

УДК 621.87

DOI: 10.15276/pidtt.2.63.2020.03

Лаврик В. П., Суглобов В. В., Шишкін В. В., Лоза А. В.

*ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»**Підйомно-транспортна академія наук України*

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ І ДОВГОВІЧНОСТІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ЕКСКАВАТОРА ЕКГ-5**

***Анотація.** В статті розглянуті умови надійної роботи кар'єрного екскаватора ЕКГ-5 і причини виходу з ладу зубів ковшів. Проаналізовані можливі конструкції зубів ковша, що застосовуються при виїмці і вантаженні скельних порід, визначена найбільш перспективна їх конструкція. В роботі описаний спосіб підвищення довговічності зубів ковша за рахунок їх зносостійкого електродугового наплавлення. При цьому, нанесення на робочу поверхню зубів зносостійкого наплавного шару може бути здійснене ручним, напівавтоматичним і автоматичним способом.*

***Ключові слова:** екскаватор, зуби ковша, ударно-абразивний знос, зносостійкість, порошковий дріт, порошкова стрічка, наплавлення.*

**Вступ.** Основним робочим органом кар'єрного гусеничного екскаватора є ківш з укріпленими в ньому зубами. Екскаватор ЕКГ-5 призначений для виїмки і вантаження в транспорт важких скельних порід, сипких і кускових матеріалів. Робота екскаватора з тупими зношеними зубами спричиняє прискорений знос механізмів машини. При рівні граничного зносу зубів 50...60% від висоти, що виступає над різальною кромкою передньої стінки ковша, опір проникненню ковша в породу зростає до 230 %. Підвищити термін служби зубів ковша екскаватора можна шляхом вдосконалення конструкції різальної частини зубів з подальшим зміцненням їх робочої поверхні [1,2,3].

Мета роботи полягає у обґрунтуванні доцільності підвищення довговічності робочих органів кар'єрного екскаватора ЕКГ-5 з використанням зносостійкого наплавлення зубів з плоскими гранями.

### **Виклад основного матеріалу**

Кар'єрний гусеничний екскаватор ЕКГ-5 призначений для виїмки і вантаження в транспорт важких скельних порід, задалегідь розпушених вибухом. Різальним елементом екскаватора є ківш, обладнаний п'ятьма зубами (вага зуба близько 120 кг). Зуби виготовляються з марганцевистої сталі 110Г13Л, яка відрізняється високою ударною в'язкістю і зносостійкістю в наклепаному стані.



Рисунок 1 – Ківш екскаватора ЕКГ-5

В процесі експлуатації зуби ковшів піддаються посиленому ударно-абразивному зносу і вимагають частій заміни. Комплект з п'яти зубів зношується і вимагає заміни через 2-5 діб. Така низька стійкість пояснюється високою абразивністю розпушеної вибухом породи і значними питомими навантаженнями при вантаженні в транспорт [4,5].

