем) визначаються по-різному в залежності від технології роботи робочого органу. Так можна розрізнити два види робочих органів: периферійний (рис.1) і торцевий (рис. 2 і рис. 3). Торцеві робочі органи в свою чергу поділяються на торцевий орган першого типу (рис. 2) і торцевий робочий орган другого типу (рис. 3).

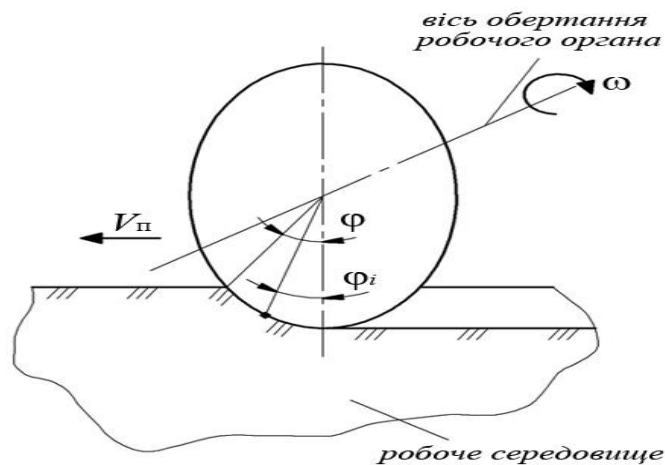


Рисунок 1. Схема роботи периферійного робочого органу.

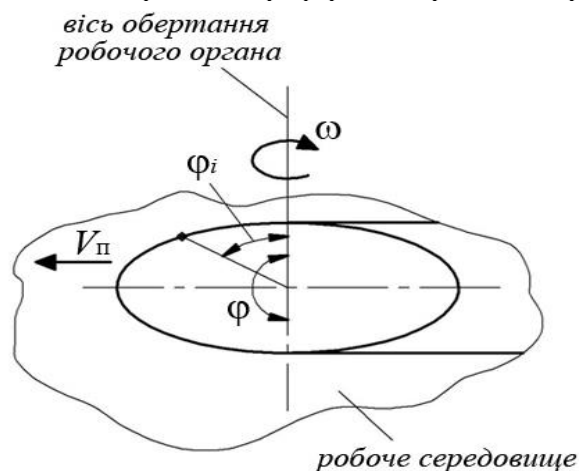


Рисунок 2. Схема роботи торцевого робочого органу першого типу.

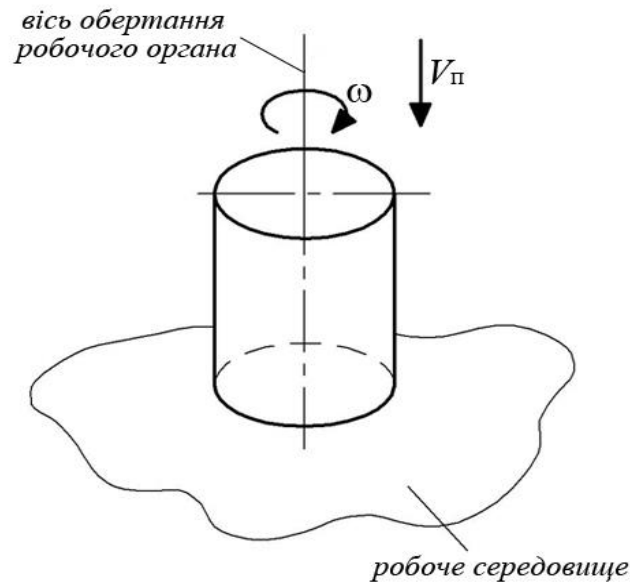


Рисунок 3. Схема роботи торцевого робочого органа другого типу.

До периферійних робочих органів відносяться робочі органи у яких твірна робочої поверхні робочого середовища паралельна осі обертання робочого органа. У торцевих робочих органів твірна робочої поверхні робочого середовища перпендикулярна до осі обертання робочого органа. При цьому у торцевого робочого органа першого типу швидкість подачі перпендикулярна до осі обертання робочого органа, а у торцевого робочого органа другого типу вона паралельна цій осі. Треба відзначити, що формування геометричних і кінематичних параметрів розробки робочого середовища у периферійних робочих органів і торцевих робочих органів першого типу ідентичне.

Глибина різання h для прямолінійної траєкторії різального елемента стала, для периферійних робочих органів і торцевих робочих органів першого типу глибина різання змінна і для i -го різального елемента буде дорівнювати

$$h = \frac{\varphi V_{\text{п}} \sin \varphi_i}{\omega}, \quad (2)$$

де φ – кут контакту робочого органа з робочим середовищем; $V_{\text{п}}$ – швидкість подачі робочого органа на робоче середовище; ω – кутова швидкість обертання робочого органа; φ_i – кут контакту робочого органа з робочим середовищем, що вимірюється від входу робочого органа в забій і до i -го різального елемента.

