

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Бельтек Микита Ігорович

УДК 622.271

**ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ВІДПРАЦЮВАННЯ
РОЗКРИВНИХ ТА ВИДОБУВНИХ УСТУПІВ КАР'ЄРУ ВІКНИНСЬКОГО
РОДОВИЩА КАОЛІНІВ**

Спеціальність – 184 «Гірництво»

АВТОРЕФЕРАТ
магістерської дисертації на здобуття ступеня магістра

Київ 2019

Дисертація є рукопис:

Робота виконана на кафедрі геоінженерії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Науковий керівник: проф., д.т.н., доц. Фролов О. О., Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Рецензенти

Захист відбудеться «___» _____ 20__ р. о ___ на кафедрі геоінженерії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» за адресою: м. Київ, вул. Борщагівська 115, к.22, ауд. 511.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Різноманітність типів екскаваторів і транспортних засобів, що використовуються в широкому діапазоні гірничо-геологічних умов, викликає необхідність застосування великої кількості різних технологічних схем ведення гірничих робіт. Удосконалення технологічних схем відробки уступів на кар'єрах і поліпшення показників роботи гірничодобувних підприємств можливі на основі оптимізації параметрів і елементів систем розробки, а також якісних та кількісних співвідношень основного і допоміжного обладнання в різних гірничотехнічних умовах.

На Вікнинському родовищі каолінів технологічна схема відпрацювання уступів є застарілою, оскільки вона обрана не за критеріями досягнення найкращих техніко-економічних показників за собівартістю, трудомісткістю, приведеними витратами і продуктивністю обладнання. У ній не відображується загальна організація розкривних і видобувних робіт та взаємозв'язок окремих процесів між собою.

Тому обґрунтування технологічних схем відпрацювання розкривних та видобувних уступів кар'єру Вікнинського родовища каолінів є актуальним.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Магістерську дисертацію виконано на кафедрі геоінженерії Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» відповідно до наукових досліджень кафедри геоінженерії і є частиною НІР «Наукові основи ресурсозберігаючих технологій гірництва та геотехнічного будівництва» (№ДР 0115U005398).

Метою роботи є розробка та обґрунтування заходів щодо удосконалення технологічних схем відпрацювання розкривних та видобувних уступів родовища каолінів.

Основними задачами досліджень є:

1) проаналізувати відомі технологічні схеми відпрацювання розкривних та видобувних уступів;

2) встановити вплив параметрів розташування обладнання у просторі на його продуктивність;

3) обґрунтувати раціональні технологічні схеми відпрацювання розкривних та видобувних уступів кар'єру Вікнинського родовища каолінів на основі порівняння продуктивності обладнання в залежності від його розташування;

4) розглянути стартап-проект впровадження технологічних схем розробки уступів на кар'єрі Вікнинського родовища каолінів.

Об'єкт дослідження – виймально-навантажувальні процеси видобутку корисних копалин відкритим способом.

Предмет дослідження – технологічні схеми відробки уступів на кар'єрі.

Методи дослідження: науковий аналіз – для узагальнення наукових досягнень в сфері технологічних схем гірничих робіт на кар'єрах; теоретичних досліджень – для обґрунтування ефективності відпрацювання видобувних та розкривних уступів за існуючими технологічними схемами; аналітичний – для визначення продуктивності екскаваторно-автомобільного комплексу залежно від кута повороту екскаватора на розвантаження; економічного аналізу стартапу – для підтвердження ефективності виконаних досліджень.

Наукова новизна одержаних результатів:

– теоретично підтверджена ефективність технологічних схем, в яких кут повороту екскаватора на навантаження менший;

– доведено, що продуктивність технологічних схем в яких кут повороту екскаватора на навантаження рівний 30° в 2 рази більша ніж при застосуванні схем в яких кут повороту складає 180° ;

– обґрунтована петльова схема подачі автосамоскиду під навантаження для підвищення продуктивності автосамоскида.