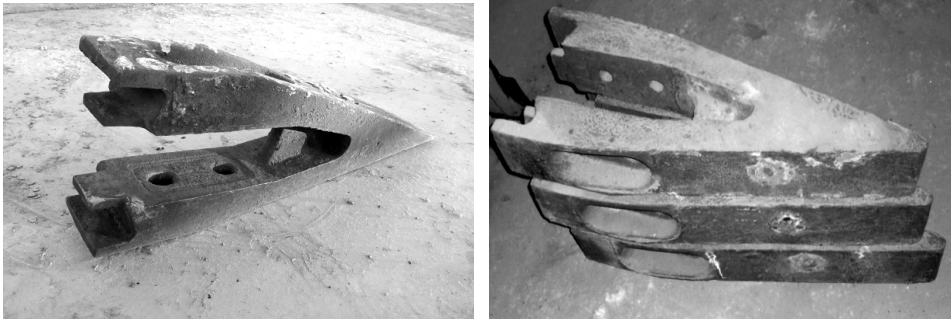


Рисунок 2 – Зовнішній вигляд нових зубів екскаватора ЕКГ-5

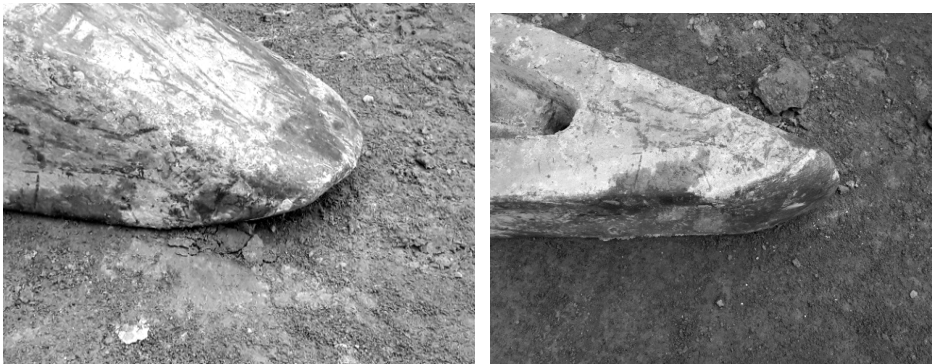


Рисунок 3 – Зовнішній вигляд зношених зубів екскаватора

На знос зубів ковша впливають наступні чинники:

- фізико-хімічні властивості сталі;
- властивості і температура ґрунту (твердість, розмір часток ґрунту, міра його однорідності);
- навантаження на зуб в процесі роботи.

Великий вплив на роботу екскаватора робить абразивність порід [6,7]. Абразивність знаходиться в прямій залежності від твердості часток ґрунту. Найбільшу абразивність мають тверді скельні породи. В деяких випадках сипкі і зв'язні ґрунти так само є високо абразивними. Причиною абразивного зносу поверхні зубів ковша є багатократна пластична деформація мікрооб'ємів металу, яка призводить до втомного руйнування, а згодом і відділення часток металу від поверхневого шару. Тривала робота екскаватора при температурі від  $+20^{\circ}\text{C}$  до  $-10^{\circ}\text{C}$  збільшує швидкість зношування зубів майже в 2 рази. Робота при температурі  $-40^{\circ}\text{C}$  сприяє збільшенню зносу в 3 рази в порівнянні з умовами роботи в теплий період.

На думку ряду дослідників знос верхньої і нижньої ділянок зубів в процесі тривалої роботи по виїмці і вантаженні скельних порід розрізняється. Верхня сторона зуба піддається ударно-абразивному зносу. В цих умовах швидкість руйнування сталі істотно уповільнюється за рахунок наклепу. Нижня грань в процесі роботи випробовує тільки абразивний знос. Зносостійкість металу тут не зростатиме і є порівняною із зносостійкістю вуглецевих сталей.

Таким чином, здатність до наклепу високо марганцевистої сталі сприятливо позначається на підвищенні зносостійкості верхньої поверхні зуба і ніяк не впливає на зносостійкість нижній.

На думку ряду авторів, виготовлення зуба ковша цілком зі зносостійкого матеріалу економічно недоцільно. Набагато ефективніше зміцнити робочі грані зубів екскаватора ЕКГ-5 нанесенням зносостійкого шару за допомогою високопродуктивного способу широкошарового електродугового наплавлення.

Крім того, підвищити термін служби зубів ковша екскаватора можна шляхом вдосконалення конструкції різальної частини зубів [8,9] з подальшим зміцненням їх робочої поверхні.

На підставі характеру руйнування зубів, теорії різання ґрунтів можуть бути запропоновані наступні конструкції:

