

costs for the production of overburden developing. The necessity of further research of the optimal parameters of the technological scheme for the overburden rock development and their transportation to the dump, as well as assessing the economic effectiveness of the application for this scheme had been identified.

The scientific. The dependence of the theoretical productivity of the bucket-wheel excavators on the resistance to digging of the overburden rock was determined under the conditions of the Motronovsky-Annovsky section of the Malyshevsky placer deposit of titanium-zirconium ores. A new technological scheme for transporting overburden to internal dumps is proposed.

Practical significance. An effective technological scheme for the development of overburden rocks of flooded placer deposits with the use of bucket-wheel excavator, and a new design of conveyor lines that allow us to reduce the transportation distance and the costs of developing soft overburden in conditions of flooded placer deposits is justified for the first time.

Key-words: *placer watered deposit, quarry, technological scheme, bucket-wheel excavator, conveyor transport, overburden.*

УДК 622.271

© Б.Ю. Собко, М.О. Чебанов

ВПЛИВ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГІРСЬКИХ ПОРІД НА ШИРИНУ ЗАХОДКИ ЕКСКАВАТОРА ДРАГЛАЙНА ПРИ НАВАНТАЖЕННІ АВТОСАМОСКИДІВ

© B. Sobko, M. Chebanov

INFLUENCE OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF SOILS ON CUT WIDTH OF A DRAGLINE WHILE TRUCK LOADING

Мета. Визначити максимальні та мінімальні значення берми безпеки та ширини заходки для різних за фізико-механічними властивостями гірських порід, при схемах роботи екскаватора драглайна з розвантаженням в автосамоскид.

Методика дослідження. Для встановлення значення безпечної ширини заходки драглайна для різних гірських порід застосовано аналітичний та математичний методи дослідження. При розробленні схем розвантаження драглайну в автосамоскиди застосовано метод комп'ютерного моделювання.

Результати дослідження. Визначені максимальні і мінімальні допустимі значення ширини заходки та берми безпеки при різних схемах роботи драглайнів, для різних за фізико-механічними властивостями гірських порід. Для схем видобутку пісків глауконітових екскаваторами типу драглайн ЕШ 10/50 із відвантаженням їх в автосамоскиди встановлено максимальне значення ширини заходки – 79 м. Та мінімальне значення ширини заходки 16,5 м, для найменш щільних порід.

Наукова новизна. Для досліджень параметрів вибою роботи екскаватора драглайна в комплексі з автосамоскидами, були визначені основні типові гірські породи, що розробляються такими комплексами. Встановлено характер впливу фізико-механічних властивостей

гірських порід на значення ширини заходки екскаватора. Розроблено алгоритм визначення берми безпеки та ширини заходки, який дозволяє визначити їх максимальні та мінімальні значення за умовами безпеки, при роботі екскаватора драглайна в комплексі з автосамоскидами, для різних схем роботи та розробці різних гірських порід.

Практичне значення. Розроблений алгоритм дозволяє встановити, що при схемах з розміщенням автосамоскидів на рівні стояння екскаватора, мінімально допустима ширина заходки за умовами безпеки не змінюється при різних видах гірських порід, і складає 16,5 м. Встановлено, що фізико-механічні властивості гірських порід не впливають на мінімальне значення ширини заходки при схемах розміщенням автосамоскидів на рівні стояння екскаватора. При схемах роботи драглайну із розвантаженням порід в автосамоскиди нижче рівня стояння екскаватора максимально допустима величина ширини заходки не змінюється, та складає 48 м.

Ключові слова. Драглайн, автосамоскид, вибій, ширини заходки, висота уступу.

Вступ. При розробці пологих та горизонтальних родовищ корисних копалин використовують екскаватори драглайни за безтранспортною системою розробки. Це дає змогу зменшити витрати на транспортування гірських порід при розробці родовищ. Однак, на сьогоднішній день все більше підприємств використовують транспортну технологію розробки родовищ сипучих корисних копалин з застосуванням драглайнів в комплексі з автосамоскидами. Така необхідність комбінування гірничотранспортного обладнання виникає при складних геологічних, та гідрогеологічних умовах залягання родовищ корисних копалин. Параметри вибою екскаваторів драглайнів при роботі по безтранспортній системі розробки відрізняються від параметрів вибою при роботі екскаватора драглайна в комплексі з автосамоскидами. При цьому важливим являється встановлення як оптимальних так і безпечних значень параметрів вибою, що в цілому впливає на ефективну та безпечну технологію розробки гірських порід.

