

ISBN 978-83-945717-4-0

Transport Problems 2017

IX INTERNATIONAL
SCIENTIFIC
CONFERENCE

28.06-30.06 2017

Katowice

Sulejów

VI INTERNATIONAL
SYMPOSIUM OF YOUNG
RESEARCHERS

26.06-27.06 2017

Katowice



Conference
proceedings



Faculty of Transport
Silesian University of Technology

Silesian University of Technology
Faculty of Transport



Transport Problems 2017

Proceedings

IX International Scientific Conference

VI International Symposium of Young Researchers

**UNDER THE HONORARY PATRONAGE
OF MAYOR OF KATOWICE CITY**

Media patronage:
Transport Problems International Scientific Journal
ISSN 1896-0596, Silesian University of Technology,
Faculty of Transport

Transport Problems
International Scientific Journal

No.	Authors, Title	Pages	
		Begin	End
73.	Liudmyla TRYKOZ, Svetlana KAMCHATNAYA, Oksana PUSTOVOITOVA, Armen ATYNIAN REINFORCEMENT OF COMPOSITE PIPELINES FOR MULTIPURPOSE TRANSPORTATION	617	627
74.	Abdukakhar TULYAGANOV, Barno SALIMOVA HYDROLOGICAL CALCULATIONS FOR DESIGNING OF MOTOWAYS THROUGH SMALL WATER FLOWS	628	632
75.	George TUMANISHVILI, Tamaz NATRIASHVILI, Tengiz NADIRADZE, Giorgi TUMANISHVILI ESTIMATION OF THE WHEELS AND RAILS WEAR RESISTANCE BY THE DEGREE OF DESTRUCTION OF THE THIRD BODY	633	639
76.	Assem UTEGENOVA, Kassym YELEMESOV, Ivan STOLPOVSKIKH, Aleksander ŚLADKOWSKI DETERMINATION OF RATIONAL TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE RELOADING STATION OF ROCKSGROUND WITH CYCLIC-FLOW TECHNOLOGY USING DUMP TRUCKS	640	645
77.	Gediminas VAIČIŪNAS INVESTIGATION INTO THE EFFICIENCY OF ASSESSMENT OF THE RAILWAY LINE SIGNIFICANCE FOR RESPECTIVE COUNTRIES	646	653
78.	Sergey VIKHAREV, Danil MIRONOV, Irina NIZOVTSEVA, Dmitry BRUSYANIN MODELLING QUALITY SWITCHING ON PUBLIC TRANSPORT BY DISCRETE SERIES OF QUEUING SYSTEMS IN SHARED INTERESTS NETWORK	654	660
79.	Łukasz WIERZBICKI, Janusz ĆWIEK, Krzysztof LABISZ, Jarosław KONIECZNY, Jakub MŁYŃCZAK, Szymon SURMA POSSIBILITIES OF USE POLYMERIC MATERIALS FOR RAILWAY SLEEPERS	661	668
80.	Bo YANG, Yan BAI, Zhiwei ZHAO, Shengwen SHI, He LI DEVELOPMENT AND SIMULATION OF VIBRATION ISOLATOR FOR SEGMENT ERECTOR IN THE TUNNEL CONSTRUCTION	669	678

Ключевые слова: экскаватор, автосамосвал, циклично-поточная технология, горные породы, рациональная емкость, перегрузочный пункт

Асем УТЕГЕНОВА*, **Касым ЕЛЕМЕСОВ**, **Иван СТОЛПОВСКИХ**

Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева
ул. Сатпаева 22а, 050013, Алматы, Казахстан

Александр СЛАДКОВСКИ

Силезский технический университет, Факультет транспорта
ul. Krasin'skiego 8, 40-019 Katowice, Poland

*Corresponding author. E-mail: asem_u_18@mail.ru

DETERMINATION OF RATIONAL TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE RELOADING STATION OF ROCKSGROUND WITH CYCLIC-FLOW TECHNOLOGY USING DUMP TRUCKS

Summary. The results of the analysis of well-known recommendations on the selection of rational parameters for reloading points in cyclic-flow technology in open pit mining using dump trucks are given. The content of the proposed method for determining the rational technological parameters of the loading point is described, which makes it possible to establish the condition for the uninterrupted unloading of dump trucks, depending on the number of unloading points at the transfer point. A plot of the rational capacity of the hopper versus quarry productivity is plotted.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПЕРЕГРУЗОЧНОГО ПУНКТА ГОРНЫХ ПОРОД ПРИ ЦИКЛИЧНО-ПОТОЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ АВТОСАМОСВАЛОВ