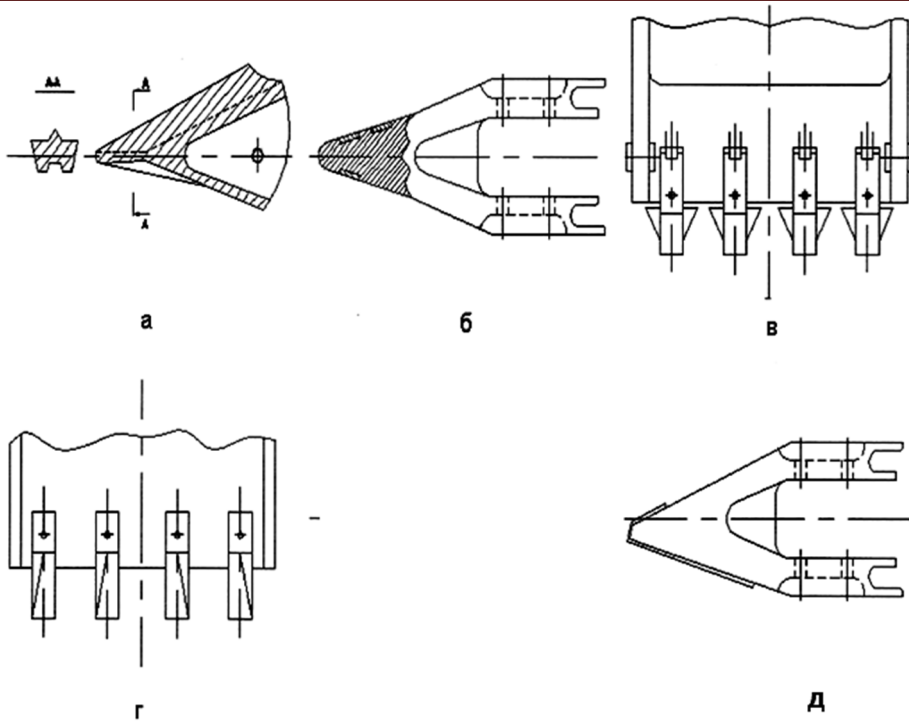


Рисунок 4 – Конструкції зубів ковша екскаватора:

а - зуб з гребенем і западиною змінної глибини; б - зуб із зносостійкими пластинами на верхній і нижній гранях, в - зуб з протекторами на бічних гранях; г - зуб з косими гребенями на верхніх гранях; д - зуб з плоскими гранями і широкошаровим наплавленням на верхній і нижній грані

На першому фрагменті (рис. 4, а) представлений зуб машини для будівельних і дорожніх робіт з гребенем і западиною змінної глибини. Наявність гребеня на передній грані сприяє збільшенню міцності різальної частини зуба і його зносостійкості. Западина на задній грані знижує площу зносу. Проте при розробці скельних порід і ґрунтів із скельними включеннями при використанні такої конструкції зуба можливі відколи, деформація і руйнування гребеня. Відновити поверхню робочого шару можна лише за допомогою ручного наплавлення.

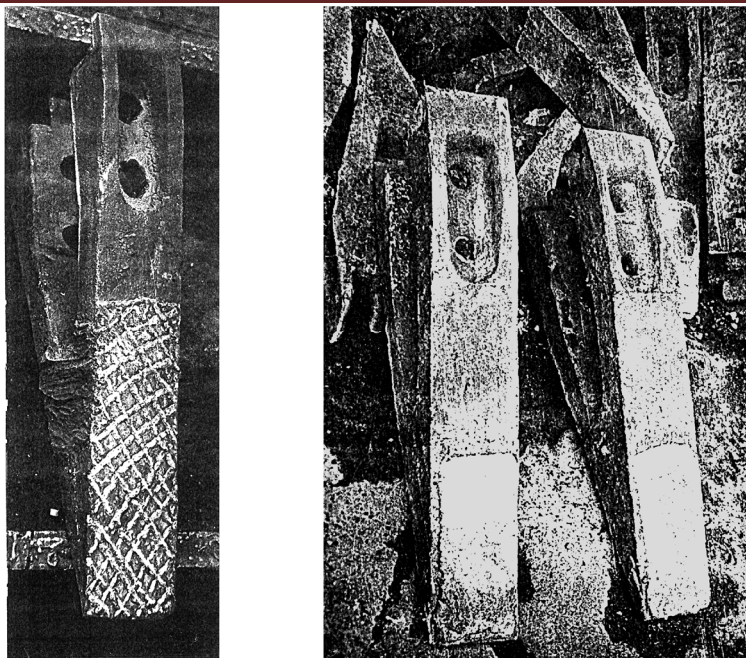
З метою підвищення експлуатаційної надійності і довговічності зубів запропоновано зміцнювати їх поверхні за рахунок розміщення зносостійких пластин в поглибленнях на поверхні зубів (рис. 4, б). На думку авторів пропозиції ця конструкція дозволяє підвищити міцність найбільш навантажених ділянок. Але в процесі виїмки і вантаження скельних порід вказані пластини можуть випадати з поглиблень або можливе їх заклинювання в поглибленнях, що ускладнює їх заміну.

