

SECTION 8. AGRICULTURAL ENGINEERING

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-657-7-13>

FEATURES OF EXCAVATOR BUCKET TOOTH WEAR

ОСОБЛИВОСТІ ЗНОШУВАННЯ ЗУБІВ КОВША ЕКСКАВАТОРА

Borak K. V.

*Doctor of Technical Sciences, Professor,
Deputy Director
Zhytomyr Agricultural Technical
College
Zhytomyr, Ukraine*

Борак К. В.

*доктор технічних наук, професор,
заступник директора
Житомирський агротехнічний
фаховий коледж
м. Житомир, Україна*

Uminskiy O. V.

*Postgraduate Student
Polissia National University
Zhytomyr, Ukraine*

Умінський О. В.

*аспірант
Поліський національний університет
м. Житомир, Україна*

Petsenko A. V.

*Lecturer
Zhytomyr Agricultural Technical
College
Zhytomyr, Ukraine*

Пеценко А. В.

*викладач
Житомирський агротехнічний
фаховий коледж
м. Житомир, Україна*

У сучасних землерийних машинах зуби ковша екскаватора є одним з найбільш навантажених і швидкозношуваних елементів робочого обладнання. Вони безпосередньо взаємодіють із ґрунтовим середовищем, уламками гірської породи, будівельним сміттям та іншими абразивними частинками, що зумовлює складний комплекс трибологічних процесів на їх робочих поверхнях. Від інтенсивності та характеру зношування зубів залежить продуктивність екскаватора, енергоємність робочого процесу, точність розробки ґрунту, а також собівартість виконання землерийних робіт.

Зношування зубів ковша екскаватора характеризується переважанням абразивного та ударно-абразивного механізмів руйнування поверхневого шару матеріалу. Під час заглиблення ковша у ґрунт та його переміщення відбувається відносний рух між робочою гранню зуба і твердими включеннями, які діють як абразивні зерна. Вони ріжуть,

дряпають, вдавлюються у поверхню, формуючи борозни, мікротріщини та локальні виямки. За умов підвищених навантажень та наявності великогабаритних уламків гірської породи або бетону до абразивного механізму приєднується ударний, що зумовлює локальне відколювання мікрооб'ємів металу, сколювання кромки та мікроударне втомне руйнування. Сукупність цих процесів формує складний знос, який проявляється зменшенням довжини зуба, притупленням його ріжучої крайки, зміною геометрії профілю й зростанням шорсткості поверхні.

Важливою особливістю зношування зубів ковша є істотний вплив властивостей розроблюваного середовища. При роботі в м'яких зв'язних ґрунтах, наприклад глині з невеликим вмістом твердих включень, швидкість зношування відносно невелика, а домінує мікрорізання й мікропластичне деформування поверхні. У піщано-гравійних сумішах, щебені, перемерзлих ґрунтах і гірських породах абразивні частинки мають вищу твердість та гостру форму, що сприяє інтенсивному мікрорізанню та відколюванню. За таких умов спостерігається швидка втрата маси зубів, значне спрацювання їх кінцевої частини та поява характерного клиноподібного профілю. Наявність води, льоду або бруду може змінювати тертя і маскувати твердий скелет ґрунту, але загалом не усуває дії абразиву, а іноді й посилює його через формування суспензії з високою абразивністю.

На характер зношування істотно впливають режимні параметри роботи екскаватора. Збільшення зусилля заглиблення, швидкості різання і швидкості заповнення ковша, як правило, прискорює процес руйнування поверхні зуба. При надмірній подачі ковша у ґрунт виникають перевантаження, що призводять до нестабільного руху, ударів та вібрацій, які посилюють втомне та ударно-абразивне зношування. З іншого боку, занадто мале робоче зусилля знижує продуктивність машини і призводить до роботи в режимі ковзання зубів по поверхні без ефективного різання, що також сприяє розвитку абразивного зносу за рахунок тривалого тертя. Таким чином, необхідне раціональне узгодження режиму роботи гідроприводу екскаватора, траєкторії руху ковша та властивостей ґрунту з метою мінімізації інтенсивності зношування зубів.

Матеріал зубів ковша відіграє ключову роль у формуванні їхньої зносостійкості. Традиційно для виготовлення зубів застосовують високоміцні леговані сталі або зносостійкі сталі підвищеної твердості, а також спеціальні зносостійкі литі сплави. Висока твердість сприяє підвищенню опору абразивному зношуванню, однак надмірне збільшення твердості без урахування в'язкості може призвести до крихкого руйнування під дією ударних навантажень. Оптимальне співвідношення твердості та в'язкості досягається за рахунок легування марган-

цем, хромом, нікелем, бором та використання відповідних режимів термічної обробки, зокрема гарту й високого відпуску або об'ємного гарту з наступною поверхневою термообробкою. Формування зносостійкої структури типу мартенситно-трооститної з дрібнодисперсними карбідами забезпечує підвищену стійкість до абразивного і ударно-абразивного зносу.

