

**ПРИМЕНЕНИЕ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ГОРНОЙ
МАССЫ НА ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫХ ЭТАПАХ ОТКРЫТЫХ
ГОРНЫХ РАБОТ**

Бурмистров К.В., Кидяев В.А., Томилина Н.Г., Гавришев С.Е.

*ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический
университет им. Г.И. Носова»,*

455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38,

*кафедра «Открытая разработка месторождений полезных
ископаемых», e-mail: burmistrov_kv@mail.ru*

Аннотация

В статье обоснована целесообразность применения крутонаклонных подъемников в карьере для транспортирования горной массы при комбинированном способе разработки месторождений. Авторами предлагается изменение схемы вскрытия с устройством конвейерного или скипового подъемника в карьере с целью повышения эффективности комбинированной отработки месторождений.

Ключевые слова: карьерный транспорт, комбинированная разработка, доработка карьера, конвейерный подъемник, скиповой подъемник.

**APPLICATION OF RESOURCE TECHNOLOGICAL SCHEMES
TRANSPORTATION OF ROCKS IN THE FINAL STAGE
OF OPEN CAST MINING**

Burmistrov K., Kidyayev V., Tomilina N., Gavrishov S.

Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov

Abstract

In article the expediency of application steeply lifts in quarry is proved at the combined way of working out of deposits. Authors change of the scheme of opening with the device conveyor or open-pit the lift in quarry for the purpose of increase of efficiency of the combined working off of deposits is offered.

Key words: mining transport, combined open-underground method, completion quarry, conveyor lift, skiphioist.

Наиболее распространенным видом транспорта на карьерах в настоящее время является автомобильный. На его долю приходится около 70% объема перевозок горной массы. Он является автономным и мобильным, что особенно важно для стесненных условий разработки глубоких карьеров. Данные преимущества позволяют в современных условиях

*Проблемы повышения эффективности технологии и организации
перевозок на различных видах транспорта*

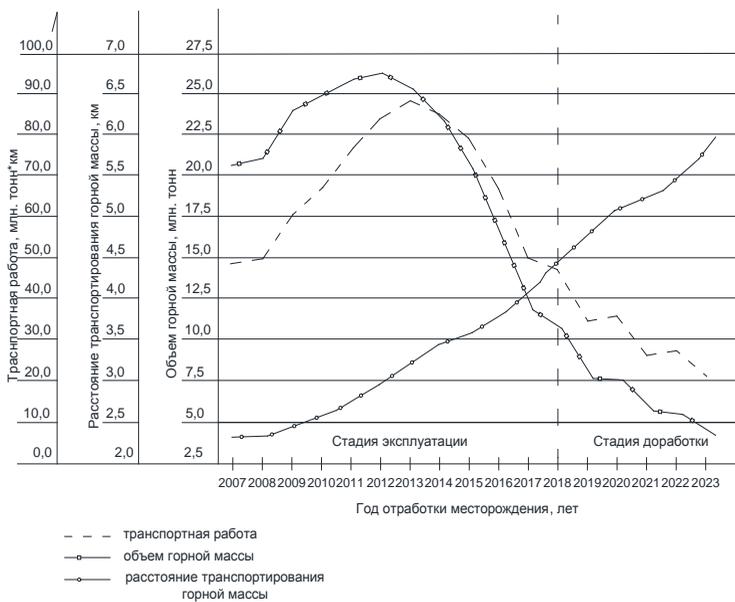
использовать автотранспорт на всех этапах функционирования карьера до глубины 300-400 м и более. В тоже время рядом исследований доказана целесообразность использования автомобильного транспорта до глубины 150 м при расстоянии транспортирования внутри карьера до 3-4 км [1, 2]. Анализ проектной документации и практики разработки ряда железорудных карьеров [3, 4, 5] показал, что при увеличении глубины карьеров и перемещении рабочей зоны на нижние горизонты, объемы транспортирования горной массы сокращаются. При этом транспортная работа либо возрастает, либо уменьшается менее интенсивно по сравнению с сокращением объемов перевозимой породы (рис. 1).

Рост экономических показателей достигается после перехода на комбинированный транспорт. Наиболее перспективным представляется сочетание автомобильного с конвейерным или скиповым транспортом, поскольку они являются менее ресурсоемкими, высокопроизводительными, надежными и безопасными в эксплуатации [9, 10]. Переход на автомобильно-конвейерный (скиповой) транспорт требует строительства в карьере крутой траншеи под конвейерный или скиповой подъемник и, таким образом, изменения схемы вскрытия карьера [5, 6, 7].