Практичне значення одержаних результатів:

– запропоновано раціональні технологічні схеми, які дозволяють підвищити продуктивність екскаваторно-автомобільного комплексу;

– рекомендовано розташування екскаватору в вибої таким чином, щоб зменшити кут навантаження у автосамоскид, також рекомендовано подавати автосамоскид нижче рівня стояння екскаватора за петльовою схемою.

Апробація результатів магістерської дисертації.

Основні положення та окремі результати роботи доповідалися та обговорювалися на V Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів» (м. Житомир, 18-19 квітня 2018 року), на I Міжнародній науково-технічній конференції "Проблеми геоінженерії та підземної урбаністики", (м. Київ, 29-31 травня 2019 р., ІЕЕ КПІ ім. І. Сікорського), на II науково-технічній конференції магістрантів ІЕЕ присвяченій пам'яті професора Василя Миколайовича Винославського.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, 4 розділів, висновків і списку використаних джерел. Загальний обсяг дисертації становить ___ сторінок з ___ рисунками, ___ таблицями, списком літературних джерел з ___ найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність обраного напрямку науково-технічного дослідження щодо застосування ефективних технологічних схем гірничих робіт на кар'єрах. Наведені основні показники гірничих робіт, на основі яких можливе удосконалення технологічних схем відробки уступів на кар'єрах. Зазначені критерії вибору технологічних схем відробки уступів м'яких порід.

У **першому розділі** проведено детальний розгляд існуючих технологічних схем відпрацювання розкривних та видобувних уступів та їх параметрів. Незважаючи на наукові дослідження в даному напрямку, питання раціонального просторового розташування обладнання в технологічній схемі дослідженні не в повній мірі.

Зазначено, що однією з багатьох переваг застосування технологічних схем з використанням екскаватора типу зворотна лопата є можливість його розміщення на різному рівні відносно висоти вибою. Однак, запропоновані технологічні схеми не доказують їхньої ефективності при розробці на розкривних та видобувних уступах.

За результатами аналізу існуючих наукових досліджень встановлено, що необхідно науково обґрунтувати доцільність застосування тих чи інших технологічних схем для розробки розкривних та видобувних уступів, та встановити залежність просторового розміщення обладнання з їхньою продуктивністю.

У другому розділі представлена загальна характеристика району родовища та умов видобутку корисних копалин, наведена геологічна, гідрогеологічна і технологічна характеристика родовища та стан гірничих робіт на кар'єрі Вікнинського родовища каолінів, як основного об'єкту проведення експериментальних досліджень та впровадження їх результатів.

Значення потужності корисних копалин коливається в межах від 2,0 до 46,6 м, та в середньому складають – 20,7 м.

Балансові запаси корисної копалини за категоріями та різновидами каолінів наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Балансові запаси Вікнинського родовища каолінів, тис. т

Категорія запасів	Каоліни первинні	Каоліни вторинні	Разом
C ₁	16638,417	-	16638,417
C ₂	33181	1534	34715
C ₁ + C ₂	49819,417	1534	51353,417

За результатами досліджень проб корисних копалин каоліни відносяться вогнетривкої сировини. Вогнетривкість яких складає 1700°C. Незбагачені

каоліни мають дуже низьку механічну міцність. Тому вони потребують збагачення для використання в керамічній та інших різних галузях. За результатами аналізу відібраних проб вихід збагаченого каоліну змінюється в широких межах, від 15,00% до 94,12%, середнє значення складає 54,83%. Збагачений каолін відповідає вимогам ДСТУ Б А.1.1–37-94.

Відпрацювання порід розкриву та корисних копалин проводиться за прийнятою транспортною системою розробки із застосуванням в якості виймально-навантажувального обладнання екскаваторів типу зворотна лопата з ємністю ковша від 2,0 до 3,5м³. В якості робочого обладнання на кар'єрі Вікнинського родовища каолінів використовується екскаватори типу Volvo, CAT, Hitachi, які працюють в комплексі з автосамоскидами FAW з вантажопідйомністю 20 тонн, інвентарний парк яких складає 11 шт.

Для розробки та ґрунтово-рослинного шару використовується бульдозер ДЗ-110А, який складає його в окремий відвал в межах ліцензійної площі.

