

УДК 622.271.32.013.3

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

ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КРУТОНАКЛОННЫХ ПОДЪЕМНИКОВ В КАРЬЕРЕ ПРИ КОМБИНИРОВАННОМ СПОСОБЕ РАЗРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Предложено изменение схемы вскрытия с устройством конвейерного или скипового подъемника в карьере с целью повышения эффективности комбинированной отработки месторождений.

Ключевые слова: комбинированная разработка, доработка карьера, конвейерный подъемник, экономическая эффективность.

Целесообразность применения крутонаклонных подъемников при разработке месторождений открытым способом доказана многими исследованиями. При этом строительство данных подъемников предусматривается в период эксплуатации карьера при достижении карьером глубины около 100 м. Строительство подъемника и изменение схемы вскрытия карьера на этапе доработки внутренних запасов считается ненецелесообразным, т.к. это требует значительных капиталовложений и сроков внедрения, а ограниченный срок данного этапа может оказаться недостаточным для окупаемости нового оборудования. В тоже время при этом не учитывается, что данная схема вскрытия, и соответственно оборудование, могут быть использованы в дальнейшем для целей подземного рудника при доставке руды по карьерным транспортным коммуникациям.

Для обоснования целесообразности применения крутонаклонных подъемников в карьере при комбинированном способе разработки место-

рождения проведены исследования по изменению схемы вскрытия карьера для строительства автомобильно-конвейерного или автомобильно-скипового подъемников в период доработки внутренних запасов и при уже доработанных запасах в контуре карьера.

В ходе проведенных исследований для карьеров глубиной до 500 м рассматривалась целесообразность изменения схемы вскрытия наклонными траншеями (уклон 80 %) на комбинированную — наклонными и крутыми траншеями (уклон 325 %) под автомобильно-конвейерный и автомобильно-скиповую транспорт. Соответственно, действующий на карьере автомобильный транспорт комбинировался с конвейерным или скиповым для вывоза горной массы из карьера, а затем руды с подземного рудника.

Переход на автомобильно-конвейерный транспорт.

Расчеты выполнялись для трех вариантов соотношения годового объема вывозимой горной массы из контура карьера (Q_k) и руды с подземного