Аннотация. Приведены результаты анализа известных рекомендаций по выбору рациональных параметров перегрузочных пунктов при циклично-поточной технологии на открытых горных работах с применением автосамосвалов. Изложено содержание предлагаемой методики определения рациональных технологических параметров перегрузочного пункта, позволяющей устанавливать условие бесперебойной разгрузки автосамосвалов в зависимости от числа точек разгрузки на перегрузочном пункте. Получены графики зависимости рациональной емкости бункера от производительности карьера.

Открытые горные работы переживают наиболее активный период своего развития, при котором возникают определенные проблемы, угрожающие сохранению производственных мощностей по добыче и приводят в целом к удорожанию ее эксплуатационных затрат, а значит и к увеличению сроков возврата инвестиционных вложений. Увеличение темпов развития горных работ, и в первую очередь увеличение глубины карьеров, неизбежно приводит к проблемам удорожания технологических транспортных расходов. Кроме того, от правильного выбора технологии транспортирования зависят генеральные углы наклона бортов карьера, а значит соотношение объема пустых пород к полезному ископаемому – коэффициент вскрыши.

Любая технология имеет свои преимущества и недостатки, поэтому необходимо сразу оговориться, что поточная технология по своим большим капитальным затратам и полумобильным качествам мало приемлема для карьеров с невысокой производительностью, малыми расстояниями транспортирования, сверхвысокими скоростями углубки, коротким сроком эксплуатации. Сложившаяся тенденция подчинения горных работ минимизации затрат путем выборочной отработки месторождения, беспорядочной смены направлений их развития мало приемлема для полустационарного дробильно-конвейерного комплекса, который не может с такой легкостью как экскаваторно-железнодорожные перегрузочные пункты менять свое местоположение. Для многих горнодобывающих предприятий в условиях интенсивно увеличивающейся глубины карьеров и роста затрат на углеводородное топливо повышение эффективности открытых горных работ может быть достигнуто за счет внедрения циклично-поточной технологии (ЦПТ). Размещение дробильно-перегрузочных пунктов (ДПП) позволяет значительно сократить эксплуатационные затраты за счет замены доли дорогостоящего парка автомобильного транспорта на более дешевый конвейерный транспорт. В зависимости от схемы работы и места установки, дробильно-перегрузочные пункты подразделяют на самоходные, полустационарные (передвижные, переносные) и стационарные (рис. 1) [1]. Для загрузки ДПП может быть применен вариант перегрузочного пункта в виде приемных ковшей, поочередно принимающих груз от самосвалов и затем при подъеме гидроцилиндрами разгружающих горную массу в дробилку (рис. 2) [2].

Исследованиями установлено, что физической сущности процесса транспортирования автотранспортом наиболее полно отвечает простейший поток в теории массового обслуживания пуассоновского типа, а перегрузочный пункт с точки зрения бункеризации и складирования можно рассматривать как разомкнутую систему массового обслуживания, в которой продолжительность ожидания разгрузки аппроксимируется показательным распределением.