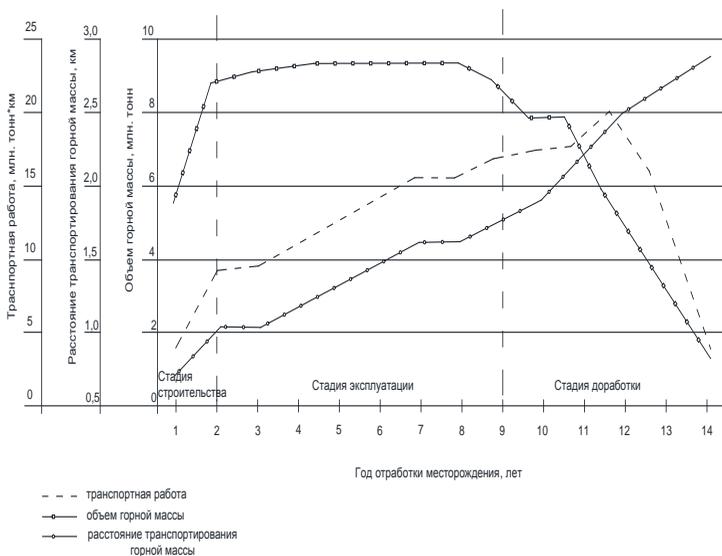
При этом многие карьеры, разрабатывающие крупные месторождения, находятся на стадии доработки или близки к ней. Изменения схемы вскрытия и, соответственно, вида транспорта требуют значительных капиталовложений, период окупаемости которых может превышать срок отработки запасов открытым способом. На таких месторождениях отработка законтурных запасов предусматривается подземным способом с использованием карьера в качестве главной вскрывающей выработки для подземного рудника, что не исключает возможности изменения схемы вскрытия с расчетом на окупаемость вложений при вывозе руды с подземного рудника.

Для оценки целесообразности перехода на комбинированный вид транспорта на завершающих этапах открытых горных работ были выполнены исследования применительно к крутопадающим месторождениям, разрабатываемым комбинированным способом. Так как производительность открытого и подземного рудника на одном и том же разрабатываемом месторождении значительно различается, в ходе исследований использовалось соотношение производительностей карьера (Q_k) и подземного рудника (Q_n). При этом производительность карьера принималась по горной массе, а подземного рудника – по полезному ископаемому.

Для варианта технологической схемы с переходом на автомобильно-конвейерный транспорт расчеты выполнялись для трех вариантов соотношения годового объема вывозимой горной массы из контура карьера (Q_k) и руды с подземного рудника (Q_n) через карьерные выработки при существующей и измененной схеме вскрытия: $Q_n=Q_k$; $Q_n/Q_k<1$; $Q_k=0$.



а) Месторождение Малый Кузбасс (срок открытой разработки - 51 год)



б) Месторождение Северный Нартай (срок открытой разработки - 14 лет)

Рис. 1. Графики изменения транспортной работы, объема горной массы и расстояния транспортирования по годам отработки

Проблемы повышения эффективности технологии и организации перевозок на различных видах транспорта

Для вариантов $Q_{\text{п}}=Q_{\text{к}}$ и $Q_{\text{п}}/Q_{\text{к}}<1$ этап доработки карьера принят равным 10 годам, срок эксплуатации подземного рудника – 10 лет. Для варианта $Q_{\text{к}}=0$ – срок эксплуатации подземного рудника – 20 лет. Глубина карьера – 500 м, глубина расположения концентрационного горизонта в карьере – 400 м.

При равном годовом объеме вывоза горной массы из карьера и с подземного рудника через карьерные транспортные коммуникации $Q_{\text{п}}=Q_{\text{к}}=1$ млн тонн в год приведенные затраты практически равны в каждый момент времени, за исключением периода строительства подъемника (рис. 2а). Таким образом, при данной производительности подъемника капитальные затраты на строительство не окупаются.

При производительности подъемника 1,5 млн тонн (рис. 2б) наблюдается превышение затрат на автотранспорт по отношению к автомобильно-конвейерному, что позволяет получить экономический эффект в размере 25 млн руб.

Таким образом, изменение схемы вскрытия карьера целесообразно при объеме вывоза горной массы конвейерным подъемником более 1,5 млн. тонн в год.