Виклад основного матеріалу. Складність видобутку гірських порід визначається їх фізико-механічними властивостями, такими як міцність, тріщинуватість, пористість, щільність, водонасиченість, стійкість тощо.

При дослідженні параметрів вибою комплексів обладнання екскаваторів драглайнів з автосамоскиди необхідно враховувати, що драглайн розробляє породи м'які та розпушені тверді породи, коефіцієнт міцності яких не перевищує 5 за шкалою проф. Протодьяконова М.М. [1]. Також важливим критерієм який визначає можливість видобутку породи драглайном, є питомий опір гірничих порід черпанню. Тому для досліджень були обрані гірські породи V-X категорії міцності та I категорії за трудністю екскавації, при цьому питомий опір черпанню порід не перевищує 100 кПа [1].

Одним з основних технологічних параметрів при навантаженні автосамоскида екскаватором драглайном, є безпосереднє місце розташування екскаватора у вибої. При розташуванні драглайна поблизу верхньої бровки уступу необхідно враховувати берму можливого обрешення гірських порід (берму безпеки).

Відомо, що ширина берми на уступі визначається за формулою:

$$z = H_y \cdot (\operatorname{ctg} \alpha_y - \operatorname{ctg} \alpha), \quad (1)$$

де H_y – висота уступу, м; α – робочий кут укосу уступу, град; α_y – стійкий кут укосу уступу, град.

Як бачимо з формули (1) ширина берми безпеки залежить від робочого та стійкого кутів уступу. В свою чергу ці кути залежать від фізико-механічних властивостей гірських порід та їх стійкості. За даними інституту «Гіпроруда» [2], були обрані робочі і стійкі кути укосів уступів для різних гірських порід, що може розробляти екскаватор драглайн, та занесені до табл. 1.

Таблиця 1

Значення робочого та стійкого кута укосу уступів для різних гірських порід

Гірські породи	Щільність гірничої маси природньої вологості в масиві, кг/м ³	Питомий опір черпанню, кПа	Стійкий кут укосу уступу, град	Робочий кут укосу уступу, град
Щільний рослинний ґрунт з корінням	1400	16-25	30	35
Пісок	1500		30	35
Супісок	1600		30	37
Пісок і рослинний ґрунт з щебнем або галькою	1650	30-100	35	45
Піски глауконітові, кварцево-полешпатові та інші	1800-2100		40	50
Лісовидний суглинок	1600		35	45
Окислені марганцево-піщані руди	1500		30	40
Гравій галька і щебінь розміром до 40мм	1750		30	40
Алевроліти	1500		35	45

Для визначення безпечних значень ширини заходки при різних видах гірських порід, розглянуто комплекс гірничого обладнання екскаватор - ЕШ-10/50 та автосамоскид - Cat 773e. Основні технологічні схеми роботи комплексів екскаваторів - драглайнів та автосамоскидів наведені у табл. 2 та на рис.

Щоб визначити максимальні та мінімальні значення ширини заходки драглайна, використовуємо алгоритм розрахунку для кожної з наведених схем, який запропонований у роботі [3].

Для прикладу, приведемо розрахунок безпечних параметрів уступу при розробці пісків з щільністю 1500 кг/м^3 , та питомим опором черпанню 16-25 кПа.

Таблиця 2

Основні технологічні схеми роботи комплексів екскаваторів - драглайнів та автосамоскидів

№	Рівень розміщення автосамоскиду	Положення екскаватору	Положення автосамоскиду
1	Розміщення на рівні стояння екскаватору	На відстані $0,5A$ від верхньої бровки уступу	Положення 1
2			Положення 2
3			Положення 3
4			Положення 4
5		На безпечній відстані B від верхньої бровки уступу	Положення 1
6			Положення 2
7			Положення 3
8			Положення 4
9	Розміщення нижче рівня стояння екскаватору	На відстані $0,5A$ від верхньої бровки уступу	Положення 5
10			Положення 6
11			Положення 7
12			Положення 8
13		На безпечній відстані B від верхньої бровки уступу	Положення 5
14			Положення 6
15			Положення 7
16			Положення 8