Рис. 1. Стационарный ДПП с двумя точками разгрузки

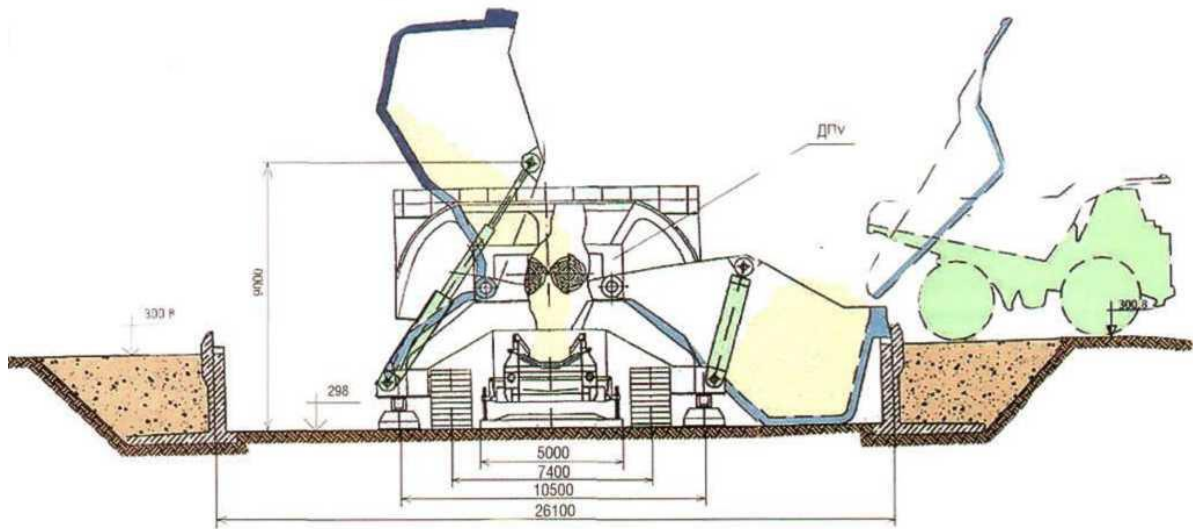


Рис. 2. Схема ДПП с перегрузочным устройством в виде приемных ковшей

Такая модель отражает работу горнотранспортной цепи карьера при циклично-поточных схемах работ с конвейерами и автотранспортом, а используемый математический аппарат позволяет учесть случайные изменения системы «экскаватор – автосамосвал – перегрузочный пункт» и определить ее количественные характеристики.

Известные рекомендации по выбору рациональных параметров перегрузочных пунктов при циклично-поточной технологии с применением автосамосвалов не могут быть использованы из-за конструктивных и технологических особенностей транспортной системы с автотранспортом [3, 4].

Приводится методика определения рациональных технологических параметров перегрузочных пунктов при циклично-поточной технологии с применением автосамосвалов. Пусть на бункерный перегрузочный пункт поступает пуассоновский поток с параметром λ , время обслуживания каждого автосамосвала $t_{\text{обс}}$ является величиной случайной, которая подчиняется показательному закону распределения с параметром μ , все точки разгрузки на перегрузочном пункте одинаковой производительности [5, 6].

Исходя из условия обеспечения бесперебойной работы погрузочного оборудования в карьере, поступающий на перегрузочный пункт грузопоток Q_A (производительность автосамосвалов), должен быть равен производительности карьера Q_K , т.е. $Q_A = Q_K$.

С учетом неравномерности работы погрузочно-транспортного оборудования производительность карьера (т/ч) можно представить в виде

$$Q_K = N_{\text{э}} Q_{\text{э}}^{\text{тех}} K_{\text{э}} K_{\text{в}} K_{\text{нер}}^{\text{э}} K_{\text{нер}}^{\text{от}}, \quad (1)$$

где $N_{\text{э}}$ – число работающих экскаваторов в карьере, шт.; $Q_{\text{э}}^{\text{тех}}$ – техническая производительность экскаватора, $K_{\text{э}}$ – коэффициент экскавации; $K_{\text{нер}}^{\text{э}}$ – коэффициент неравномерности работы экскаваторов; $K_{\text{нер}}^{\text{от}}$ – коэффициент неравномерности работы автосамосвала; $K_{\text{в}}$ – коэффициент использования экскаватора.

Значения коэффициентов определяются из выражения

$$K_{\text{нер}}^{\text{э}} = \frac{\sqrt{N_{\text{э}}}}{\sqrt{N_{\text{э}} + \frac{1}{K_{\text{г}}^2}} - 1}, \quad (2)$$

где $K_{\text{г}}^{\text{э}}$ – коэффициент готовности экскаватора,

$$K_{нер}^{om} = \frac{\sqrt{N_a}}{\sqrt{N_a + \frac{1}{K_r^a} - 1}} \quad (3)$$

Здесь N_a - число автосамосвалов, необходимых для обслуживания экскаваторов, шт., K_r^a - коэффициент технической готовности автосамосвала

$$N_a = \frac{Q_3^{mex} \cdot N_3}{\Pi_a}, \quad (4)$$

где Π_a - производительность автосамосвала, т/ч.

$$\Pi_a = \frac{q_a}{t_n + t_{дв}} \quad (5)$$

Здесь q_a - грузоподъемность автосамосвала, т; t_n - продолжительность погрузки автосамосвала, ч:

$$t_n = \frac{q_a}{Q_3^{тех}}, \quad (6)$$

где $t_{дв}$ - продолжительность рейса автосамосвала в грузовом и порожняковом направлениях, ч.

$$t_{дв} = \frac{L_{тр}}{v_{ср}}, \quad (7)$$

где $v_{ср}$ - средняя техническая скорость движения автосамосвалов в груженом и порожнем направлениях, км/ч; $L_{тр}$ - средневзвешенное расстояние транспортирования, км.