Для варианта $Q_{\text{п}}/Q_{\text{к}}<1$ производительность карьера принималась от 5, 10 и 15 млн тонн в год по вскрышным породам, подземного рудника – от 1 до 7 млн тонн в год по руде. Глубина расположения концентрационного горизонта в карьере – от 200 до 400 м.

Приведенные затраты на транспортирование горной массы в период доработки карьера автомобильно-конвейерным транспортом, как уже доказано при $Q_{\text{п}}/Q_{\text{к}}=1$, ниже затрат на автомобильный транспорт при объеме транспортирования более 1,5 млн тонн в год. Далее исследования проводились для этапа отработки запасов подземного рудника.

На рис. 3 и 4 приведены зависимости изменения затрат по годам отработки для вариантов загрузки подземного рудника $Q_{\text{п}}/Q_{\text{к}}=0,2; 0,3$ и $0,4$.

При $Q_{\text{п}}/Q_{\text{к}}=0,2$ (рис. 3а) приведенные затраты на вывоз руды с подземного рудника автомобильно-конвейерным транспортом выше затрат на автотранспорт, что свидетельствует о неэффективности его использования. Таким образом, при данном соотношении конвейерный подъемник выгодно использовать только в карьере.

При отношении $Q_{\text{п}}/Q_{\text{к}}=0,3$ и более приведенные затраты на автомобильно-конвейерный ниже затрат на автомобильный транспорт (рис. 3б), что свидетельствует об эффективности строительства подъемника. Это соотношение является граничным при определении экономической эффективности строительства подъемника в карьере.

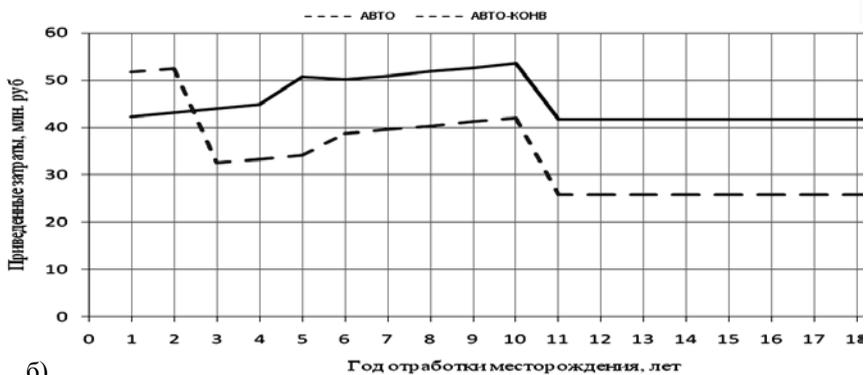
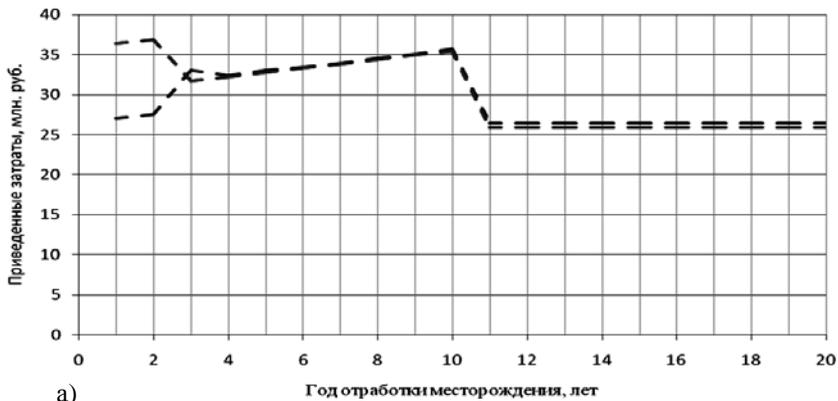


Рис. 2. График изменения приведенных затрат на транспортирование по годам отработки при Q_k : а) 1; б) 1,5; в) 3 млн. тонн/год