Для торцевих робочих органів другого типу за сталого кроку розташування різальних елементів для всіх різальних елементів h стала і дорівнює

$$h = \frac{2\pi V_{\text{п}} \cos(\arctg \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{к}}})}{\omega z}, \quad (3)$$

де $V_{\text{к}} = \omega R_i$ – колова швидкість обертання різального елемента (тут R_i – радіус, що вимірюється від осі обертання до середини різальної кромки i -го різального елемента); z – кількість різальних елементів в лінії різання (лінію різання складають елементи, що мають однаковий параметр R_i).

Треба відзначити, що при визначенні площі контакту різальних елементів з робочим середовищем для периферійних робочих органів і торцевих робочих органів другого типу параметр b застосовується у якості ширини різальних елементів, в той час як для торцевих робочих органів першого типу параметр b визначає товщину матеріалу, що знімається за один прохід робочого органа по робочому середовищу.



При формуванні елемента сколу сила, що діє на різальний елемент з боку середовища зростає з мінімального значення до максимального в момент сколу. Середня дотична сила визначається за формулами:

– для периферійного робочого органа

$$P_{\Pi} = \frac{Uk_{\text{д}}bV_{\Pi}(1 - \cos \varphi)}{2\omega^2 Rk_{\alpha}}, \quad (4)$$

– для торцевого робочого органа першого типу

$$P_{\Pi} = \frac{Uk_{\text{д}}bV_{\Pi}}{\omega^2 Rk_{\alpha}}, \quad (5)$$

– для торцевого робочого органа другого типу

$$P_{\Pi} = \frac{Uk_{\text{д}}b\pi V_{\Pi} \cos(\arctg \frac{V_{\Pi}}{V_{\text{к}}})}{\omega^2 Rk_{\alpha}}. \quad (6)$$

Крім того на різальний елемент діють сили, спричинені вібрацією, що виникла в робочому середовищі від попереднього сколу (сколів).

В момент сколу (удару) в основному хвильовий рух починають частинки ґрунту, що безпосередньо контактують з різальним елементом. Рухаючись в робочому середовищі різальний елемент послідовно вступає в контакт з усіма частинками ґрунту, що знаходяться на траєкторії руху різального елемента. При цьому кожна з частинок робочого середовища в момент контакту з різальним елементом знаходиться в русі, що відрізняється один від одного, так як рух частинок є суперпозицією власних хвиль і власних коливань робочого середовища.

На довжині сколу $l_{\text{ск}}$ розташовано кількість частинок ґрунту, що знаходяться за формулою

$$n_{\text{ск}} = \frac{l_{\text{ск}}}{a}. \quad (7)$$

Власні коливання частинок ґрунту залежать від маси частинки і зчеплення її з іншими частинками.

Висновок. Проаналізувавши отримані залежності слід зазначити, що технологічні особливості роботи високошвидкісних робочих органів мають значний вплив на визначення сил різання ґрунтів завдяки особливостям розрахунків глибини різання для периферійних та торцевих робочих органів. Крім того, хвильові коливання частинок ґрунту – це хвильова дія на частинку сусідніх часток ґрунту. Іншими словами при суперпозиції двох цих процесів сила, з якою частинка ґрунту діє на різальний елемент, може бути різною навіть при одному і тому ж відхиленні її від положення рівноваги (миттєвої амплітуди). Загальним міцнішим результатом віброуючого робочого середовища є зменшення сил зчеплення між частинками ґрунту.

Література

1. Робочі процеси землерийної техніки: Навчальний посібник / Л.Є. Пелєвін, А.В. Фомін, О.О. Костенюк, Г.І. Боковня – К.: КНУБА, 2006, 172 с.
2. Визначення параметрів ґрунторозробних робочих органів з урахуванням характеристик зруйнованого середовища і втомлювального руйнування / Фомін А.В., Костенюк О.О., Тетерятник О.А., Боковня Г.І. – Зб. "Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини", вип.71. Респ. межвід. науково-технічн. Збірник. Київ, 2008, с. 20-23.
3. Конструктивні характеристики високошвидкісних алмазних робочих органів конструкції КНУБА з урахуванням умов втомлюваного руйнування ґрунтів. / Фомін А.В., Костенюк, О.О., Тетерятник О.А., Боковня Г.І. – Зб. "Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини", вип.74. Респ. межвід. науково-технічн. Збірник. Київ, 2009, с. 69-73.