

ПАРАМЕТРЫ ОБРАБОТКИ УСТУПА ВЫЕМОЧНО-ПОГРУЗОЧНЫМ ДРАГЛАЙНОМ И ЕГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ

Клементьева И.Н.¹, Куулар О.О.²

¹*Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», Москва;*

²*Тувинский государственный университет, Кызыл*

Ключевые слова: выемочно-погрузочный драглайн, инновационный опрокидной ковш, схема обработки породного уступа, уровень стояния драглайна, погрузка горной массы в автосамосвал, однопутная и двухпутная схемы разгрузки, площадь зоны и длина хорды разгрузки.

Аннотация. В статье подробно рассмотрены схемы и параметры обработки породного уступа выемочно-погрузочным драглайном с инновационным опрокидным ковшом с осуществлением погрузки горной массы в кузов автосамосвала на уровне, выше и ниже уровня его стояния. Даны расчетные формулы для определения площади зоны и длины хорды разгрузки ковша, зависящие от схемы обработки породного уступа. Также приведены расчетные формулы для определения максимального превышения уровня транспортного горизонта над уровнем стояния драглайна и максимальной величины понижения уровня транспортного горизонта при однопутной схеме разгрузки ковша выемочно-погрузочного драглайна в кузов автосамосвала. Приведено обоснование использования однопутной или двухпутной схемы разгрузки ковша выемочно-погрузочного драглайна в кузов автосамосвала в зависимости от схемы обработки породного уступа.

PARAMETERS OF BENCH MINING BY EXCAVATION AND LOADING DRAGLINE AND ITS TECHNOLOGICAL FEATURES

Klementyeva I.N.¹, Kuular O.O.²

¹*National University of Science and Technology «MISIS», Moscow;*

²*Tuva State University, Kyzyl*

Keywords: excavation-loading dragline, innovative tilting bucket, rock bench mining scheme, dragline standing level, loading of rock mass into a dump truck, single-track and double-track unloading schemes, area of the zone and length of the unloading chord.

Abstract. The article discusses in detail the schemes and parameters of mining a rock bench by a mining and loading dragline with an innovative tilting bucket with the loading of rock mass into the body of a dump truck at the level, above and below the level of its standing. Calculation formulas are given to determine the area of the zone and the length of the chord of bucket unloading, depending on the scheme of mining the rock bench. Calculation formulas are also given to determine the maximum excess of the transport horizon level over the dragline standing level and the maximum value of lowering the transport horizon level with a single-track scheme of unloading the dragline bucket into the body of a dump truck. The substantiation of the use of a single-track or double-track scheme for unloading the bucket of a dragline into the body of a dump truck depending on the scheme of mining the rock bench is given.

Введение

За последние десятилетия сохраняется преимущественное применение техники циклического действия. Это свидетельствует о необходимости совершенствования техники и технологии ведения горных работ [1, 2].

Сегодня на карьерах и разрезах основные материальные ресурсы (более 85%) затрачиваются на транспорт и экскавацию горной массы, на производство транспортных работ свыше 50% капитальных вложений, эксплуатационных расходов и трудовых ресурсов. В составе транспортных работ по своему удельному весу выделяются затраты на автотранспорт и на содержание железнодорожных путей [3, 4].

Материалы и методы исследований. Рассмотрим подробно схему обработки породного уступа выемочно-погрузочным драглайном (ВПД) с инновационным опрокидным ковшом [5-7] с погрузкой горной массы в автосамосвал *на уровне его стояния* (см. рис. 1).