После преобразований выражение (4) запишется в следующем виде:

$$N_a = N_3 \left(1 + \frac{Q_3^{тех} \cdot L_{тр}}{v_{ср} \cdot q_a} \right) \quad (8)$$

Анализ зависимости годовой производительности карьера от числа экскаваторов с учетом неравномерности работы погрузочного и транспортного оборудования показывает, что при увеличении емкости ковшей экскаватора с 4,6 м³ (Komatsu D475A-5) до 16 м³ (EX2600-6) годовая производительность карьера при прочих равных условиях увеличивается в 2,5 раза. С ростом числа работающих экскаваторов и автосамосвалов коэффициенты неравномерности растут, приближаясь к значениям, равным единице [7, 8].

Параметр системы массового обслуживания (перегрузочного пункта) в зависимости от производительности и неравномерности работы погрузочно-транспортного оборудования в окончательном виде можно представить выражением

$$\alpha = \frac{N_3^2 Q_3^{mex} K_3 K_6 t_{обс} \sqrt{1 + \frac{Q_3^{mex} \cdot L_{мп}}{v_{ср} \cdot q_a}}}{q_a K_{rc} \left(\sqrt{N_3 + \frac{1}{K_r^a} - 1} \right) \left(\sqrt{N_3 \left(1 + \frac{Q_3^{mex} \cdot L_{мп}}{v_{ср} \cdot q_a} \right) + \frac{1}{K_r^a} - 1} \right)}, \quad (9)$$

где $t_{обс}$ - время обслуживания автосамосвала на перегрузочном пункте, ч.

K_{rc} - коэффициент готовности транспортной системы с автосамосвалами.

Время обслуживания автосамосвала на бункере, оборудованном автоматическими действующими лядами, состоит из времени подачи (t_n) автосамосвала к точке разгрузки, времени открывания ($t_{он}$) ляды, времени закрывания ($t_{зл}$) ляды и времени собственно разгрузки (t_p) т.е.

$$t'_{обс} = t'_n + t_{o.n} + t_{э.n} + t_p \quad (10)$$

Вместе с тем время обслуживания на бункерном перегрузочном пункте характеризуется интенсивностью обслуживания транспортными устройствами на выходе из бункера, т.е.

$$t''_{obc} = \frac{nq_a}{kQ_n}, \quad (11)$$

где n - количество точек разгрузки на бункере; k - число питателей под бункером; Q_n - производительность одного питателя, т/ч.

За время обслуживания $t_{обс}$ принимается большее из вычисленных значений $t'_{обс}$ и $t''_{обс}$.

Производительность питателя (т/ч) должна быть

$$Q_n \geq \frac{nq_a}{kt'_{обс}}. \quad (12)$$

Условие бесперебойной разгрузки автосамосвалов на перегрузочном пункте

$$t_{обс} \leq \frac{nq_a}{kQ_n}. \quad (13)$$

Средняя длина очереди автосамосвалов в зависимости от числа точек разгрузки и параметра α запишется так:

$$M = \frac{\alpha^{n+1}}{n \left(1 - \frac{\alpha}{n}\right)^2 \left[\alpha^n + (n-1)! (n-\alpha) \sum_{k=0}^{n-1} \frac{\alpha^k}{k!} \right]}, \quad \text{при } \frac{\alpha}{n} < 1, \quad (14)$$

где k - число требований в системе.

Из графика (рис. 3), построенного при постоянных значениях α , можно определить рациональное число точек разгрузки n на перегрузочном пункте. Заштрихованная часть графика представляет собой зону наиболее благоприятных условий для бесперебойной разгрузки автосамосвалов на перегрузочном пункте, т.е. зону таких значений n , при которых автосамосвалы практически не будут простаивать в очереди ($M \leq 1$).