Відома також конструкція зубів з протекторами (рис. 4, в) і зі зміщенням гребенів на передніх гранях (рис. 4, г). Подібні схеми сприяють зміщенню потоку ґрунту до центральної частини ковша і зменшення його втрат при завантаженні, кращому заповненню ковша. Але така конструкція зубів більше підходить до вантаження сипких матеріалів.

З приведених варіантів конструкцій зубів ковша екскаватора для виїмки і вантаження важких скельних порід найбільш перспективними є зуби з плоскими широкими гранями (рис. 4, д) з подальшим їх широкошаровим наплавленням.

Ефективним способом підвищення терміну служби зубів екскаватора є зміцнення їх робочої поверхні наплавленням зносостійкими сплавами. Відомі багато способів нанесення зносостійких покриттів при відновленні і зміцненні деталей [10,11,12]. Основними з них є: ручне дугове наплавлення покритими електродами, напівавтоматичне і автоматичне наплавлення порошковою стрічкою і автоматичне широкошарове наплавлення стрічкою суцільного перерізу по шару шихти. Вибір конкретного способу залежить від наявної кількості землерийних, дорожніх машин в організації (на підприємстві) і об'єму відновних робіт, технічної оснащеності ремонтних майстерень і служб.

Спосіб ручного дугового наплавлення є універсальним, оскільки дозволяє реалізувати ремонт зубів не лише на спеціально обладнаній ділянці, але і безпосередньо на місці роботи екскаватора, не роблячи їх демонтаж [10]. Застосування цього способу доцільне у разі наплавлення у важкодоступних місцях і при наявності нерівномірності поверхні зносу по ширині зуба. Процес відновлення і зміцнення зубів з високо марганцевистої сталі 110Г13Л має виконуватися з мінімальним тепловим вкладенням і без підігрівання. Для виконання ручного наплавлення можуть бути використані електроди марок Т-590 і Т-620. До складу легуючих елементів входить хром, кремній, марганець і інші. Товщина одного наплавленого шару складає 4-5 мм. За відсутності термічної обробки твердість наплавленого валика складає 58-64 HRC. Схема розташування наплавлених валиків на поверхні зубів може бути різною: у вигляді окремих валиків, що чергуються з проміжками, рівними ширині шва, або у вигляді «ромбів» (рис. 5, а). В останньому випадку матеріал зубів піддається меншому тепловому вкладенню. При використанні зубів, відновлених за вказаною схемою, великі тверді породи контактуватимуть з вершинами зміцнених наплавленням валиків.



а

б

Рисунок 5 – Зуби ковша екскаватора ЕКГ-5 після ручного дугового наплавлення (а) і широкошарового наплавлення (б)

Головним достоїнством способу напівавтоматичного або автоматичного наплавлення із застосуванням порошкової стрічки є висока продуктивність процесу відновлення зубів, невелика глибина проплавлення виробу і мала доля участі основного металу в напавленому [11]. Завдяки постійному переміщенню дуги по торцю стрічки глибина проплавлення основного металу є меншою, ніж при напавленні штучним електродом або дротом. Зносостійке напавлення цим способом дозволяє економно витратити дорогий напавлювальний матеріал, що містить легуючі елементи. Найбільш оптимальною шириною порошкової стрічки є 20-30 мм. Для виконання напівавтоматичного і автоматичного напавлення може бути використана порошкова стрічка марки ПЛ-АН-101, що містить хром, нікель, марганець і забезпечує твердість 50-56 HRC.

Більш високу продуктивність відновлення і зміцнення зубів має автоматичне широкошарове напавлення стрічкою суцільного перерізу по шару шихти [13,14]. В цьому випадку використовується стрічка з мало вуглецевої сталі шириною 40-60 мм і легуюча шихта. Шихта є сумішшю розмолотих феросплавів. Цей спосіб має ряд переваг:

- забезпечується безперервність процесу;
- досягається порівняно мала глибина проплавлення виробу і економна витрата легуючих елементів;
- якісно формується напавлений шар (рис. 5, б).

Для забезпечення максимальної зносостійкості зуби наплавляються з двох сторін. Пропонований спосіб відновлення і зміцнення зубів дозволяє здійснювати однопрохідне наплавлення шару товщиною 8 мм, забезпечує рівномірний розподіл тепло вкладення, високу хімічну однорідність наплавленого шару.