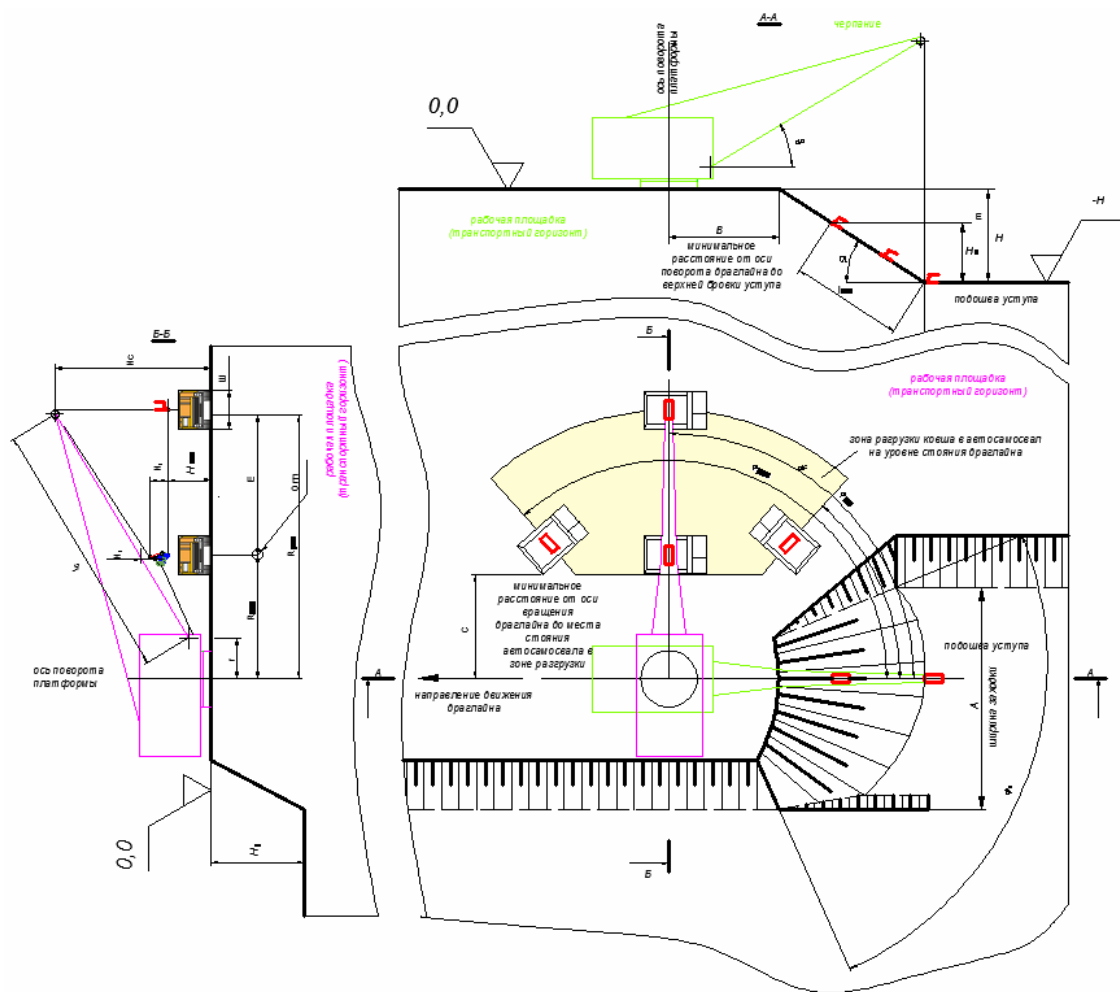


Рис. 1. Схема отработки породного уступа выемочно-погрузочным драглайном с инновационным опрокидным ковшом с погрузкой горной массы в автосамосвал на уровне его стояния

Из схемы, приведенной на рисунке 1, следует, что зона разгрузки ковша ВПД *при погрузке горной массы в автосамосвал на уровне его стояния на рабочей площадке* ограничена в плане радиусами наибольшего R_{pmax} и наименьшего R_{pmin} места стояния транспортного средства от оси поворота платформы драглайна и хордой, учитывающей минимальное расстояние от места стояния автосамосвала в зоне разгрузки драглайна до верхней бровки уступа – C и ширину автосамосвала – III . Причем радиус R_{pmax} наибольшего места стояния транспортного средства определяется паспортным наибольшим радиусом разгрузки драглайна, а радиус R_{pmin} наименьшего места стояния транспортного средства определяется высотой стрелы в точке «О_{пн}» ее подстрелового пространства с учетом суммы длин разгружаемого опрокидного ковша с упряжью – H_y , наименьшей высоты выгрузки – H_{Bmin} и безопасного расстояния от верхней точки упряжи до стрелы драглайна – H_2 (см. рис. 1).