Мінімальна та максимальна висота уступу обрана за технічною характеристикою ЕШ-10/50, та за умовами безпечної розробки вибою. [3], $H_{y.min} = 10$ м, $H_{y.max} = 21$ м. В залежності від висоти уступу змінюється ширина берми безпеки. Екскаватор драглайн завжди розташовується за межами берми безпеки, або на її межі. Однак при розрахунках максимальних та мінімальних значень ширини заходки за умовами безпеки, важливе врахування стійкого кута укосу та робочого, а отже і берми безпеки. Тому було визначено мінімальне та максимальне значення ширини берми безпеки відповідно для вибраних значень висоти уступу:

$$z_{min} = H_{y.min} \cdot (\text{ctg } \alpha_y - \text{ctg } \alpha) = 10 \cdot (1,73 - 1,42) = 3 \text{ м}$$

$$z_{max} = H_{y.max} \cdot (\text{ctg } \alpha_y - \text{ctg } \alpha) = 21 \cdot (1,73 - 1,42) = 6,4 \text{ м}$$

Розрахуємо максимально та мінімально допустиме значення ширини заходки для схеми роботи драглайну з його розміщенням на відстані $0,5A$ від верх-

ньої бровки уступу, та розвантаженням в автосамоскид, що розташований нижче рівня установки екскаватора.

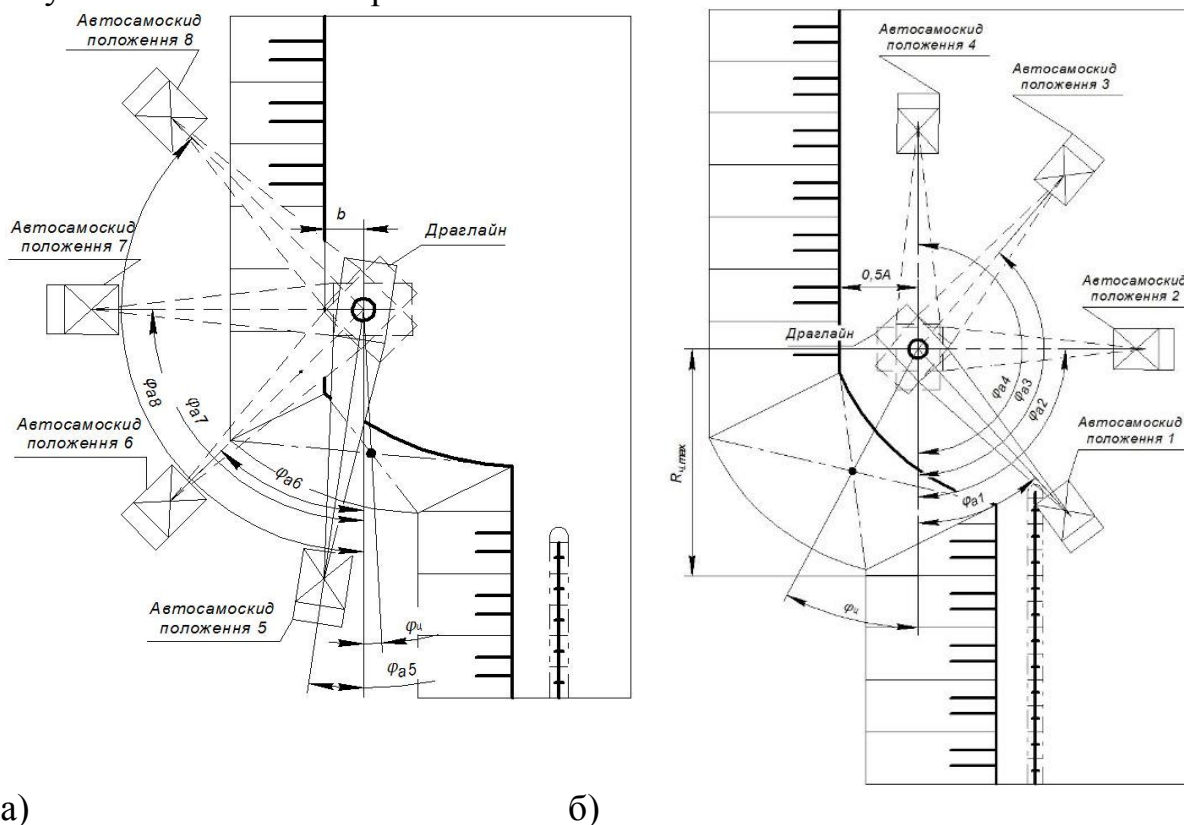


Рис. Схеми роботи екскаваторів драглайнів з розвантаженням гірської маси в автосамоскид