Відсіпання порід розкриву у відвал здійснюється двома ярусами. Площа відвалу становить 2,11 га.

Прийнятий режим роботи кар'єру цілорічний, кількість змін на добу – 2, тривалість зміни – 11 годин. Кількість змін у році – 555. Тривалість робочих змін з рекультивації земель складає 8 годин.

Річна продуктивність з видобутку первинних каолінів становить 800 тис.т/рік. Передбачається поступове підвищення виробничої потужності протягом десяти років з 160 тис.т/рік до 800 тис.т/рік.

Строк існування кар'єру, виходячи з річної продуктивності по видобутку каолінів та проектних запасів корисних копалин, складає 54,15 років.

Основні параметри систем розробки визначаються геологічними, гірничотехнічними умовами розробки родовища, досвідом експлуатації, гірничотранспортним обладнанням та рекомендаціями СОУ-Н МПП 73.020-078-1:2007 «Норми технологічного проектування гірничодобувних підприємств з відкритим способом розробки родовищ корисних копалин».

Основні параметри розробки представлені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Параметри системи розробки

Показник	Одиниці виміру	Значення показника
Середня висота видобувного уступу	м	2,5
Висота розкривних уступів:		
- чорнозему	м	1
- зовнішнього розкриву	м	2,5
Довжина поперечної технологічної заходки	м	від 15 до 48
Ширина екскаваторної заходки	м	від 7 до 12
Кут укосу робочого уступу по розкриву	градус	60
Кут укосу робочого уступу з видобутку	градус	60
Кут стійкого укосу уступу по розкриву	градус	30
Кут стійкого укосу уступу з видобутку	градус	40
Результуючий кут укосу борту на момент погашення гірничих робіт	градус	21
Кут укосу ярусу відвалу	градус	20
Максимально допустима висота ярусу відвалу	м	15
Результуючий кут укосу відвалу	градус	17
Мінімальна ширина запобіжних берм	м	6,0
Мінімальна ширина транспортних берм	м	16,0
Максимальна висота штабеля ґрунтового шару	м	10

Усі гірничі роботи на підприємстві виконуються відповідно до вимог законодавства України, державних будівельних норм і правил, стандартів. Основою є наступні документи: Гірничий Закон України, 1999 р.; Кодекс України про надра, 1994 р.; НПАОП 0.00-1.24-10 «Правила охорони праці при розробці родовищ корисних копалин відкритим способом».

Організація робіт з техніки безпеки повинна відповідати вимогам Закону України про охорону праці, а також вимогам НПАОП 0.00-1.24-10 «Правила охорони праці при розробці родовищ корисних копалин відкритим способом».

Відповідальність за організацію роботи з охорони праці й техніки безпеки, проведення заходів щодо зниження й попередження виробничого травматизму, професійних захворювань покладається на керівника підприємства.

В третьому розділі виконано обґрунтування вибору технологічної схеми на основі підвищення продуктивності виймально-навантажувального та транспортного обладнання. Згідно робочого проекту розробки Вікнинського родовища каолінів розкривні та видобувні роботи проводяться із застосуванням наявного обладнання, а саме екскаватора типу зворотна гідравлічна лопата Volvo EC460 у комплексі з автосамоскидом FAW.

Для відпрацювання розкривних уступів пропонуються наступні технологічні схеми:

1-й варіант – екскаватор відпрацьовує вибій нижнім черпанням з навантаженням на рівні стояння (рис.1);

2-й варіант – екскаватор відпрацьовує вибій нижнім черпанням з навантаженням нижче рівня стояння (рис. 2):

3-й варіант – екскаватор відпрацьовує вибій нижнім та верхнім черпанням з навантаженням нижче рівня стояння (рис. 3).