Из рисунка 1 следует, что расстояние между осями автодорог – E определяется соотношением

$$E = (R_{\text{pmax}} - r) \left(1 - \frac{H_2 + H_y + H_{\text{Bmin}} - h_n}{l_c \sin \alpha_c} \right), \text{ м}, \quad (1)$$

где l_c – длина стрелы, м; α_c – угол наклона стрелы к горизонтали, рад; H_c – высота головных блоков стрелы драглайна от уровня его стояния, м; r – радиус вращения пят стрелы, м; h_n – высота пята стрелы драглайна от уровня его стояния, м.

Если рассчитанное по соотношению (1) расстояние между осями автодорог меньше двойной ширины автосамосвала – III ($0 < E < 2III$), то *разгрузка ковша ВПД в автосамосвал на уровне его стояния на рабочей площадке может осуществляться только при одном пути с радиусом разгрузки, равным*

$$R_{p\min} = R_{p\max} - E, \text{ м.} \quad (2)$$

При однопутной схеме разгрузки длина хорды в зоне разгрузки ковша определится как

$$L_x = 2R_{p\min} \sin 0,5(\varphi_{n\max} - \varphi_{n\min}), \text{ м.} \quad (3)$$

Площадь зоны разгрузки ковша в автосамосвал на уровне стояния драглайна при двухпутной схеме составит [8]

$$S_p = 0,5[(\varphi_{n\max} - \varphi_{n\min})(R_{p\max}^2 - R_{p\min}^2) + R_{p\min}^2 \sin(\varphi_{n\max} - \varphi_{n\min})], \text{ м}^2. \quad (4)$$

Здесь $\varphi_{n\max}$, $\varphi_{n\min}$ – максимальный и минимальный угол разгрузки ковша в подстреловом пространстве, рад.

Далее, подробно рассмотрим схему отработки породного уступа выемочно-погрузочным драглайном с инновационным опрокидным ковшом с погрузкой горной массы в автосамосвал *выше уровня его стояния* (см. рис. 2).

