

Казмирик В.П., магістр 2-го курсу, гр. РР-49м

Науковий керівник: Піскун І.А., асистент

Кафедра гірничих технологій та будівництва ім. проф. Бакка М.Т.

Державний університет «Житомирська політехніка»

АНАЛІЗ ВПЛИВУ СТУПЕНЮ ЗНОШУВАННЯ ЗУБІВ КОВША ЕКСКАВАТОРА НА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ЕКСКАВАЦІЙНИХ РОБІТ

Екскаваторне виймання скельних порід у кар'єрах залишається однією з найенергоємніших ланок відкритих гірничих робіт. Це особливо помітно в умовах сучасного гірничо-видобувного комплексу України, який функціонує на фоні значної зношеності основних фондів, високої залежності від енергоресурсів та зростання екологічних вимог. На багатьох родовищах, зокрема при відпрацюванні гранітів та кварцитів, навіть після якісної буро-вибухової підготовки спостерігається підвищена енергоємність процесу екскавації, що безпосередньо пов'язано зі зносом робочих органів екскаваторів, насамперед коронок зубів ковша [1].

Об'єктом дослідження у роботі є процес виймання розпушеної вибухом гірничої маси при відкритій розробці родовищ, а предметом – закономірності зношування робочих коронок зубів екскаваторів і пов'язана з цим енергоємність процесу екскавації скельних порід.

Таке фокусування дозволяє локалізувати одну з ключових причин надлишкових енергозатрат – деградацію геометрії ріжучих елементів, яка з часом призводить до зростання опору різанню та погіршення умов заповнення ковша.

Метою дослідження є обґрунтування технічних рішень щодо зниження енергомісткості процесу виймання розпушеної вибухом гірничої маси шляхом оптимізації конструкції коронок зубів екскаватора. Для досягнення цієї мети послідовно виконано аналіз фізико-механічних властивостей гірських порід, досліджено закономірності зношування коронок при роботі в міцних скельних масивах, сформовано підхід до зменшення енергозатрат через зміну геометрії робочих органів та перевірено ефективність запропонованих рішень за допомогою числового моделювання та розрахунків енергомісткості [2].

Числове моделювання процесів екскавації виконано у середовищі Autodesk Inventor, що дало змогу відтворити зміну напружено-деформованого стану та силових навантажень на робочі органи в залежності від їхнього зносу та властивостей породи.

Ключовим елементом методики є формалізація геометрії зношеної коронки через систему розмірів, які описують як нижню, так і верхню частини поверхні зносу. Це дозволяє пов'язати фактичний профіль зносу з обсягом екскавованої гірничої маси і, відповідно, з енергетичними показниками роботи механізмів напорю та підйому екскаватора (рис.1).

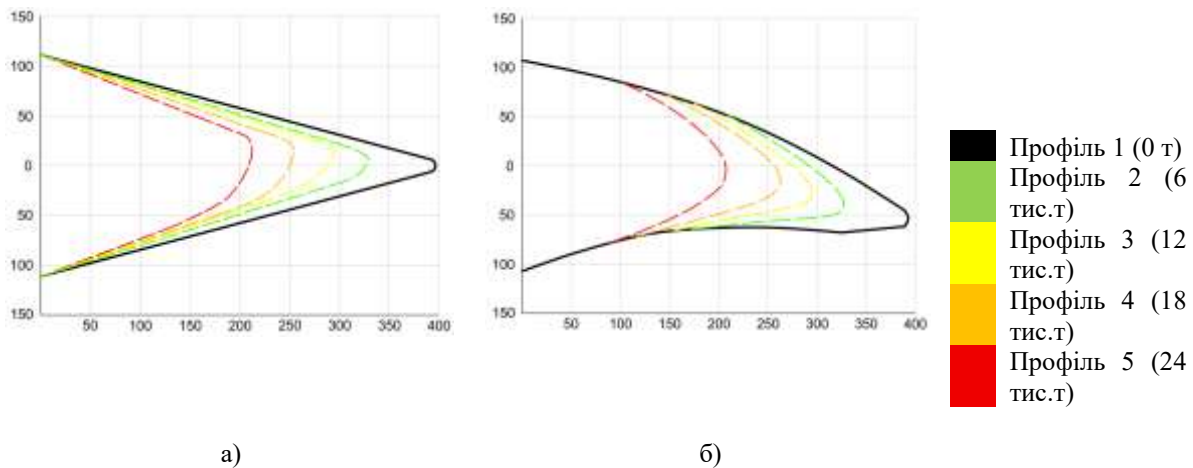


Рис. 1. Зміна профілю головної частини клинової (а) та самозаточувальної (б) коронок після екскавації скельної породи вказаного об'єму

Для кількісної оцінки енергоефективності застосовано показник середньозваженої потужності цих механізмів, розрахований з урахуванням потужності та тривалості виконання окремих фаз екскаваційного циклу (заповнення ковша, його розвантаження та повернення до вибою).

Такий підхід дозволяє перейти від якісного опису «важче/легше копає» до формалізованої енергетичної оцінки, придатної для порівняння різних конструктивних рішень.

Результати розрахунків для традиційних клиноподібних коронок підтвердили, що зі збільшенням ступеня їхнього зносу відбувається суттєва деградація різальної здатності. Формування заокругленого, тупого профілю ріжучої кромки та збільшення площі контакту з породою приводить до зростання сил

опору, що безпосередньо відображається на збільшенні середньозваженої потужності механізмів напору та підйому. Цей ефект посилюється при роботі з розпушеною вибухом гранітною масою, для якої характерні значні фрагменти та підвищена абразивність [3].