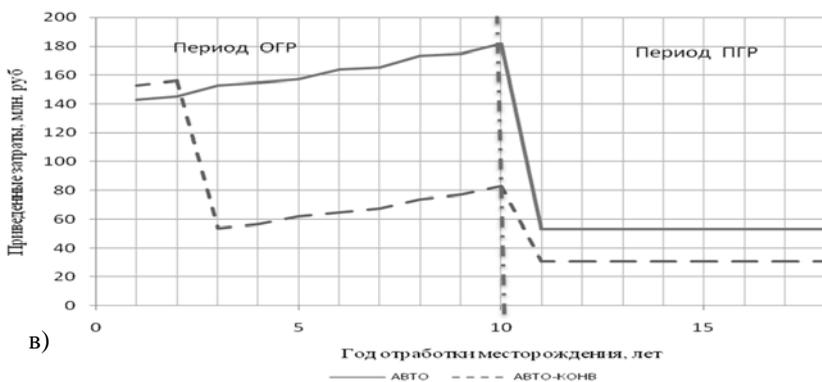
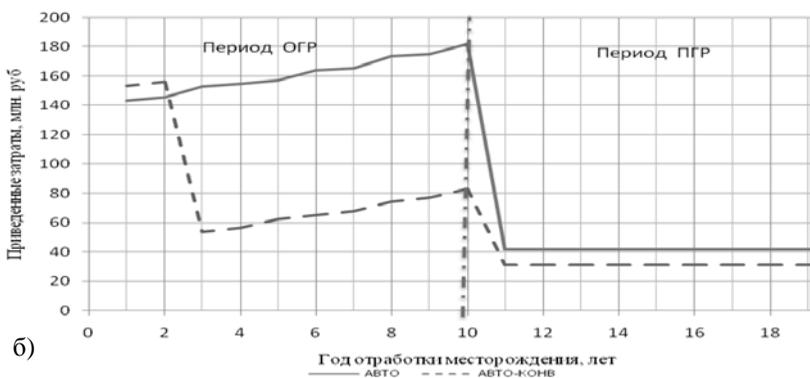
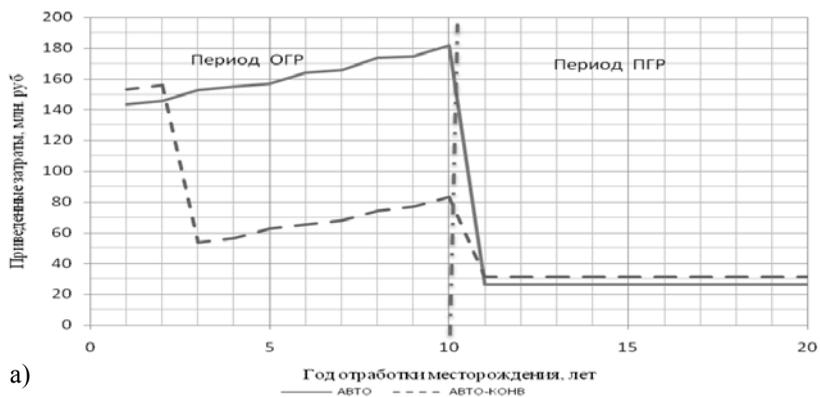


Рис. 3. График изменения приведенных затрат на транспортирование по годам отработки, при $Q_k=5$ млн т в год и глубине расположения концентрационного горизонта в карьере-300м: а) $Q_H/Q_k=0,2$; б) $Q_H/Q_k=0,3$; в) $Q_H/Q_k=0,4$

На рис. 4 показаны графики изменения приведенных затрат на транспортирование при объеме вывоза по карьере 5 млн тонн в год. Как мы видим на рис.4а, соотношение 0,3 является экономически эффективным при высоте подъема горной массы по карьеру 300 м. На рис.4б показано, что соотношение 0,2 эффективно при высоте подъема 400 м.