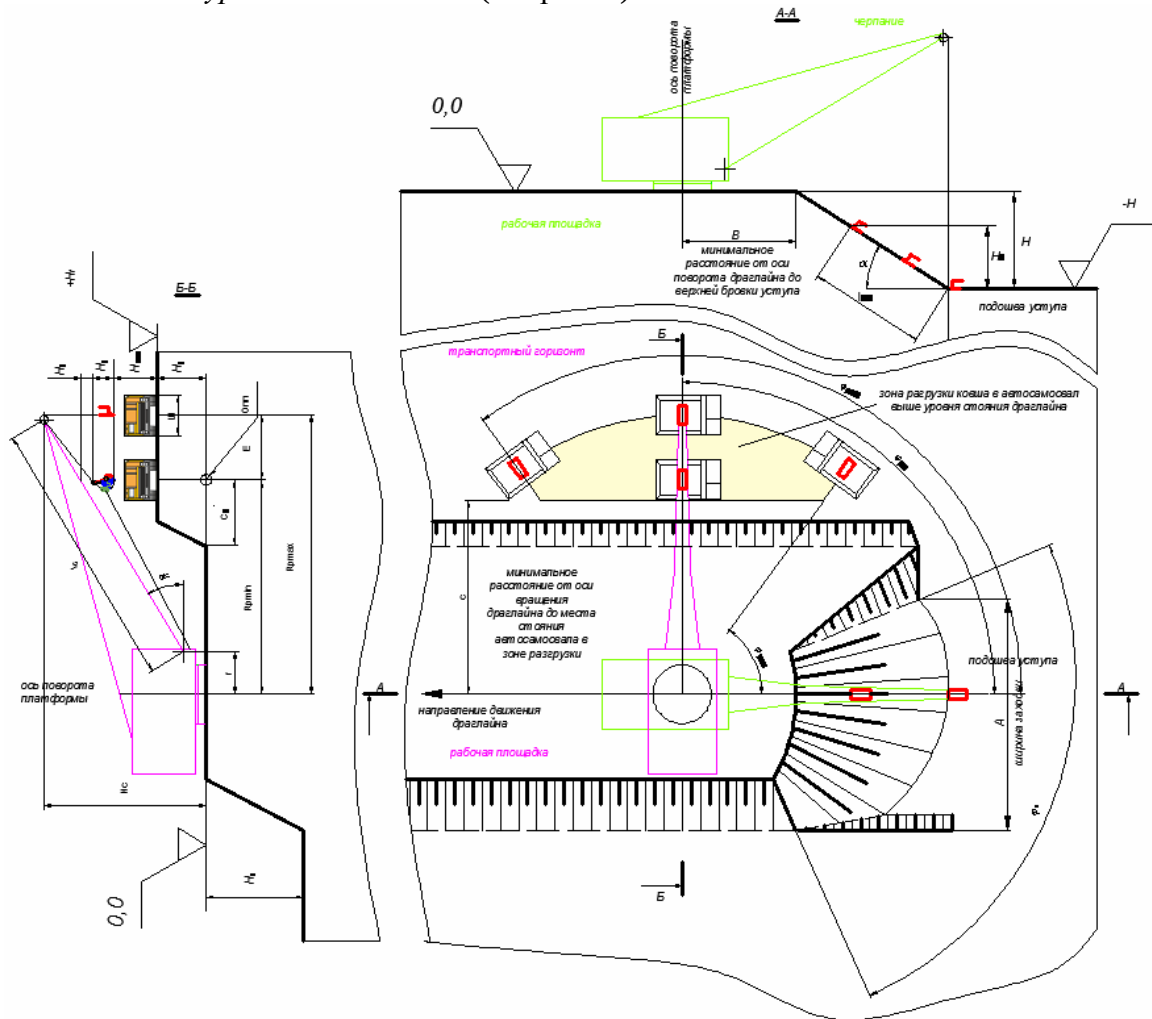


Рис. 2. Параметры отработки породного уступа выемочно-погрузочным драглайном с инновационным опрокидным ковшом с погрузкой горной массы в автосамосвал выше уровня его стояния

Из схемы, приведенной на рисунке 2, следует, что зона разгрузки ковша ВПД *при погрузке горной массы в автосамосвал выше уровня его стояния на рабочей площадке* ограничена в плане радиусами наибольшего $R_{p\max}$ и наименьшего $R_{p\min}$ места стояния транспортного средства от оси поворота платформы драглайна и хордой, учитывающей минимальное расстояние от места стояния автосамосвала в зоне разгрузки драглайна до верхней бровки уступа – C и ширину автосамосвала – III .

Причем радиус $R_{p\max}$ наибольшего места стояния транспортного средства определяется паспортным наибольшим радиусом разгрузки драглайна, а радиус $R_{p\min}$ наименьшего места стояния транспортного средства определяется высотой стрелы в точке «Опп» ее

подстрелового пространства с учетом алгебраической суммы длин разгружаемого опрокидного ковша с упряжью – H_y , наименьшей высоты выгрузки – H_{Bmin} , безопасного расстояния от верхней точки упряжи до стрелы драглайна – H_2 и высоты – H_1 превышения уровня транспортного горизонта над рабочей площадкой (см. рис. 2).

Из рисунка 2 следует, что расстояние между осями автодорог – E определяется соотношением

$$E = (R_{pmax} - r) \left(1 - \frac{H_1 + H_2 + H_y + H_{Bmin} - h_n}{l_c \sin \alpha_c} \right), \text{ м.} \quad (5)$$

При этом максимальное превышение уровня транспортного горизонта над уровнем стояния драглайна – H_1 даже при одном пути не может быть больше величины

$$H_1 \leq l_c \sin \alpha_c - (H_1 + H_2 + H_y + H_{Bmin} - h_n), \text{ м.} \quad (6)$$

Подробно рассмотрим схему отработки породного уступа выемочно-погрузочным драглайном с инновационным опрокидным ковшом с погрузкой горной массы в автосамосвал ниже уровня его стояния (см. рис. 3).