Таким чином, зношування традиційних коронок виступає одним із ключових чинників неконтрольованого росту енергоємності екскавації впродовж міжремонтного інтервалу. На цьому фоні в роботі обґрунтовано доцільність застосування самозаточувальних коронок зубів екскаватора як конструктивного рішення, що дозволяє уповільнити деградацію геометрії робочої кромки. Такі коронки виготовляються з високоміцних легованих сталей із вмістом вуглецю орієнтовно 0,3–0,5 %, хрому 1,0–2,5 %, молібдену 0,2–0,5 %, марганцю 0,8–1,2 % і кремнію 0,2–0,5 %, що забезпечує підвищену твердість і зносостійкість при збереженні достатньої в'язкості. Конструктивна схема передбачає такий розподіл матеріалу та форму поперечного перерізу, за яких у процесі природного зношування відбувається постійне «оновлення» гострої ріжучої кромки, а профіль коронки залишається наближеним до оптимального.

Моделювання показало, що зміна довжини модифікованого зубця в залежності від обсягу екскавованої скельної маси залишається якісно подібною для обох типів коронок, проте профіль самозаточувальної коронки зберігає геометричну симетричність та гостроту ріжучої кромки, тобто реалізується ефект «самозаточування». Це веде до стабілізації умов різання та обмеження приросту сил опору при збільшенні обсягу відпрацьованої маси.

З енергетичної точки зору це проявляється у більш рівномірному характері зміни середньозваженої потужності механізмів напору та підйому з нарощуванням тоннажу, що пройшов через ківш з самозаточувальними коронками, порівняно з традиційними клиноподібними (рис.2). Хоча конкретні числові значення ефекту залежать від типу породи, параметрів екскаватора та режиму роботи, результати моделювання та розрахунків однозначно свідчать про зниження енергоємності процесу екскавації при переході до самозаточувальних коронок та уповільнення зростання енергетичних витрат у міру зносу робочих органів.

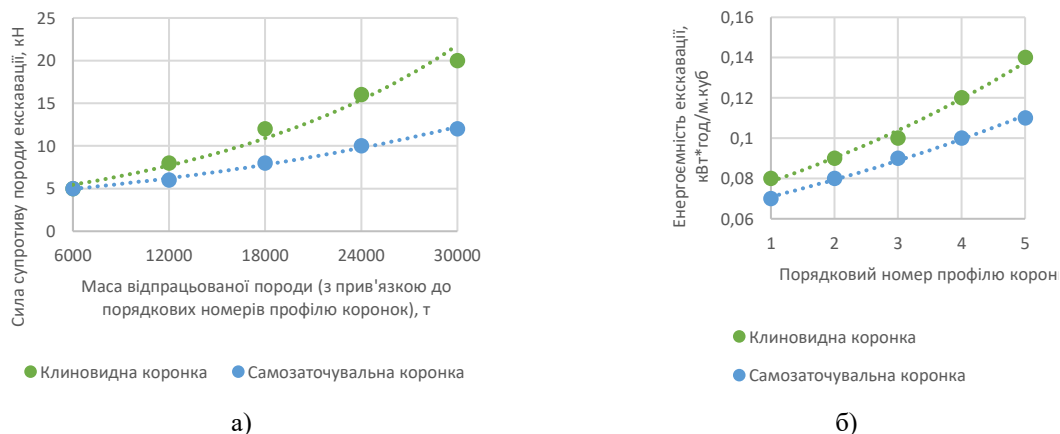


Рис. 2. Залежність опору породи вийманню підірваної гірничої маси при використанні різних типів коронок (а) та енергоємність процесу екскавації при використанні класичної клинової та самозаточувальної коронок (б)

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що запропоноване конструктивне рішення не вимагає радикальної модернізації всього екскаваторного комплексу, а концентрується на відносно дешевій ланці – зміні конструкції коронок зубів. Зниження енергоємності екскавації, продовження ресурсу коронок та скорочення простоїв на їхню заміну в сукупності забезпечують економічний ефект, який має особливу вагу в умовах високої вартості енергоресурсів та обмежених інвестиційних можливостей гірничих підприємств.

Узагальнюючи, дослідження демонструє, що цілеспрямована оптимізація конструкції коронок зубів екскаватора, зокрема шляхом застосування самозаточувальних рішень на основі високоміцних легованих сталей, є дієвим інструментом зниження енергоємності процесу виймання розпушеної вибухом гірничої маси. Запропонований підхід поєднує геометричне моделювання зносу, енергетичний аналіз екскаваційного циклу та практично орієнтоване конструкторське рішення, що робить його придатним до впровадження в рамках модернізації гірничих підприємств України.

Список використаної літератури:

1. Матвійченко, В. С. (2008). Про підвищення зносостійкості лемішних робочих органів ґрунтообробних машин. Вісник ННЦ «ІМЕТ», (83), 83–87. <https://dspace.kntu.kr.ua/bitstream/123456789/2160/1/14.pdf>
2. Денисенко, М., & Опальчук, А. (2011). Зношування та підвищення довговічності робочих органів сільськогосподарських машин. Вісник ТНТУ, (Спецвипуск), 201–210. https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/123456789/1442/2/TNTUB_2011_Special1-Denysenko_M_Opalchuk_A-Wear_of_inckease_durability_and_element_tool_201.pdf
3. Ветров, Ю. А. (2018). Теорія взаємодії ріжучих органів із гірською породою: монографія. Київ: Інститут геотехнічної механіки НАН України. 356 с.