Експлуатаційна продуктивність екскаватора залежить від обладнання, фізико-механічних властивостей гірських порід та параметрів вибою та розраховується за формулою:

$$Q_p = Q_T \cdot T_{зм} \cdot n_p \cdot k_{в,р}, \text{ м}^3/\text{рік} \quad (1)$$

де Q_T – технічна продуктивність, $\text{м}^3/\text{год}$; $T_{зм}$ – тривалість робочої зміни, год; n_p – кількість робочих змін у році, визначається як добуток кількості робочих змін на добу та кількості робочих днів, згідно режиму робіт; $k_{в,р}$ – коефіцієнт використання екскаватора в часі протягом року, $k_{в,р} = 0,6$.

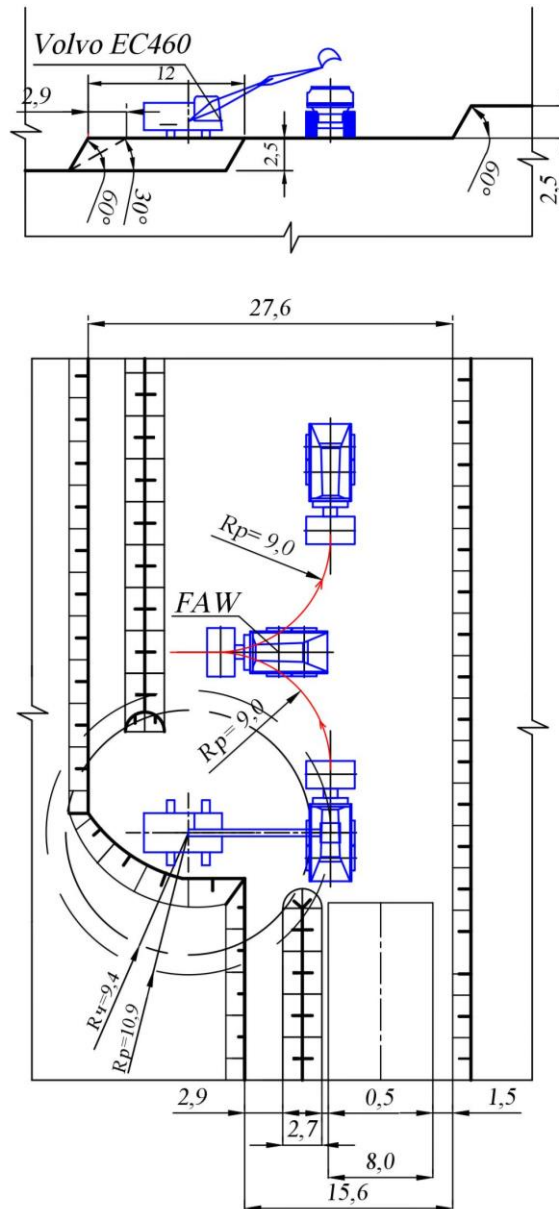


Рисунок 1 – Технологічна схема відпрацювання вибою розкривного уступу екскаватором нижнім черпанням з навантаженням на рівні стояння

Технічна продуктивність розраховується наступним чином:

$$Q_T = Q_{\Pi} \cdot k_e \cdot k_3, \text{ м}^3/\text{ГОД} \quad (2)$$

де Q_{Π} – паспортна продуктивність, $\text{м}^3/\text{ГОД}$; k_3 – коефіцієнт впливу параметрів вибою; k_e – коефіцієнт екскавації:

$$k_e = \frac{k_{н.к}}{k_{р.к}} \quad (3)$$

де $k_{н.к}$ – коефіцієнт наповнення ковша, $k_{н.к} = 1$; $k_{р.к}$ – коефіцієнт розпушення гірничої маси в ковші, $k_{р.к} = 1,2$.