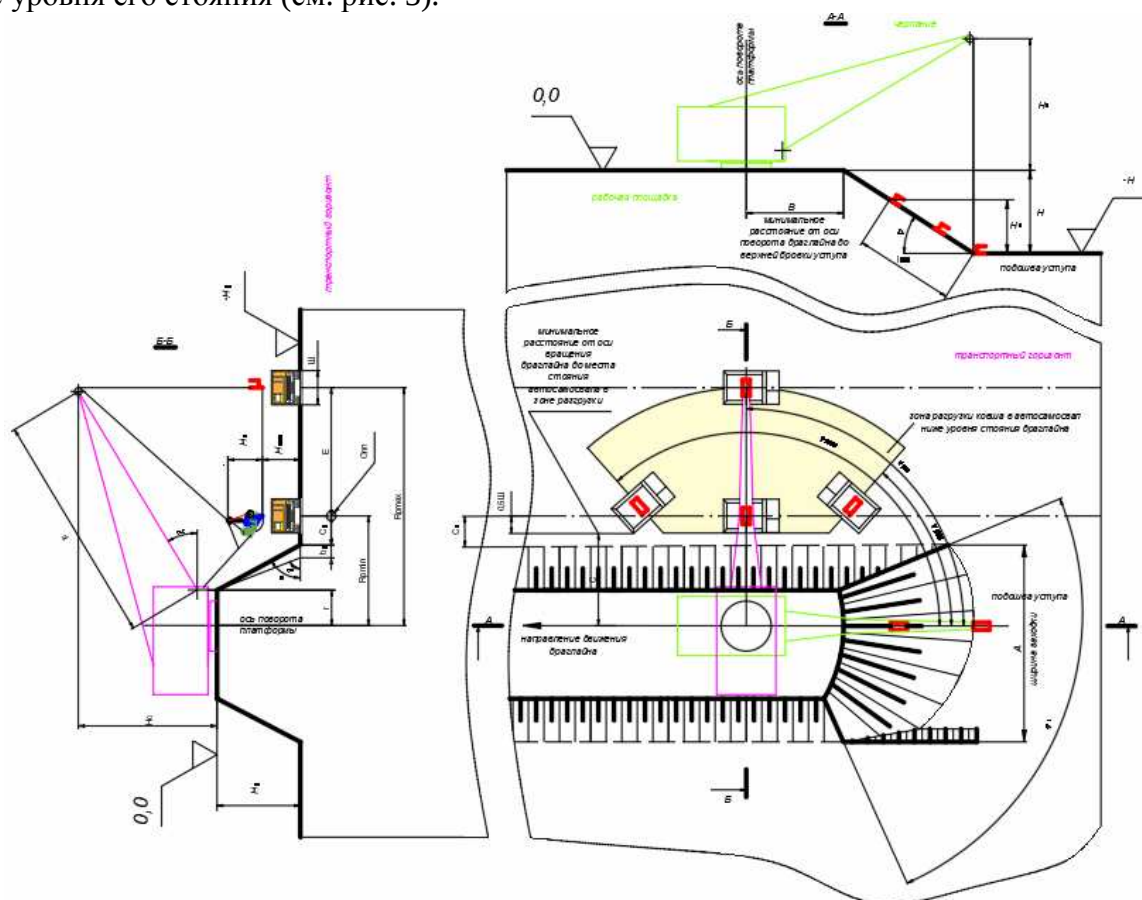


Рис. 3. Параметры отработки породного уступа выемочно-погрузочным драглайном с инновационным опрокидным ковшом с погрузкой горной массы в автосамосвал ниже уровня его стояния