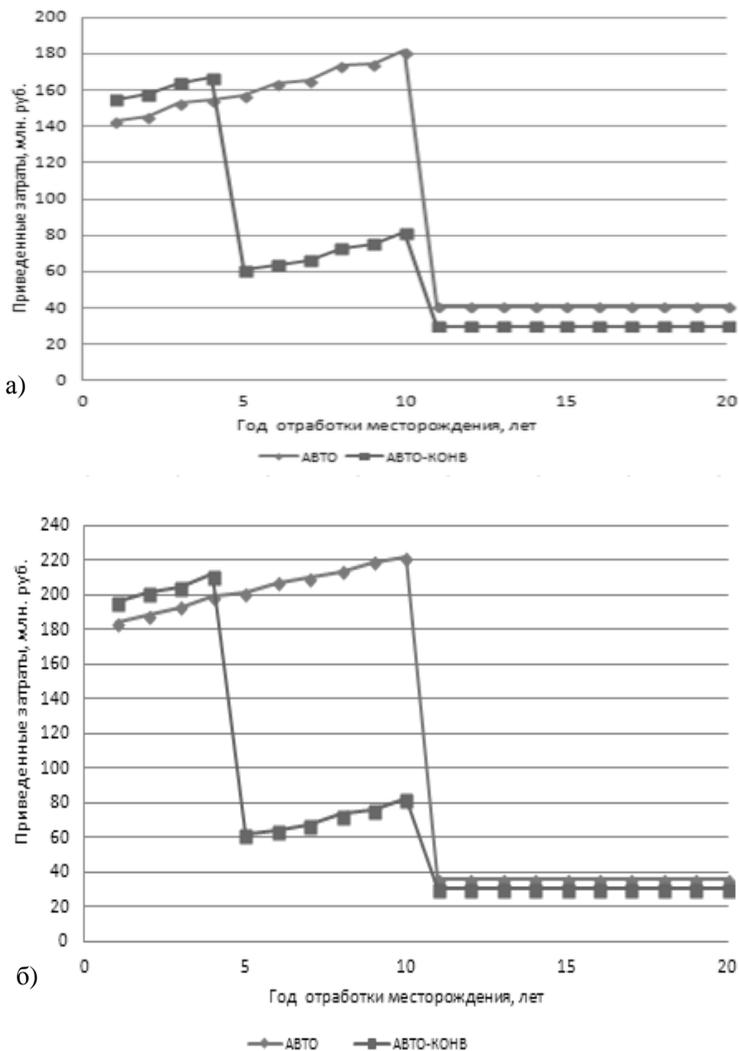


Рис. 4. График изменения приведенных затрат на транспортирование по годам отработки при $Q_k=5$ млн т в год: а) глубина расположения концентрационного горизонта в карьере $H=300$ м и $Q_n/Q_k=0,3$; б) $H=400$ м, $Q_n/Q_k=0,2$.

При варианте с вывозом руды с подземного рудника через карьерное пространство ($Q_k=0$) схема вскрытия карьера изменялась уже при полностью доработанных запасах в контуре карьера. Глубина расположения концентрационного горизонта в карьере принималась от 200 до 500 м. Производительность подземных рудников от 1 до 7 млн тонн в год. Срок отработки подземного рудника принят равным 20 годам.

При данном варианте изменение схемы вскрытия карьера целесообразно при объеме вывозимой с подземного рудника руды более 2 млн тонн. При глубине расположения концентрационного горизонта в карьере - 500 м и производительности подземного рудника 7 млн тонн в год экономический эффект превышает 1 млрд руб. Величина экономического эффекта растет прямо пропорционально производительности подземного рудника (или участка, поставляющего руду для вывоза через карьер).

При варианте с вывозом руды с подземного рудника через карьерное пространство с помощью скипового подъемника условия моделирования принимались аналогичными расчетам при конвейерном транспорте.

При определении отношения Q_n/Q_k , при котором использование скипового подъемника будет эффективным для разных объемах вывозимой руды из карьера и из подземного рудника, решающее значение имеет высота подъема и производительность шахты:

1) при глубине расположения концентрационного горизонта 300 м в карьере скип окупаются при объеме вывозимой горной массы более 4 млн тонн в год. Для дальнейшего эффективного использования скипового подъемника для вывоза законтурных запасов карьера необходимо, чтобы производительность шахты была более 1,5 млн тонн в год. В этом случае затраты на скиповой подъем меньше затрат на вывоз автотранспортом;

2) при глубине расположения концентрационного горизонта 400 м в карьере скип окупаются при объеме вывозимой горной массы более 3 млн тонн в год. Для дальнейшего эффективного использования скипового подъемника необходимо, чтобы производительность шахты была более 1 млн тонн. В этом случае затраты на скиповой подъем меньше затрат на вывоз автотранспортом.

При равной производительности карьера и подземного рудника эффективным является ввод скипового транспорта при высоте подъема руды более 200 м и производительности карьера-шахты более 3 млн тонн в год. При производительности 2 млн тонн в год для окупаемости капитальных вложений в строительство подъемника необходимо, чтобы высота подъема скиповым транспортом была не менее 400 м.