Рациональная емкость бункера (V) на перегрузочном пункте определится из выражения

$$V = nq_a. \quad (15)$$

На рис. 4 приведен график зависимости рациональной емкости бункера от производительности карьера для следующих показателей:

$$Q_k = 5 \div 20 \text{ млн. } \frac{\text{т}}{\text{год}}; q_a = 60 \text{ т};$$

$$t_{обс} = 90 \text{ с} - \text{ для автосамосвалов грузоподъемностью } 60 \text{ т};$$

$$t_{обс} = 120 \text{ с} - \text{ для автосамосвалов грузоподъемностью } 91 \text{ т}.$$

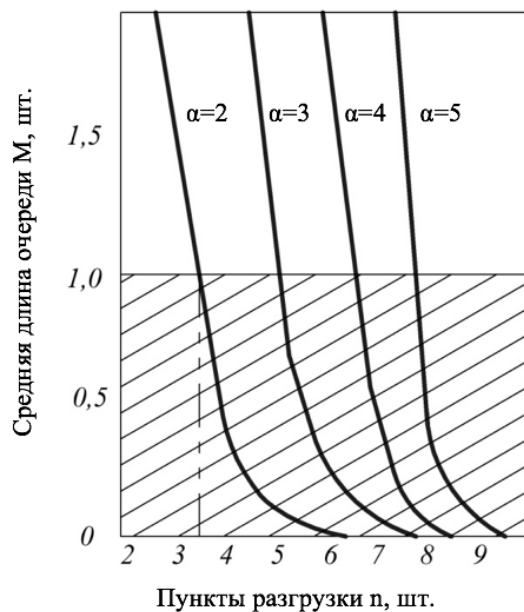
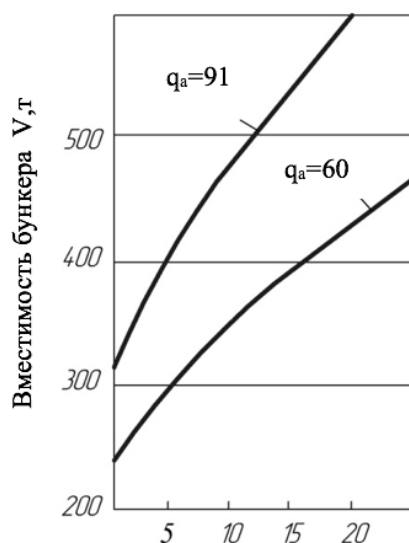


Рис. 3. Зависимость средней длины очереди M от числа точек разгрузки n на бункерном перегрузочном узле



Производительность карьера Q_k , млн. т / год

Рис. 4. Зависимость рациональной емкости V бункера от производительности карьера Q_k

Проведенные исследования показывают, что с увеличением производительности карьера в два раза рациональная емкость бункера увеличивается в 1,7 раза при $q_a = 60$ т и в 1,8 раза при $q_a = 91$ т. Повышение грузоподъемности автосамосвалов с 60 до 91 т при прочих равных условиях вызывает необходимость увеличения емкости бункера в 1,3 раза.

Литература

1. Груздев, А.В. & Осадчий, А.М. & Фурин, В.О. Стационарные и полустационарные дробильно - перегрузочные установки ОАО «Уралмашзавод». *Горный журнал*. 2012. No.11. С. 70-72.
2. Санакулов, К.С. & Шелепов, В.И. Глубокие вводы поточного звена ЦПТ в карьере «Мурунтау». *Рациональное освоение недр*. 2011. No.4. С. 52-57.
3. Юдин, А.В. Самоходный вибропитатель-грохот для загрузки конвейеров в комплексах ЦПТ. *Горный журнал*. 1987. No.3. С. 45-48.
4. Вильсон, У.К. *Вибрационная техника*. Москва: Машгиз. 1963. 415 с.
5. Юдин, А.В. *Теория и технические решения транспортно-перегрузочных систем в карьерах*. Екатеринбург: Изд-во УГГУ. 2011. 507 с.
6. Юдин, А.В. Научно-технические основы создания перегрузочных систем комбинированного транспорта в глубоких карьерах. Дис. ... д-ра техн. наук. Свердловск: СГИ. 1989. 325 с.
7. Яковлев, В.Л. Обоснование стратегии формирования транспортных систем глубоких карьеров. *Повышение эффективности и надежности транспортных систем железорудных карьеров*. Труды ИГД МЧМ СССР. Свердловск. 1988. No.85. С. 6-17.
8. Яковлев, В.Л. Принципы формирования транспортных систем глубоких карьеров. *Проблемы транспорта рудных карьеров*. Труды ИГД МЧМ СССР. Свердловск. 1981. No.66. С. 7-16.