

content in it. Fisher's criterion of adequacy is calculated, which confirms the close statistical dependence between these parameters.

Originality. For the conditions for the ore extraction in unstable adjacent strata of the Southern-Bilozersk deposit, close correlation relations of its price with the clogging of empty rocks and the content of a useful component are established.

Practical implications. The use of the proposed algorithm for the economic effect formation allows to predict on various sites of the ore deposit that is in contact with unstable rocks, the expediency of changing the parameters of the development system.

Keywords: *stope, ore dilution, parameters optimization, unstable rocks, economic effect*

УДК 622.271.3

© В.В. Панченко, Л.В. Ткаченко, А.В. Романенко

АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЕТА ОРГАНИЗАЦИИ ОТВАЛООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ДОСТАВКЕ ГОРНОЙ МАССЫ АВТОТРАНСПОРТОМ

© V. Panchenko, L. Tkachenko, A. Romanenko

ANALYTICAL METHOD OF THE ORGANIZATION CALCULATION OF DUMP FORMATION AT DELIVERY OF THE ROCK MASS BY AUTOMOBILE TRANSPORT

Цель – создание методического обеспечения организации отвалообразования при доставке горной массы автотранспортом, в состав которого входит постановка задачи организации, обоснование метода ее решения и алгоритма его реализации. Актуальность цели обуславливается необходимостью системной реализации последовательно взаимодействующих технологических процессов выемки горной массы, ее транспортирования и отвалообразования.

Методика исследования – включает обоснование постановки задачи организации отвалообразования, обоснование метода и разработку алгоритма его реализации, а также верификацию метода и алгоритма контрольным расчетом по реальным производственным данным. Для обоснования постановки задачи был выполнен структурно-параметрический анализ множества текущих параметров и показателей процессов транспортирования и отвалообразования, что подлежат пространственно-временному взаимному согласованию, а также описаны необходимые технологические зависимости для такого взаимного согласования. Эти зависимости были использованы при постановке задачи организации и при обосновании метода ее решения, а также при разработке алгоритма реализации метода.

Результаты исследования – представлены созданным алгоритмом аналитического метода расчета организации отвалообразования при доставке горной массы автотранспортом и планограммой процесса отвалообразования по результатам контрольного расчета по реальным производственным данным.

Научная новизна – впервые предложена формула коэффициента неравномерности транспортного потока, прибывающего на отвальный участок, применение которой позволяет сбалансировать возможную производительность транспорта и отвального оборудования.

Практическое значение – заключается в созданном практическом аналитическом методе расчета организации отвалообразования при доставке горной массы автотранспортом и в разработанном алгоритме его реализации. Контрольные расчеты по реальным производственным данным подтвердили работоспособность созданного аналитического метода.

Ключевые слова: - *открытая разработка месторождения, железорудные карьеры, отвалообразование, организация отвалообразования, расчет организации, метод расчета организации, алгоритм реализации метода, верификация алгоритма, планограмма.*

Введение. Отвалообразование, наряду с выемочно-погрузочными работами и транспортированием горной массы, является одним из основных технологических процессов открытой разработки месторождений полезных ископаемых. Учитывая последовательное взаимодействие основных технологических процессов, снижение эффективности каждого из них снижает эффективность остальных и горно-транспортного процесса карьера в целом. Следовательно, с этой позиции отвалообразование является не менее важным процессом, чем выемочно-погрузочные работы и транспортирование горной массы.

Однако подавляющее число научных публикаций в области открытых горных работ посвящено двум первым технологическим процессам, как в вопросах проектирования, так и в вопросах планирования, оперативного управления и организации. Видимо, видимо это обуславливается упрощенным представлением отвалообразования, которое сводится к технологической операции разгрузки автосамосвала. При этом игнорируется тот факт, что любая задержка автосамосвала на отвале точно также увеличивает время цикла транспортирования, как и задержки при выемочно-погрузочном процессе и при движении автосамосвала.

Наиболее полно вопросы отвалообразования рассмотрены в монографиях [1], [2]. Но состав проектных и плановых параметров и показателей, методы и методики их определения, организация выполняемых технологических процессов (операций) с необходимой системностью и полнотой не представлены.

Цель работы, постановка задачи и обоснования метода ее решения.

Цель работы – создание методического обеспечения организации процесса отвалообразования при доставке горной массы автотранспортом.