Результаты расчета экономического эффекта для разных глубин расположения концентрационного горизонта в карьере и производительности подземного рудника приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты расчета экономического эффекта (в млн руб.) для разной высоты подъема и производительности при вывозе руды из шахты через карьер на 20-й год эксплуатации подъемника

Высота подъема, м	Производительность подземного рудника, млн тонн/год						
	1	2	3	4	5	6	7
200	-132	-53	15	83	162	229	299
250	-120	-30	60	145	291	320	423
300	-107	-6	105	207	306	409	518
350	-94	21	144	268	418	594	623
400	-81	48	183	331	465	599	728
450	-68	77	298	467	556	684	839
500	-56	107	274	439	607	771	948

Таким образом доказано, что изменение схемы вскрытия карьера с переходом на автомобильно-скиповой транспорт целесообразно при годовом объеме вывозимой с подземного рудника руды от 2 млн тонн и высоте подъема по карьеру более 350 м. Величина дисконтированного экономического эффекта от строительства скипового подъемника зависит прямо пропорционально от объема вывозимой руды. Окупаемость капитальных вложений достигается в срок от 2 до 15 лет.

Для решения задачи определения целесообразности изменения схемы вскрытия карьера на завершающем этапе его функционирования разработана экономико-математическая модель, учитывающая приведенные затраты на автомобильный и комбинированный виды транспорта.

Экономико-математическая модель представляет собой систему уравнений, описывающих зависимость величины приведенных затрат от нескольких факторов. Математическое моделирование изменения схемы вскрытия карьера при комбинированной разработке месторождения заключается в определении условий, при которых эти затраты будут минимальными. В общем виде такое условие запишется как

$$\begin{aligned} \Sigma Z_1 &= f(Q_k, Q_n, L_k, H_k, Z_o, Z_p), \\ \Sigma Z_2 &= f(Q_k, Q_n, L_k, H_k, Z_o, Z_p), \end{aligned} \quad (1)$$

где $\Sigma Z_1, \Sigma Z_2$ – приведенные затраты соответственно при существующей и измененной схемах вскрытия карьера, руб.;

Q_k и Q_n – соответственно производственная мощность карьера и подземного рудника;

L_k – расстояние транспортирования горной массы по карьерным выработкам до поверхности;

H_k – глубина карьера;

Z_0 и Z_n – запасы месторождения, подлежащие доработке соответственно открытым и подземным способом.

Целевая функция модели

$$\mathcal{E} = \Sigma Z_1 - \Sigma Z_2 \rightarrow \max, \quad (2)$$

максимизируют экономию приведенных затрат при изменении схемы вскрытия карьера по сравнению с существующей схемой.

По полученным в ходе исследований результатам были построены зависимости годовых эксплуатационных затрат по годам отработки месторождения ($Z=f(T)$). Затем зависимости были описаны в виде степенных и линейных функций, после чего была произведена интерполяция этих функций для различной годовой производительности подъемника (Q) и различной глубины расположения концентрационного горизонта (H). В итоге были получены коэффициенты при неизвестных для функций, определяющих величину приведенных затрат при изменении схемы вскрытия карьера (уравнения (1) и (2)):

Уравнение (1) для перехода на автомобильно-конвейерный транспорт:

$$\mathcal{E} = 0,116 \cdot H \cdot (0,75 \cdot 1,39^{Q_k} \cdot T_k^{0,111} + 0,57 \cdot Q_n \cdot T_n - 0,83 \cdot 1,39^{Q_k} \cdot T_{cn}^{0,111} - e^{0,18 \cdot Q_n} \cdot T_n^{0,22}), \text{ млн руб};$$

где H – глубина расположения концентрационного горизонта в карьере, м;

Q_k, Q_n – годовой объем вывоза горной массы для этапа доработки карьера и этапа подземной разработки месторождения, млн тонн/год;

T_k, T_{cn} и T_n – соответственно срок отработки запасов в контуре карьера, строительства подъемника и отработки запасов подземного рудника, лет;

0,116 - эмпирический размерный коэффициент, 1/м;

0,75; 0,83 - эмпирические размерные коэффициенты, 1/год;

0,57 - эмпирический размерный коэффициент, 1/млн тонн;

0,18 – эмпирический размерный коэффициент, год/млн тонн.

Уравнение (2) для перехода на автомобильно-скиповой транспорт:

$$\mathcal{E} = 0,087 \cdot H \cdot (1,39^{Q_k} \cdot T_k^{0,111} + 0,46 \cdot Q_n \cdot T_n - 0,9 \cdot 1,39^{Q_k} \cdot T_{cn}^{0,15} - 0,71^{Q_n} \cdot T_n^{0,35}), \text{ млн руб};$$

где 0,087 - эмпирический размерный коэффициент, 1/м;

0,9 - эмпирический размерный коэффициент, 1/год;

0,46 - эмпирический размерный коэффициент, 1/млн тонн.