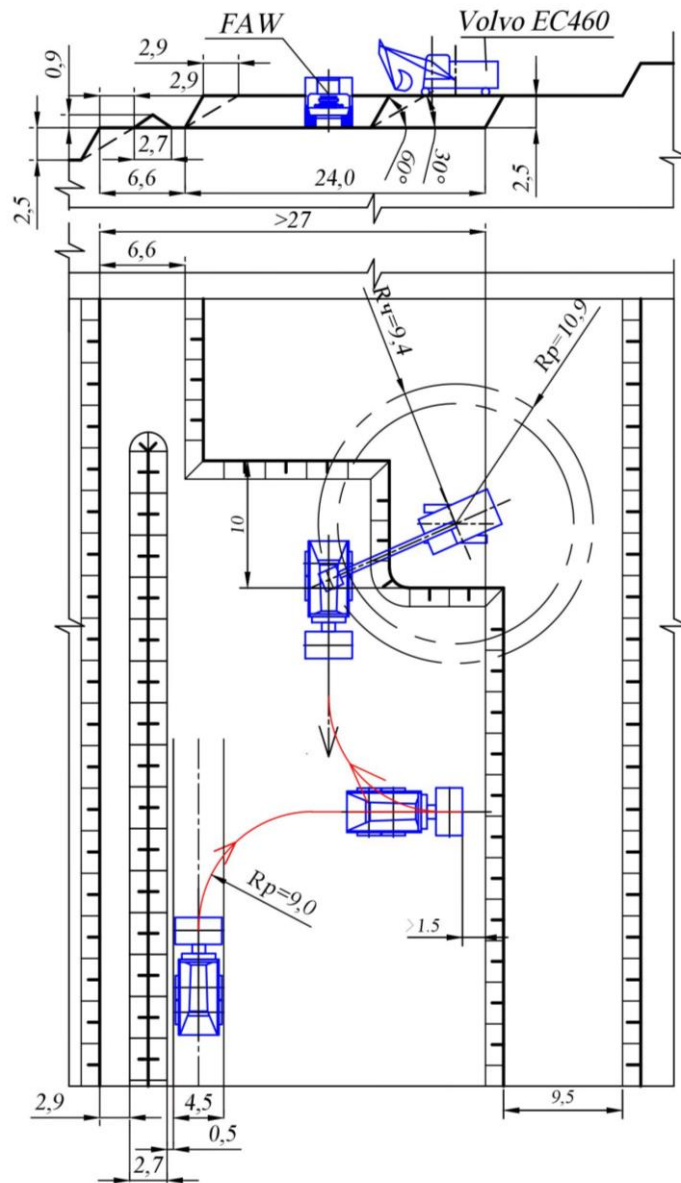


Рисунок 2 – Технологічна схема відпрацювання вибою розкривного уступу екскаватором нижнім черпанням з навантаженням нижче рівня стояння

$$k_3 = k_h \cdot k_\alpha \cdot k_{нав} \cdot k_k \quad (4)$$

де k_h - коефіцієнт, що враховує вплив висоти вибою на заповнення ковша екскаватора, $k_h = 0,95$; k_α – коефіцієнт, що враховує вплив кута повороту

екскаватора на розвантаження; $k_{\text{нав}}$ – коефіцієнт, що враховує умови навантаження породи в транспортні засоби; k_k – коефіцієнт, що враховує кваліфікацію машиніста, $k_k = 0,85$.