Как известно, расчет организации любого технологического процесса открытой разработки месторождения заключается в определении динамики текущих параметров и показателей его взаимодействующих операций или операций взаимодействующих процессов. основополагающий принцип такого определения – пространственно-временная увязка взаимодействующих операций. Также очевидным обязательным условием является согласование значений параметров и показателей взаимодействующих операций.

В нашем случае имеет место пространственно-временное взаимодействие части операций транспортирования и отвалообразования:

- 1) маневры автосамосвала в секторе разгрузки;
- 2) установка автосамосвала по разгрузку;

- 3) разгрузка автосамосвала;
- 3) выезд автосамосвала с места разгрузки;
- 4) обратные маневры для выезда из сектора разгрузки;
- 5) обваловка бульдозером нерабочего сектора разгрузки предохранительными и разделительными валами;
- 6) сталкивание бульдозером горной массы под откос отвального яруса;
- 7) переезд бульдозера в соседний сектор.

Пространственно-временное взаимодействие указанных операций заключается в зависимости места и времени выполнения одних операций от места и времени выполнения других.

Соответственно цели работы, задача работы была сформулирована как обоснование и создание практического метода расчета организации отвалообразования при доставке горной массы автотранспортом в течение смены.

Как известно, метод решения задачи в значительной степени зависит от интерпретации технологического объекта. В этом смысле горно-транспортный комплекс представляет собой двухфазную замкнутую систему массового обслуживания: первая фаза – выемочно-погрузочные работы, вторая – отвалообразование. Однако имеющийся математический аппарат разработан для марковских систем (без последствия) с не управляемым порядком распределением заявок по каналам обслуживания. В рассматриваемой задаче имеет место последствие в транспортном потоке по причине ограниченного числа автосамосвалов, а распределение автосамосвалов по местам разгрузки управляет персонал отвального участка.

Более приемлемым был бы имитационный подход, но он больше теоретический, чем практический для сменной организации. Кроме сложности самой имитационной модели, серьезные трудности представляет сбор и обработка статистических данных для генерации случайных параметров технологических процессов транспортирования и выемки горной массы.

Из этих соображений был выбран детерминированный аналитический подход, оперирующий нормативными (плановыми, средними) значениями параметров технологических процессов и операций. Дополнительным аргументом в пользу этого подхода послужил тот факт, что он используется в качестве основного в традиционной методологии проектирования и планирования открытых горных работ. Попытки применить, например, в планировании, стохастическое программирование пока не подтвердили ни повышение адекватности моделей, ни достоверности получаемых плановых показателей при явном усложнении подготовки данных.

Алгоритм аналитического метода. Алгоритм разработанного аналитического метода представлен на рис. 1. Такая форма представления метода выбрана соответственно его практической направленности и удобна для последующей программной реализации с целью использования в автоматизированной системе оперативного управления горно-транспортными работами. Описание алгоритма для его верификации сопровождается контрольным расчетом и построением планограммы отвальных работ (принятое оборудование: автосамосвалы CAT 785C и бульдозер CAT – D9R).