На выбор конкретного типа подъемника влияет большое количество факторов [9], которые разделены на три группы: горно-технические, горно-геологические и экономические.

Таким образом, выполненные исследования позволяют сделать следующие выводы:

- изменение схемы вскрытия и вида транспорта на заключительных этапах разработки месторождения открытым способом традиционно считается не целесообразным, т.к. это требует значительных капиталовложений и длительных сроков внедрения. При этом ограниченный срок данного этапа может оказаться недостаточным для окупаемости нового оборудования;
- при традиционном подходе не учитывается возможность дальнейшего использования данной схемы вскрытия и, соответственно, оборудования при доставке руды из подземного рудника по карьерным транспортным коммуникациям;
- изменение схемы вскрытия путем внедрения более экономичных и экологичных видов транспорта, таких как конвейерный или скиповый подъемники, позволят улучшить интегральные технико-экономические показатели комбинированной отработки месторождения в целом.

Библиографический список

1. Васильев М. В. Комбинированный транспорт на карьерах. – М., Недра, 1975. – 360 с.
2. Васильев М.В. Транспорт глубоких карьеров.–М.Недра,1983.–295с.
3. Выбор оптимального направления развития горных работ в период интенсивной разработки месторождения «Малый Куйбас» / С.Е. Гавришев, К.В Бурмистров, А.А. Колонюк [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – С. 302-306.
4. Гавришев С.Е., Бурмистров К.В., Колонюк А.А. Обоснование схемы вскрытия карьера «Северный Наратай» с учетом отработки контурных запасов // Комбинированная геотехнология: теория и практика реализации полного цикла комплексного освоения недр: материалы международного научно-технической конф. – Магнитогорск, МГТУ, 2011. –С.26-27.
5. Обоснование целесообразности применения крутонаклонных подъемников в карьере при комбинированном способе разработки месторождения / С.Е. Гавришев, К.В. Бурмистров, В.А. Кидяев [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень. –2012.–№ 6. – С.165-172.
6. Гавришев С.Е., Бурмистров К.В., Кидяев В.А. Использование преимуществ карьерного комбинированного транспорта при открыто-подземной разработке месторождений//Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова.–2010.–№ 3.– С.25-28.
7. Изменение способа вскрытия карьера на различных этапах отработки крутопадающих месторождений / С.Е. Гавришев, К.В Бурмистров, А.А. Колонюк [и др.] / Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – № 8 – С. 225-228.
8. Гавришев С.Е., Бурмистров К.В., Томилина Н.Г. Обоснование

факторов, обуславливающих применение крутонаклонных подъемников при комбинированном способе разработки месторождений // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2012. – № 4. – С. 5-10.

9. Осинцев Н.А. Безопасность транспортно-технологических процессов открытых горных работ: монография. – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. – 115 с.

10. Гавришев С.Е. Организационно-технологические методы повышения надежности и эффективности работы карьеров: монография. – Магнитогорск: МГТУ, 2002. – 231 с.

УДК 656.073.9, 656.025.4

ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Котова И.В., Попов А.Т.

*ФГБОУ ВПО «Липецкий государственный технический университет»
Россия, 398600, г. Липецк, ул. Московская, д.30,
кафедра «Организация перевозок», kotova_ira@mail.ru,
popov@stu.lipetsk.ru*

Аннотация

В статье рассматриваются преимущества и недостатки, возникающие при использовании специализированного и универсального подвижного состава, а также сделана попытка экономической оценки их свойств.

Ключевые слова: специализированный подвижной состав, универсальный полувагон, вагонный парк, стоимость доставки груза.

ADVANTAGES AND DISADVANTAGES OF SPECIALIZED ROLLING STOCK

Kotova I., Popov A.

Lipetsk State Technical University

Abstract

All the advantages and benefits are treated in this article, springing up while using specialized and multipurpose movable train, and also the attempts to give some economic assessments to these qualities have been made.

Key words: specialized movable train, multipurpose gondola car, carriage rolling stock, delivering cargo's price.

В последнее время руководителями логистических подразделений активно выдвигаются предложения по постепенному отказу от специализированных парков вагонов для различных перевозок (как сырья, так и