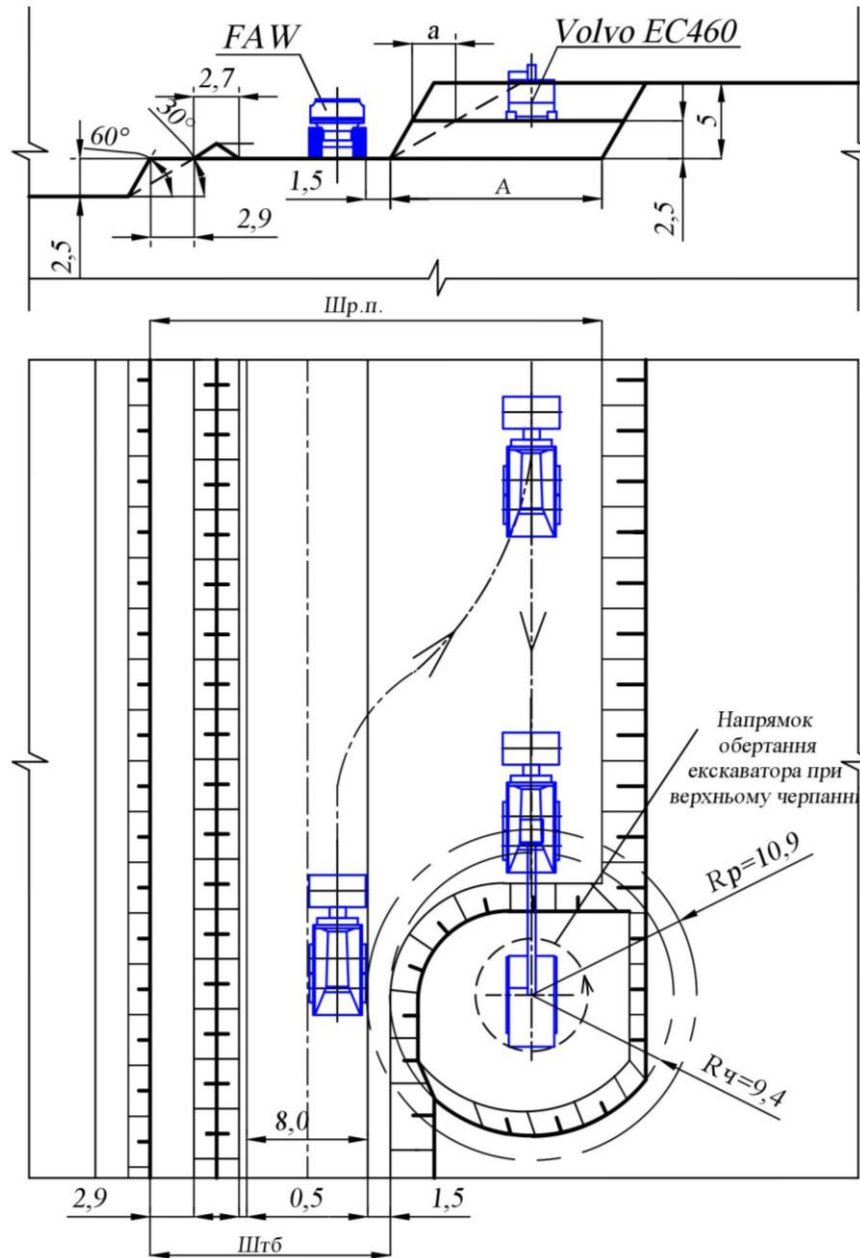


Рисунок 3 – Технологічна схема відпрацювання вибою розкривного уступу екскаватором нижнім та верхнім черпанням з навантаженням нижче рівні
СТОЯННЯ

Паспортна продуктивність розраховується:

$$Q_{\text{п}} = \frac{3600 \cdot E}{t_{\text{ц}}}, \text{ м}^3/\text{ГОД} \quad (5)$$

де E – ємність ковша екскаватора, м^3 . Ємність ковша Volvo EC460BLC становить $E = 2,1 \text{ м}^3$; $t_{\text{ц}}$ – паспортна тривалість циклу, с. Тривалість циклу дорівнює $t_{\text{ц}} = 15\text{с}$.

В роботі також запропоновано до застосування технологічні схеми для відпрацювання добувних уступів. Виконано їх розрахунок та встановлені основні параметри.

На рис. 4 представлена зміна технічної продуктивності екскаватора в залежності від кута його повороту на розвантаження та місця подачі автосамоскида під навантаження.