Из схемы, приведенной на рисунке 3 следует, что зона разгрузки ковша ВПД при погрузке горной массы в автосамосвал ниже уровня его стояния на рабочей площадке ограничена в плане радиусами наибольшего R_{max} и наименьшего R_{min} места стояния транспортного средства от оси поворота платформы драглайна и хордой, учитывающей минимальное расстояние от места стояния автосамосвала в зоне разгрузки драглайна до нижней бровки уступа – C_2 . Причем радиус R_{max} наибольшего места стояния транспортного средства определяется паспортным наибольшим радиусом разгрузки драглайна, а радиус R_{min} наименьшего места стояния транспортного средства определяется минимальным расстоянием от оси ближайшей автодороги до нижней бровки уступа стояния ВПД – $C_2 = III + 3$.

При $H_y + H_{Bmin} < H_0$ расстояние между осями автодорог – E определяется соотношением

$$E = R_{pmax} - (H_3 \operatorname{ctg} \alpha + C_2 + r), \text{ м.} \quad (7)$$

Здесь H_3 – понижение уровня транспортного горизонта, м; α – угол наклона забоя, рад.

Максимальная величина понижения уровня транспортного горизонта при однопутной схеме разгрузки ковша ВПД в автосамосвал определится из условия

$$H_{3max} \leq [R_{pmax} - (C_2 + r)] \operatorname{tg} \alpha, \text{ м.} \quad (8)$$

При однопутной схеме разгрузки длина хорды в зоне разгрузки ковша определится по зависимости (3), а площадь зоны разгрузки ковша в автосамосвал ниже уровня стояния драглайна определится по зависимости (4).

Результаты. Для ВПД на базе экскаватора ЭШ 10.70 при погрузке горной массы в автосамосвал БелАЗ-7547, ширина которого $Ш = 4,56$ м, сумма длин разгружаемого опрокидного ковша с упряжью – H_y и наименьшей высоты выгрузки – H_{Bmin} составляет $H_y + H_{Bmin} = 17,3 + 10,2 = 27,5$ м соответственно, как на наибольшем радиусе разгрузки $R_{pmax} = 66,5$ м, так и наименьшем радиусе разгрузки R_{pmin} , а наибольшая высота отвалообразования составляет $H_{отв} = 27,5$ м.

Выводы. Таким образом, рассмотренные схемы отработки породного уступа выемочно-погрузочным драглайном с инновационным опрокидным ковшом, анализ зависимостей (1), (5), (7) и выполненные расчеты свидетельствуют, что:

– расстояние между осями автодорог не зависит от параметров черпания и от категории породы по трудности экскавации, а зависит только от схемы отработки породного уступа выемочно-погрузочным драглайном;

– наибольшая по площади зона разгрузки ковша в автосамосвал имеет место при разработке породного уступа ВПД ниже уровня его стояния (рис. 3), а наименьшая – выше уровня его стояния (рис. 2).

Расчеты выполнены при минимально допустимом расстоянии от верхней точки упряжи ковша до нижнего пояса стрелы, равном $H_2 = 3,0$ м, понижении уровня транспортного горизонта при однопутной схеме разгрузки ковша ВПД в автосамосвал не более $H_3 = 30$ м, а для двухпутной схемы разгрузки в автосамосвал не более $H_3 = 12,5$ м для наибольшей глубины копания $H = 35$ м и при $\varphi_{nmax} - \varphi_{nmin} = 0,5\pi$ рад, радиусе вращения оси пят стрелы $r = 4,99$ м, высоте оси пят стрелы над уровнем подошвы уступа $h_n = 2,15$ м и угле наклона забоя $\alpha = \pi/6$ рад [9, 10].