Особливої уваги заслуговують процеси поверхневого зміцнення зубів ковша. Наплавлення зносостійких сплавів, напилення твердих покриттів, індукційне гартування або використання біметалевих конструкцій дають змогу істотно продовжити ресурс робочих органів. Поверхневі шари з підвищеною твердістю та наявністю твердих карбідних фаз формують бар'єр для проникнення абразиву вглиб металу. Водночас підшар з більш в'язким матеріалом сприймає ударні навантаження, зменшуючи ризик крихкого руйнування.

Геометрія зубів ковша визначає характер взаємодії з ґрунтом і, відповідно, схему розподілу напружень на їхній робочій поверхні. Гострий кут загострення ріжучої крайки сприяє ефективному різанню ґрунту та зменшенню зусилля заглиблення, проте водночас зменшує площу опорної поверхні, що підвищує контактні напруження і пришвидшує зношування. Зі збільшенням радіуса притуплення зуба і зміною його профілю знижується схильність до локального сколювання, але зростає енергоємність процесу та інтенсивність тертя ковзання. У реальних умовах з часом зуби самоформують нову геометрію внаслідок нерівномірного зносу, і ця геометрія не завжди є оптимальною з точки зору продуктивності та енергоспоживання. Тому конструктивне формування профілю з урахуванням напрямку основних абразивних потоків та зон максимальних контактних напружень є важливим напрямом удосконалення робочих органів.

Ще однією особливістю є нерівномірність зношування зубів у межах одного ковша. Крайні зуби зазвичай піддаються більш інтенсивному впливу абразивних частинок через особливості траєкторії руху ковша, можливість бокового різання та більшу схильність до ударів при зіткненні з твердими включеннями. Центральні зуби часто працюють в умовах більш стабільного навантаження, проте також зазнають значного абразивного зносу. Внаслідок цього формується нерівномірний профіль ріжучої кромки ковша, що погіршує якість розробки ґрунту й підвищує динамічні навантаження на конструкцію. Регулярний огляд і своєчасна заміна окремих зубів або всього комплексу є необхідною умовою підтримання працездатності екскаватора.

Важливо підкреслити роль організації технічного обслуговування та контролю стану зубів ковша. Своєчасне виявлення критичного спрацювання, появи тріщин, сколів або деформацій дозволяє уникнути

аварійних ситуацій, пов'язаних із поломкою зуба і потраплянням його уламків у транспортовану масу чи робочі органи дробильного обладнання. Для цього застосовують візуальні огляди, вимірювання довжини та профілю зубів, періодичну заміну зношених елементів та використання змінних наконечників, що кріпляться до основи за допомогою стопорних елементів. Така конструкція дає змогу швидко проводити заміну без демонтажу ковша, скорочує простої техніки та зменшує витрати на ремонт.

Перспективним напрямом підвищення ресурсу зубів ковша є використання сучасних методів моделювання та діагностики процесів зношування. Комп'ютерне моделювання напружено-деформованого стану зубів з урахуванням контактної взаємодії з ґрунтовим середовищем дозволяє визначати критичні зони, в яких слід посилити матеріал або змінити форму. Методи трибологічних випробувань зразків матеріалу в лабораторних умовах дають змогу оцінити стійкість до абразивного, ударно-абразивного та ерозійного зносу в умовах, наближених до реальної експлуатації.

Загалом особливості зношування зубів ковша екскаватора зумовлені поєднанням абразивних, ударно-абразивних та втомних механізмів руйнування, які реалізуються в жорстких умовах високих контактних напружень, значних динамічних навантажень і агресивного абразивного середовища. На інтенсивність зношування впливають властивості ґрунту, режимні параметри роботи машини, матеріал і структура металу зубів, їх геометрія, якість поверхневого зміцнення та рівень організації технічного обслуговування. Комплексний підхід, що поєднує оптимізацію конструкції, застосування сучасних зносостійких матеріалів, ефективних методів поверхневого зміцнення та раціональних режимів експлуатації, дозволяє суттєво підвищити ресурс зубів ковша, знизити експлуатаційні витрати і збільшити техніко-економічні показники роботи екскаваторів.