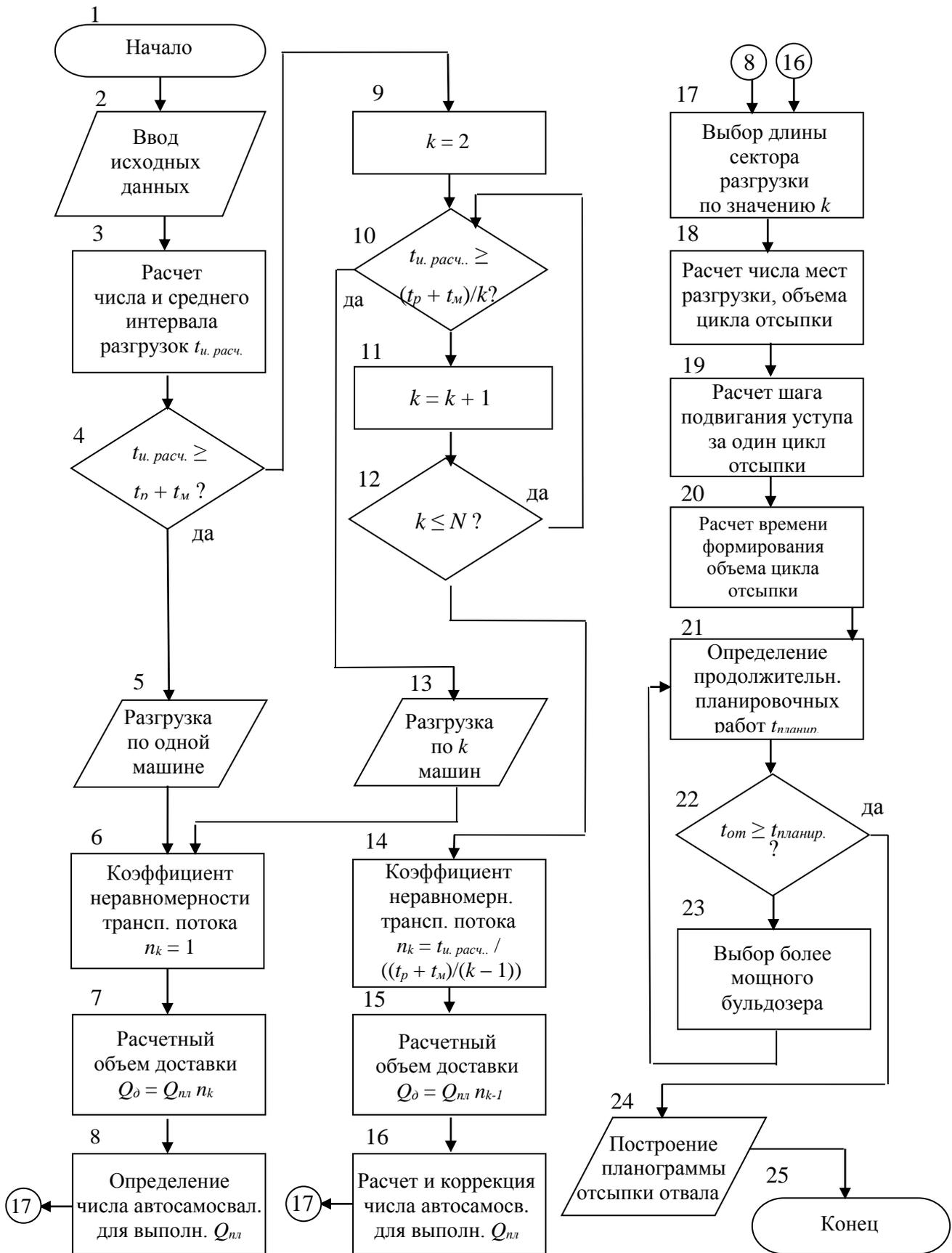


Рис. 1. Блок-схема алгоритма расчета организации отсыпки отвала при доставке горной массы автотранспортом.

В основу метода положено выполнение обязательного технологического условия – время сталкивания бульдозером верхней части отсыпанного слоя, формирования предохранительных и разделительных валов, а также - планировочных работ должно быть меньше времени отсыпки в пределах сектора разгрузки наклонного слоя отвала.

Новизна метода заключается в использовании коэффициента неравномерности транспортного потока, для которого предложена формула.

Описание метода и расчета выполнено по шагам согласно блок-схеме алгоритма (рис. 1).

3-й шаг. Рассчитывается число разгрузок за смену:

$$r = \frac{Q_{пл}}{q_a}, \quad (1)$$

где q_a – грузоподъемность заданной модели автосамосвала, т; $Q_{пл}$ – сменная плановая масса отсыпаемой породы, т:

$$Q_{пл} = 6000 \text{ м}^3 \cdot 3 \text{ т/м}^3 = 18000 \text{ т}. \quad (2)$$

Тогда

$$r = \frac{18000}{136} = 133 \text{ разгрузки}. \quad (3)$$

Находится расчетный интервал разгрузки автосамосвалов по одному:

$$t_{и.расч} = \frac{T_{см}}{r}, \quad (4)$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, часы.

Отсюда

$$t_{и.расч} = \frac{11 \cdot 60}{133} = 5 \text{ мин} \quad (5)$$

Шаг 4. Проверка условия:

$$t_{и.расч} \geq t_p + t_m, \quad (6)$$

где t_p – время разгрузки автосамосвала, 1 мин; t_m – суммарное время маневров автосамосвала на отвале, 4 мин (по данным предприятий).