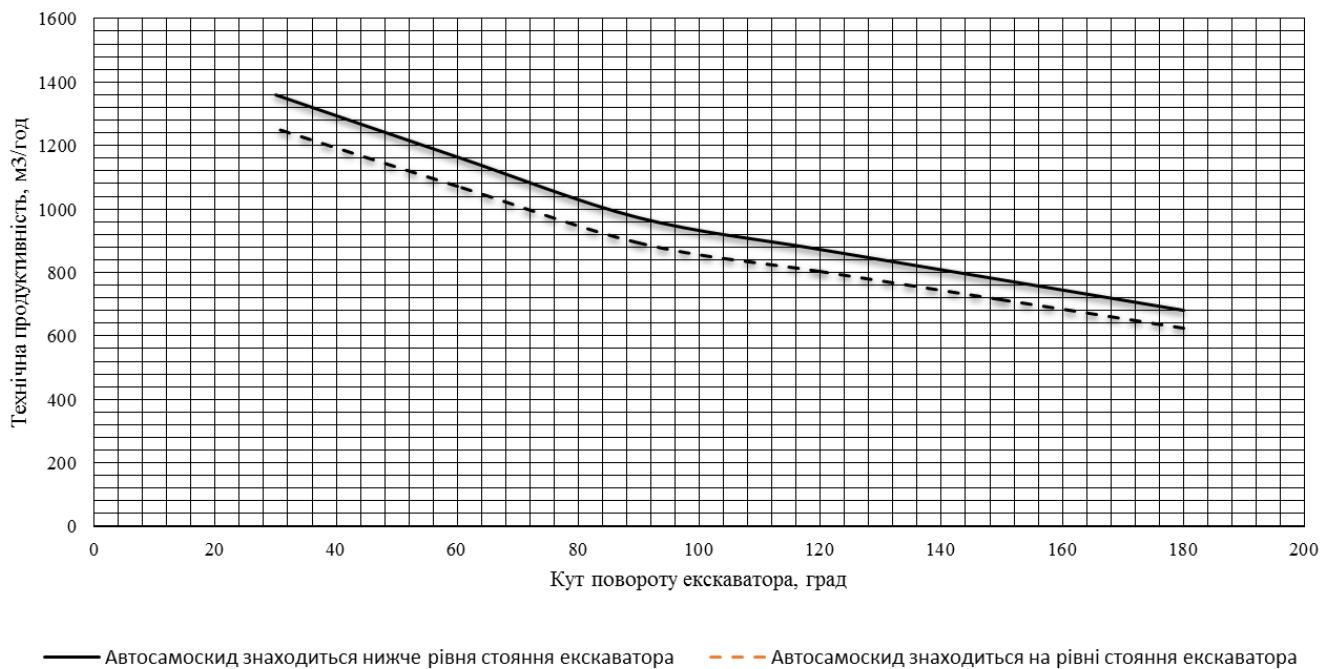


Рисунок 4 – Залежність продуктивності екскаватора від кута повороту на розвантаження.

Аналіз рис. 4 показує, що зі збільшенням куту повороту екскаватора продуктивність його зменшується. Також з графіку видно, що продуктивність більше для випадку коли автосамоскид знаходиться нижче рівня стояння екскаватора.

В четвертому розділі виконано стартап-проект щодо обґрунтування та впровадження ефективних технологічних схем відпрацювання розкривних та видобувних уступів на кар'єрі Вікнинського родовища каолінів. Доведено, що стартап-проект впровадження технологічних схем гірничих робіт має попит на ринку гірничих технологій. У зв'язку з цим можлива ринкова комерціалізація отриманих результатів науково-технічних досліджень. У впровадженні результатів магістерської дисертації з визначенням експлуатаційної продуктивності екскаватора залежно від параметрів вибою, кута повороту екскаватора на навантаження та від місця подачі автосамоскиду зацікавлені потенційні споживачі.

Проведено аналіз конкурентних можливостей та SWOT-аналіз можливих загроз, встановлені сильні сторони та слабкі місця стартап-проекту реалізації технологічних схем відпрацювання уступів м'яких порід.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що незважаючи на наукові дослідження в даному напрямку, питання раціонального просторового розташування обладнання в технологічній схемі дослідженні не в повній мірі. Зазначено, що однією з багатьох переваг застосування технологічних схем з використанням екскаватора типу зворотна лопата є можливість його розміщення на різному рівні відносно висоти вибою. Однак, запропоновані технологічні схеми не доказують їхньої ефективності при розробці на розкривних та видобувних уступах.

2. Відпрацювання порід розкриву та корисних копалин проводиться за прийнятою транспортною системою розробки із застосуванням в якості виймально-навантажувального обладнання екскаваторів типу зворотна лопата з ємністю ковша від 2,0 до 3,5м³. В якості робочого обладнання на кар'єрі Вікнинського родовища каолінів використовується екскаватори типу Volvo,

САН, Hitachi, які працюють в комплексі з автосамоскидами FAW з вантажопідйомністю 20 тон, інвентарний парк яких складає 11 шт.