Максимальна ширина заходки.

$$A_{max} = 2 \cdot (R_{ч.тmax} - H_{y.min} \cdot ctg\alpha - B_3), \text{ м} \quad (2)$$

де $R_{ч.тmax}$ – максимальний радіус черпання, м. Для ЕШ-10/50 за технічної характеристики $R_{ч.тmax} = 48$ м. B_3 – безпечна відстань від нижньої бровки вибою до центру маси кузова автосамоскида (точки розвантаження ковша драглайна), м, $B_3 = 10$ м.

$$A_{max} = 2 \cdot (48 - 10 \cdot 1,42 - 10) = 47,4 \text{ м.}$$

Мінімальна ширина заходки.

$$A_{min} = 2 \cdot (z + r_6 + a_1), \text{ м} \quad (3)$$

де r_6 – радіус бази драглайна, м. Для ЕШ-10/50 $r_6 = 5$ м. a_1 – безпечна відстань від верхньої бровки стійкого уступу до бази екскаватора, м. Приймаємо $a_1 = 2$ м.

$$A_{min} = 2 \cdot (3 + 5 + 2) = 20 \text{ м}$$

Аналогічно було розраховано максимальну та мінімальну ширину заходки для кожної з технологічних схем і всіх типів гірничих порід. Результати розрахунку занесені до табл. 3.

Таблиця 3

Максимальні та мінімальні значення ширини заходки
екскаватора ЕШ-10/50

Гірські породи	Висота уступу, м		Берма безпеки, м		Ширина заходки, м							
					Схема 1-4		Схема 9-12		Схема 5-8		Схема 13-16	
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Щільний рослинний ґрунт з корінням	10	21	3,0	6,4	16,5	67,4	20,1	47,4	16,5	48,0	20,1	58,0
Пісок	10	21	3,0	6,4	16,5	67,4	20,1	47,4	16,5	48,0	20,1	58,0
Супісок	10	21	4,1	8,5	16,5	69,5	22,1	49,5	16,5	48,0	22,1	59,1
Пісок і рослинний ґрунт з щебнем або галькою	10	21	4,3	9,0	16,5	76,0	22,5	56,0	16,5	48,0	22,5	59,3
Піски глауконітові, кварцево-полешпатові й інші	10	21	3,5	7,4	16,5	79,2	21	59,2	16,5	48,0	21	58,5
Лісовидний суглинок	10	21	4,3	9,0	16,5	76,0	22,5	56,0	16,5	48,0	22,5	59,3
Окислені марганцево-піщані руди	10	21	5,4	11,3	16,5	72,2	24,8	52,2	16,5	48,0	24,8	60,4
Гравій галька і щебінь розміром до 40мм	10	21	5,4	11,3	16,5	72,2	24,8	52,2	16,5	48,0	24,8	60,4
Алевроліти	10	21	4,3	9,0	16,5	76,0	22,5	56,0	16,5	48,0	22,5	59,3

Висновки. Для досліджень параметрів вибою роботи екскаватора драглайна в комплексі з автосамоскидами, були визначені основні типові гірські породи, що розробляються такими комплексами. Встановлений вплив фізико-механічних властивостей гірських порід на значення ширини заходки екскаватора. При схемах з розміщенням автосамоскидів на рівні стояння екскаватора, мінімально допустима ширина заходки за умовами безпеки не змінюється при різних видах гірських порід, і складає $A_{min}=16,5$ м. Тому фізико – механічні властивості гірських порід не впливають на мінімальне значення ширини заходки при схемах розміщенням автосамоскидів на рівні стояння екскаватора. Також при схемах роботи 5-8 максимально допустима величина ширини заходки не змінюється, та складає $A_{max}=48$ м, це означає, що фізико - механічні властивості гірських порід не впливають на її значення.

Максимальне значення ширини заходки $A_{max}=79$ м, при розробці більш щільних гірських порід, а саме пісків глауконітових. Та мінімальне значення ширини заходки $A_{min}=16,5$ м, для найменш щільних порід.

Розроблено алгоритм визначення берми безпеки та ширини заходки, який дозволяє визначити їх максимальні та мінімальні значення за умовами безпеки, при роботі екскаватора драглайна в комплексі з автосамоскидами, для різних схем роботи та розробці різних гірничих порід.