$$5 \text{ мин} \geq (2+1) \text{ мин} ? \quad (7)$$

Так как неравенство соблюдается, то принимаем, что автосамосвалы разгружаются по одному (одновременная разгрузка нескольких автосамосвалов не допускается), а значит коэффициент неравномерности транспортного потока

$$n_k = 1.$$

Шаг 5 Определяется расчетный объем доставки:

$$Q_d = Q_{пл} \cdot n_k; \quad (8)$$

$$Q_d = 6000 \cdot 1 = 6000 \text{ м}^3/\text{смена}. \quad (9)$$

Шаг 6. Рассчитывается необходимое число автосамосвалов в работе на смену:

$$N = \frac{r}{N_p}, \quad (10)$$

где N_p - расчетное число рейсов автосамосвалов:

$$N_p = \frac{60 \cdot T_{см} \cdot K_u}{T_p}, \quad (11)$$

где $T_{см}$ – время смены, 11 часов; K_u – коэффициент использования рабочего времени автосамосвалами, 0,75; T_p – расчетное время рейса, мин:

$$T_p = (L_{ср}/v) \cdot 60 + 2 \cdot t_m, \quad (12)$$

где v – средняя скорость движения гружёного автосамосвала, 25 км/ч.

$$T_p = (3/25) \cdot 60 + 2 \cdot 2 = 11,2 \text{ мин.} \quad (13)$$

Принимаем 15 мин, 4 минуты на выезд из карьера.

Подставляются значения, тогда:

$$N_p = \frac{60 \cdot 11 \cdot 0,75}{15} = 33 \text{ рейсов,} \quad (14)$$

а необходимое число автосамосвалов в работе на смену:

$$N = \frac{132}{33} = 4 \text{ автосамосвалов.} \quad (15)$$

Так как в нашем случае был принят порядок разгрузки по одному автосамосвалу, принимаем длину одного сектора разгрузки $l_c = 30$ м (согласно опытным данным – табл.). Тогда длина отвального фронта разгрузки буде равняться:

$$l_\phi = 100 \text{ м.} \quad (16)$$

Таблица

Зависимость минимальной длины сектора разгрузки от числа одновременно разгружающихся автосамосвалов

Количество одновременно разгружающихся автосамосвалов	1	2	3	4	5	6
Минимальная длина сектора, l_c , м	27	44	62	80	97	115

Шаг 7. Рассчитывается число мест разгрузки по фронту сектора разгрузки:

$$m_c = \frac{l_c}{p_c}; \quad (17)$$

где l_c – длина фронта сектора разгрузки; p_c – ширина кузова заданной модели автосамосвала.

$$m_c = \frac{30}{6,2} = 5 \text{ мест} \quad (18)$$

Шаг 8. Рассчитывается шаг подвигания отвального участка:

$$B_y = \frac{V_{ц}}{(h_y \cdot l_c)}; \quad (19)$$

где $V_{ц}$ – объем отсыпки за один технологический цикл,

h_y – высота отвального уступа, 15 м; l_c – длина сектора, 100 м

$$V_{ц} = m_c \cdot n_{ход} \cdot V_{куз}; \quad (20)$$

где $n_{ход}$ – количество разгрузок с одного места (исходя из принятой высоты уступа и грузоподъемности автосамосвала было принято 5 разгрузок);

$V_{\text{куз}}$ – об'єм кузова автосамосвала:

$$V_{\text{ц}} = 5 \cdot 5 \cdot 57 = 1425 \text{ м}^3 \quad (21)$$

$$B_{\text{у}} = \frac{1425}{(15 \cdot 100)} = 0,95 \text{ м} \quad (22)$$

Шаг 9. Рассчитывается минимальное время формирования объема отсыпки за один технологический цикл:

$$t_{\text{от}} = (t_{\text{м1}} + t_{\text{р}}) \cdot m_{\text{с}} \cdot n_{\text{роз}}; \quad (23)$$

$$t_{\text{от}} = (2 + 1) \cdot 5 \cdot 5 = 75 \quad (24)$$

$$t_{\text{от}} = 75 \text{ мин} \quad (25)$$

Шаг 10. Рассчитывается об'єм перемещаемой бульдозером горной массы, который равен 20-30% от об'єма наклонного слоя ($n_{\text{ход}} \cdot V_{\text{куз}}$), отсыпанного с одного места разгрузки:

$$V_{\text{план}} = 0,2 \cdot n_{\text{роз}} \cdot V_{\text{куз}} = 57 \text{ м}^3; \quad (26)$$

Шаг 11. Определяется продолжительность планировочных работ:

$$t_{\text{план}} = \frac{V_{\text{план}}}{Q_{\text{б}}}, \quad (27)$$

где $Q_{\text{б}}$ – производительность бульдозера: $Q_{\text{б}} = \frac{q_{\text{пр}} \cdot n \cdot k_{\text{н}}}{k_{\text{р}}}$.