### Висновки

В роботі розглянуті основні види зносу зубів ковша екскаватора і причини їх виходу з ладу. Виконано аналіз існуючих конструкцій зубів ковша екскаватора і вибрана найбільш оптимальна їх конструкція. Запропоновані способи зносостійкого наплавлення можуть бути використані для збільшення терміну служби зубів і підвищення продуктивності роботи кар'єрного екскаватора.

### Список використаної літератури

1. Ветров Ю.А. Резание грунтов землеройными машинами / Ю.А. Ветров. – М. : Машиностроение, 1971 – 357 с.
2. Федоров Д.И. Надежность рабочего оборудования землеройных машин / Д.И. Федоров, Б.А. Бондарович. – М. : Машиностроение, 1981 – 280 с.
3. Подэрни Р.Ю. Горные машины и комплексы для открытых работ / Р.Ю. Подэрни. – М. : Недра, 1985 – 544 с.
4. Волков Д. П. Динамика и прочность одноковшовых экскаваторов / Д. П. Волков. – М. : Машиностроение, 1965 – 463 с.
5. Арсеньев А.И. Проектирование горных работ при открытой обработке месторождений / А.И. Арсеньев., Г.А. Холодняков – М. : Недра, 1994 – 336 с.
6. Федоров Д. И. Рабочие органы землеройных машин / Д. И. Федоров, – М. : Машиностроение, 1990 – 360 с.
7. Симаков Н.Е. Анализ загрузок на рабочее оборудование одноковшового гидравлического экскаватора / Н. Е. Симаков // Механизация строительства., 1992 – №12. – С. 11- В.
8. Дрок А. И. Новая конструкция зубьев экскаватора ЭКГ – 4 для скальных пород.// Строительные и дорожные машины. 1962. - № 9. – С. 14-15.
9. Подэрни Р.Ю. Механическое оборудование карьеров / Р.Ю. Подэрни. – М. : изд. МГГУ , 2007 – 680 с.
10. Юзвенко Ю.А., Увеличение срока службы зубьев ковшей экскаваторов наплавкой порошковой проволокой / Ю.А. Юзвенко., В.П. Шимановский., А.В. Мельник / Автоматическая сварка: междунаrodn. научн. - техн. журнал. - 1966. - №5 - С. 68-69.
11. Кравцов Т.Г. Электродуговая наплавка электродной лентой / Т.Г. Кравцов. – М. : Машиностроение, 1978 – 168 с.

12. Дудко Д.А., Наплавка и армирование зубьев ковшей экскаваторов износостойким композиционным сплавом / Д.А. Дудко., В.И. Максимович., И.В. Нетеса., П.В. Мазиенко., В.И. Зеленин. / Сварочное производство: международн. научн. - техн. журнал. - 1977.- №6.- С. 16-18.

13. Лаврик В.П., Повышение качества наплавки двумя ленточными электродами / В.П. Лаврик., Л.К. Лещинский. / Сварочное производство: международн. научн. - техн. журнал. - 1984.- №12.- С 12-14.

14. Лаврик В.П., Влияние теплофизических свойств расплава ленточного электрода на характер проплавления металла при широкослойной наплавке / В.П. Лаврик., Л.К. Лещинский., И.И. Пирч. / Сварочное производство: международн. научн. - техн. журнал. - 1985. №13.- С. 12 -14

## ENHANCEMENT OF OPERATIONAL RELIABILITY AND DURABILITY OF WORKING BODIES OF EXCAVATOR ECG-5

Lavryk V. P., Suhlovov V. V., Shishkin V. V., Loza A. V.  
*Priazovskyi State Technical University*

**Annotation.** The article discusses the conditions for reliable operation of a quarry excavator and the reasons for the failure of the bucket teeth. The main factors that significantly affect tooth wear are described. The difference in the degree of wear of the upper and lower faces of the teeth is established. An analysis of the possible designs of the bucket teeth during excavation and loading of rock, the most promising design is proposed.

It is noted that it is not economically feasible to manufacture it entirely from a wear-resistant material. The work describes a method of increasing the durability of the working bodies of the ECG-5 using wear-resistant surfacing electric arc. It is possible to apply a wear-resistant layer on the working surface of the teeth using manual, semi-automatic and automatic surfacing. The advantages and disadvantages of each of the proposed methods of hardening are compared.

**Key words:** excavator, bucket teeth, impact-abrasive wear, wear resistance, cored wire, cored tape, surfacing.