3. Встановлено, що експлуатаційна продуктивність екскаватора залежить від обладнання, фізико-механічних властивостей гірських порід та параметрів вибою, а саме від куту повороту екскаватора на навантаження, та від місця подачі автосамоскиду.

4. Ефективність застосування технологічних схем в яких подача автотранспорту відбувається нижче рівня екскаватора стояння більша, ніж при подачі автосамоскида на рівні стояння. Показано, що ефективність технологічних схем з подачею автосамоскиду під навантаження нижче рівня екскаватора стояння в 1,1 разів більша ніж при подачі на рівні стояння.

5. Встановлено, що продуктивність екскаватор збільшується при зменшенні кута повороту екскаватора на навантаження. При застосуванні технологічних схем з кутом повороту на навантаження 30° продуктивність в 2 рази більша ніж при застосуванні технологічних схем з кутом повороту 180° .

6. Результати розрахунків показали, що ефективність технологічних схем, в яких подача автосамоскиду відбувається при петльовій схемі більша ніж при тупіковій схемі. Річна кількість авто-тонн на самоскид більша при петльовій схемі в 1,04...1,14 разів в порівнянні з тупіковою схемою.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ

1. Бельтек М.І. Встановлення залежності співвідношення між місткістю кузова автосамоскида і місткістю ковша екскаватора від відстані транспортування гірничої маси на кар'єрах / М.І. Бельтек // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів” – Житомир: ЖДТУ. –2018. – С.14-16.

2. Бельтек М.І. Обґрунтування технологічних схем відпрацювання розкривних та видобувних уступів кар'єру Вікнинського родовища каолінів / М.І. Бельтек // II науково-технічна конференція магістрантів ІЕЕ присвячена пам'яті професора Василя Миколайовича Винославського, 21-22 листопада 2019 р./ ІЕЕ КПІ ім. І. Сікорського.– м. Київ, 2019.

3. Бельтек М.І. Встановлення закономірностей руйнування природно порушених скельних масивів вибухом / О.О. Фролов, М.І. Бельтек // Вісник ЖДТУ / Технічні науки. – 2019. – №1(83). – С. 283-288.

4. Бельтек М.І. Встановлення впливу швидкості поширення хвиль напружень у природно порушеному масиві на руйнування гірських порід вибухом / М.І. Бельтек, О.О. Фролов // Матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених “Перспективи розвитку гірничої справи та раціонального використання природних ресурсів” – Житомир: ЖДТУ. –2019. – С.23-26.

АНОТАЦІЯ

Бельтек М.І. Обґрунтування технологічних схем відпрацювання розкритих та видобувних уступів кар'єру Вікнинського родовища каолінів. – Рукопис

Дисертація на здобуття наукового ступеня магістра за спеціальністю 184 «Гірництво». – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, 2019.

Дисертація присвячена встановленню науково-технічних засад розрахунку технологічних схем відпрацювання уступів кар'єру. В роботі встановлено, що експлуатаційна продуктивність екскаватора залежить від обладнання, фізико-механічних властивостей гірських порід та параметрів вибою, а саме від куту повороту екскаватора на навантаження, та від місця подачі автосамоскиду.

Доведено, що продуктивність екскаватор збільшується при зменшенні кута пороту екскаватора на навантаження. При застосуванні технологічних схем з кутом повороту на навантаження 30° продуктивність в 2 рази більша ніж при застосуванні технологічних схем з кутом повороту 180° .

Результати розрахунків показали, що ефективність технологічних схем, в яких подача автосамоскиду відбувається при петльовій схемі більша ніж при тупиковій схемі. Річна кількість авто-тон на самоскид більша при петльовій схемі в 1,04...1,14 разів в порівнянні з тупиковою схемою.

Ключові слова: технологічна схема, кар'єр, екскаватор, уступ, каолін, продуктивність, вибій.