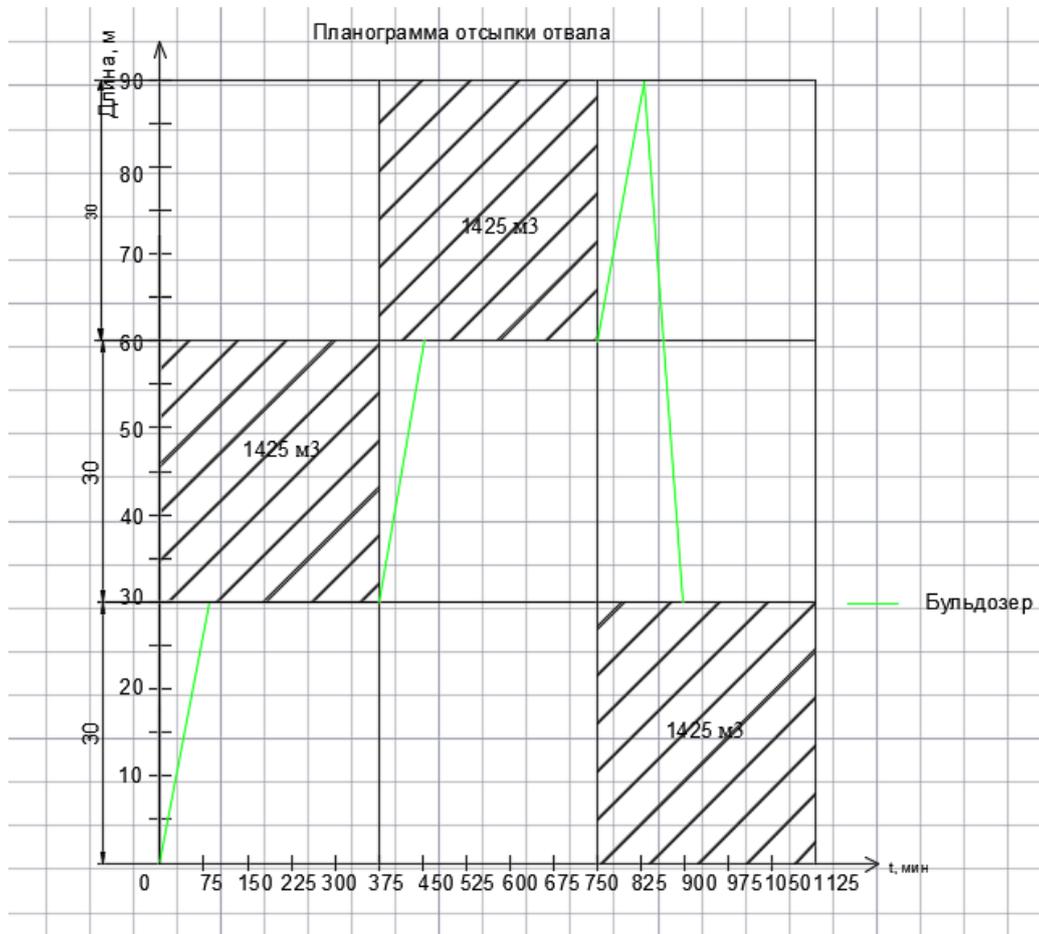


Рис. 2. Планограмма отсыпки отвала

Продолжение шага 11:

здесь q_{np} - объём призмы волочения грунта, $13,5\text{м}^3$;

$$n = 3600 / T = 3600 / 60 = 60 \text{ циклов}; \quad (28)$$

k_n - коэффициент наполнения геометрического объёма призмы грунтом, 1,1;

k_p - коэффициент разрыхления грунта, 1,3.

$$Q_b = \frac{13,5 \cdot 60 \cdot 1,1}{1,3} = 685 \text{ м}^3/\text{час}. \quad (29)$$

$$t_{\text{план}} = \frac{57}{685} = 0,08 \text{ час} = 4,8 \text{ мин}. \quad (30)$$

Конец алгоритма.