Список литературы

1. Типовые технологические схемы ведения горных работ на угольных разрезах: Утв. М-вом угольной пром-сти СССР 29.09.78. – М.: Недра, 1982. – 405 с.
2. Трубецкой К.Н., Сидоренко И.А., Домбровский А.Н., Котровский М.Н. Кранлайн: актуальная задача создания нового типа экскаватора для разработки месторождений высокими уступами по транспортной системе // Горная промышленность. – 2008. – №4 (80). – С. 40-49.
3. Сидоренко И.А., Котровский И.А. Кранлайны – горногеологические и технологические предпосылки эффективного применения // Горная промышленность. – 2005. – №4 (59). – С. 54-59.
4. Трубецкой К.Н., Рыльникова М.В. Состояние и перспективы развития открытых горных работ в XXI веке // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2015. – №S1-1. – С. 21-32.
5. Клементьева И.Н., Кузиев Д.А. Выемочно-погрузочный драглайн с ковшом инновационной конструкции // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – №7. – С. 149-157. – DOI: 10.25018/0236-1493-2019-07-0-149-157.
6. Клементьева И.Н. Новое техническое решение рабочего органа выемочно-погрузочного драглайна // Сборник материалов 14 международной научной школы молодых ученых и специалистов «Проблемы освоения недр в XXI веке глазами молодых». – М.: ИПКОН РАН, 2019. – С. 280-283.
7. Патент №2802772 РФ. Выемочно-погрузочный драглайн / Куулар О.О., Клементьева И.Н. – Заявка №2022112155 от 04.05.2022; опубл. 01.09.2023, Бюл. №25.
8. Percy H. Hill. The science of engineering design. – New York, Holt, Rinehart and Winston, 1970. – 262 p.
9. Оборудование для механизации производственных процессов на карьерах / Под ред. В.С. Виноградова. – М.: Недра, 1974. – 376 с.
10. Подэрни Р.Ю. Механическое оборудование карьеров: Учебник для вузов. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во «Майнинг Медиа Групп» 2013. – 594 с.

References

1. Standard technological schemes of mining operations at open-pit coal mines: Approved by the Ministry of Coal Industry of the USSR on 29.09.78. – M: Nedra, 1982. – 405 p.
2. Trubetskoy K.N., Sidorenko I.A., Dombrovsky A.N., Kotrovsky M.N. Cranline: an actual task of creating a new type of excavator for the development of deposits with high benches along the transport system // Mining industry. 2008, no. 4(80), pp. 40-49.
3. Sidorenko I.A., Kotrovsky I.A. Cranelines – Mining and Technological Prerequisites for Effective Application // Mining industry. 2005, no. 4(59), pp. 54-59.
4. Trubetskoy K.N., Rylnikova M.V. State and prospects for the development of open mining works in the XXI century // Mining information and analytical bulletin. 2015, no. S1-1, pp. 21-32.
5. Klementyeva I.N., Kuziev D.A. Excavation and loading dragline with an innovative design bucket // Mining information and analytical bulletin. 2019, no. 7, pp. 149-157. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-07-0-149-157.
6. Klementyeva I.N. New technical solution for the working body of the mining and loading dragline // Collection of materials of the 14th international scientific school of young scientists and specialists "Problems of subsoil development in the 21st century through the eyes of the young". – M.: IPKON RAS, 2019. – P. 280-283.
7. Patent No. 2802772 RU. Excavation-loading dragline / I.N. Klementyeva, O.O. Kuular. – Appl. No. 2022112155 from 04.05.2022; publ. 01.09.2023 Bull. No. 25.
8. Percy H. Hill. The science of engineering design. – New York, Holt, Rinehart and Winston, 1970. – 262 p.
9. Equipment for mechanization of production processes in quarries / Ed. by V.S. Vinogradov. – M.: Nedra, 1974. – 376 p.
10. Poderni R.Yu. Mechanical Equipment of Quarries: Textbook for Higher Educational Institutions. – 8th ed., revised and add. – M. Mining Media Group Publ. house, 2013. – 594 p.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Клементьева Инна Николаевна – кандидат технических наук, старший преподаватель	Klementyeva Inna Nikolaevna – candidate of technical sciences, senior lecturer
Куулар Олча Орлановна – старший преподаватель olcha101087@yandex.ru	Kuular Olcha Orlanovna – senior lecturer

Получена 03.12.2024