Перелік посилань

1. Трубецкой, К.Н., Потапов, М.Г., Виницкий, К.Е., & Мельников, Н.Н. (1994). *Справочник Открытые горные работы*. Москва: «Горное бюро», 590 с.
2. Мельников, Н.В. (1982) *Краткий справочник по открытым горным работам* Москва: Недра, 414 с.
3. Собко, Б.Ю., & Чебанов, М.О. (2017) Безпечні параметри вибою екскаватора драглайна при навантаженні автосамоскидів. *Збірник наукових праць Національного гірничого університету* (52), 8-16.

АННОТАЦИЯ

Цель. Определить максимальные и минимальные значения бермы безопасности и ширины заходки для различных физико-механических свойств горных пород, при схемах работы экскаватора драглайна с разгрузкой в автосамосвал.

Методика исследования. Для определения значения безопасной ширины заходки драглайна для различных горных пород применен аналитический и математический методы исследования. При разработке схем разгрузки драглайна в автосамосвалы применен метод компьютерного моделирования.

Результаты исследования. Определены максимальные и минимальные допустимые значения ширины заходки и бермы безопасности при различных схемах работы драглайнов, для различных по физико-механическим свойствам горных пород. Для схем добычи песков глауконитовых экскаваторами типа драглайн ЭШ 10/50 с отгрузкой их в автосамосвалы установлено максимальное значение ширины заходки - 79 м. Минимальное значение ширины заходки 16,5 м, для наименее плотных пород.

Научная новизна. Для исследований параметров забоя работы экскаватора драглайна в комплексе с автосамосвалами, были определены основные типовые горные породы, которые разрабатываются такими комплексами. Установлен характер влияния физико-механических свойств горных пород на значение ширины заходки экскаватора. Разработан алгоритм определения бермы безопасности и ширины заходки, который позволяет обчислить их максимальные и минимальные значения по условиям безопасности при работе экскаватора драглайна в комплексе с автосамосвалами, для различных схем работы и разработки различных горных пород.

Практическое значение. Разработанный алгоритм позволяет установить, что при схемах с размещением автосамосвалов на уровне стояния экскаватора, минимально допустимая ширина заходки по условиям безопасности не изменяется при различных видах горных пород, и составляет 16,5 м. Установлено, что физико-механические свойства горных пород не влияют

на минимальное значение ширины заходки при схемах размещения автосамосвалов на уровне стояния экскаватора. При схемах работы драглайна с разгрузкой пород в автосамосвалы ниже уровня стояния экскаватора максимально допустимая величина ширины заходки не меняется, и составляет 48 м.

Ключевые слова. Драглайн, автосамосвал, забой, ширина заходки, высота уступа.

ABSTRACT

Purpose. To determine the maximum and minimum values of the safety berm and the cut width for various physical and mechanical properties of soils, with the operation schemes of a dragline excavation with unloading into a truck.

Methodology. Analytical and mathematical research methods are used to determine the value of the safe width of the dragline for various soils. To develop schemes for unloading a dragline into trucks, a computer simulation method has been applied.

Findings. The maximum and minimum allowable values of the cut width and safety berm are determined for various operation schemes of the draglines, for soils of different physical and mechanical properties. For the extraction schemes of glauconitic sands by dragline ЭШ 10/50 excavators with their unloading to trucks, the maximum value of the cut width is determined and is 79 m. The minimum value of the cut width is 16.5 m, for the least dense soils.

The originality. To study the parameters of the face of a dragline excavator work in conjunction with trucks, the main typical soils that are being mined by such complexes were identified. The nature of the influence of the physical and mechanical properties of soils on the excavator cut width is established. An algorithm has been developed for determining the safety berm and the cut width, which makes it possible to count their maximum and minimum values according to the safety conditions when working with a dragline excavator in conjunction with trucks, for various work schemes and mining of various soils.

Practical implications. The developed algorithm makes it possible to establish that, with schemes when placing dump trucks at the level of an excavator, the minimum permissible cut width does not change with different types of soils for safety conditions and is 16.5 m. It has been established that the physical and mechanical properties of soils do not affect minimum cut width when placing dump trucks at the level of standing excavator. When the schemes of the dragline with unloading soils in dump trucks below the level of the excavator, the maximum allowable cut width does not change, and is 48 m.

Keywords. Dragline, truck, face, cut width, the height of the bench.