Выводы. 1. Судя по численности публикаций, вопросам организации выемочно-погрузочных работ и транспортирования горной массы уделяется намного больше внимания, чем организации отвалообразования. Видимо, это обуславливается упрощенным представлением отвалообразования, как технологической операции разгрузки автосамосвала. При этом игнорируется тот факт, что любая задержка автосамосвала на отвале точно также увеличивает время цикла транспортирования, как и задержки при выемочно-погрузочном процессе и при движении автосамосвала. В связи с этим работа представляется актуальной.

2. Предложенный аналитический метод расчета организации отвалообразования при доставке горной массы автотранспортом и разработанный алгоритм его реализации позволяют наглядно представлять организацию в виде программы. Выполненный контрольный расчет подтверждает работоспособность предложенного метода.

Перечень ссылок

1. Русских, И.И. (1979). *Технология отвальных работ и рекультивация на карьерах*. Москва: Недра, 221 с.
2. Русский, И.И. (1971). *Отвальное хозяйство карьеров*. Москва: Недра, 240 с.

АННОТАЦИЯ

Мета – створення методичного забезпечення організації відвалоутворення при доставці гірничої маси автотранспортом, до складу якого входить постановка задачі організації, обґрунтування методу її вирішення і алгоритму його реалізації. Актуальність мети обумовлюється необхідністю системної реалізації організації послідовно взаємодіючих технологічних процесів виймання гірничої маси, її транспортування та відвалоутворення.

Методика дослідження – включає обґрунтування постановки задачі організації відвалоутворення, обґрунтування методу і розробку алгоритму його реалізації та верифікацію методу і алгоритму контрольним розрахунком на реальних виробничих даних. Для обґрунтування постановки задачі був виконаний структурно-параметричний аналіз множини поточних параметрів і показників процесів транспортування та відвалоутворення, що підлягають просторово-часовому взаємоузгодженню, та описані необхідні технологічні залежності для такого взаємоузгодження. Ці залежності були використані при постановці задачі організації та при обґрунтуванні методу її вирішення, а також при розробці алгоритму реалізації методу.

Результати дослідження – представлені створеним алгоритмом аналітичного методу розрахунку організації відвалоутворення при доставці гірничої маси автотранспортом та планогою процесу відвалоутворення за результатами контрольного розрахунку на реальних виробничих даних.

Наукова новизна – вперше запропонована формула коефіцієнту нерівномірності транспортного потоку, що прибуває на відвальну дільницю, застосування якої дозволяє збалансувати можливі продуктивності транспорту і відвального устаткування.

Практичне значення – полягає у створеному практичному аналітичному методі розрахунку організації відвалоутворення при доставці гірничої маси автотранспортом та у розробленому алгоритмі його реалізації. Контрольні розрахунки на реальних виробничих даних підтвердили працездатність створеного аналітичного методу.

Ключові слова: *відкрита розробка родовищ, залізрудні кар'єри, відвалоутворення, організація відвалоутворення, розрахунок організації, метод розрахунку організації, алгоритм реалізації методу, верифікація алгоритму, планограма.*

ABSTRACT

Purpose. To develop a methodological support for the organization of dumping during the delivery of rock mass by automobile transport, which includes the formulation of organization tasks, the justification of its solution method and the algorithm for its implementation. The relevance of the purpose is caused by the need for the system implementation of sequentially interacting technological processes of excavation of the rock mass, its transportation and dumping.

The methods of the research includes the justification of the formulation of organization tasks of the dumping, the justification of the method and the development of an algorithm for its implementation, as well as the verification of the method and algorithm by control calculations based on actual production data. To substantiate the formulation of the problem, a structural-parametric analysis of the set of current parameters and indicators of the transportation and dumping processes which are subject to spatial-temporal mutual agreement was performed. The necessary technological dependencies for such mutual agreement are described. These correlations were used in the formulation of organization tasks and in the justification of the method for solving it, as well as in developing the algorithm for implementing the method.

Findings. Presented by the created algorithm of the analytical method for calculating the organization of the dump-formation during the delivery of the rock mass by motor transport and the planogram of the dump-education process according to the results of the control calculation based on actual production data.

The originality is an unevenness ratio formula of the traffic flow coming to the dump site. The use of formula allows balancing the possible productivity of transport and dumping equipment.

Practical implementations. The creation of a practical analytical method for calculating the organization of dumping during the rock mass delivery by automobile transport and the development of an algorithm for its implementation. Control calculations for real production data confirmed the operability of the created analytical method.

Keywords: *surface mining, iron ore mines, dumping, dumping organization, organization calculation, organization calculation method, algorithm for implementing the method, algorithm verification, planogram.*