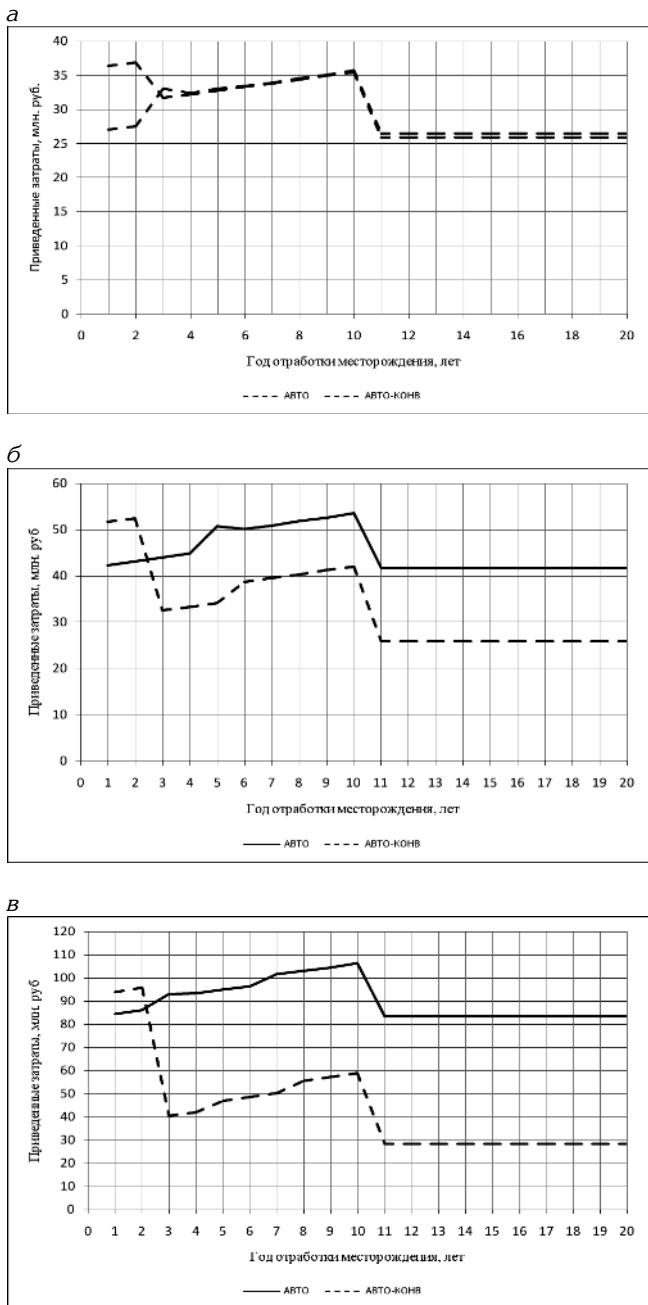


Рис. 1. График изменения приведенных затрат на транспортирование по годам отработки при Q_k : а — 1; б — 1,5; в — 3 млн т в год

рудника (Q_p) через карьерные выработки при существующей и изменен-

ной схеме вскрытия:
 $Q_p = Q_k$; $Q_p/Q_k < 1$; $Q_k = 0$.

Для вариантов $Q_p = Q_k$ и $Q_p/Q_k < 1$ этап доработки карьера принят равным 10 годам, срок эксплуатации подземного рудника — 10 лет. Для варианта $Q_k = 0$ — 0 и 10 лет соответственно. Глубина карьера — 400 м, глубина расположения концентрационного горизонта в карьере — 300 м.

При равном годовом объеме вывоза горной массы из карьера и из подземного рудника через карьерные транспортные коммуникации $Q_p = Q_k = 1$ млн т в год приведенные затраты практически равны в каждый момент времени, за исключением периода строительства подъемника (рис. 1, а). Таким образом при данной производительности подъемника капитальные затраты на строительство не окупаются.

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

Таким образом, изменение схемы вскрытия карьера дает положительный экономический эффект от изменения затрат на транспортирование горной массы

Таблица 1

Результаты расчета дисконтированного экономического эффекта при различном объеме вывоза горной массы конвейерным подъемником

из контура карьера и с подземного рудника при объеме вывоза горной массы конвейерным подъемником более 1,5 млн т в год. Срок окупаемости капитальных вложений при этом составляет от 2 до 13 лет при объеме вывоза горной массы конвейерным подъемником соответственно 7 и 1,5 млн т в год.

При разработке месторождения производительность карьера по горной массе, как правило, значительно больше, чем производительность подземного рудника ($Q_{\text{п}}/Q_{\text{к}} < 1$). В ходе исследований рассматривались различные соотношения производительности подземного рудника ($Q_{\text{п}}$) и карьера ($Q_{\text{к}}$). Производительность карьера принималась от 1 до 15 млн т в год по вскрышным породам, подземного рудника — от 1 до 7 млн тонн в год по руде. Глубина расположения концентрационного горизонта в карьере — 300 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 т в год. Далее исследования проводились для этапа отработки запасов подземного рудника.

Рассмотрим варианты соотношений $Q_{\text{п}}/Q_{\text{к}}=0,2; 0,3; 0,4$, т.к. они являются промежуточными при определении целесообразности (нечелесообразности) изменения схемы вскрытия.

При $Q_{\text{п}}/Q_{\text{к}}=0,2$ (рис. 2, 3, а) 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 вывоз руды с подземного рудника автомобильно-конвейерным ниже затрат на автомобильный транспорт (рис. 2, 3, б), что свидетельствует о неэффективности его использования. Это соотношение является граничным при определении экономической эффективности от строительства конвейерного подъемника.

На рис. 4 показаны кривые изменения суммарного экономического эффекта при отношении объема вывоза руды с подземного рудника по карьерным транспортным коммуникациям к производительности подъемника в карьере — 0,2; 0,3 и 0,4, из которых видно, что экономически

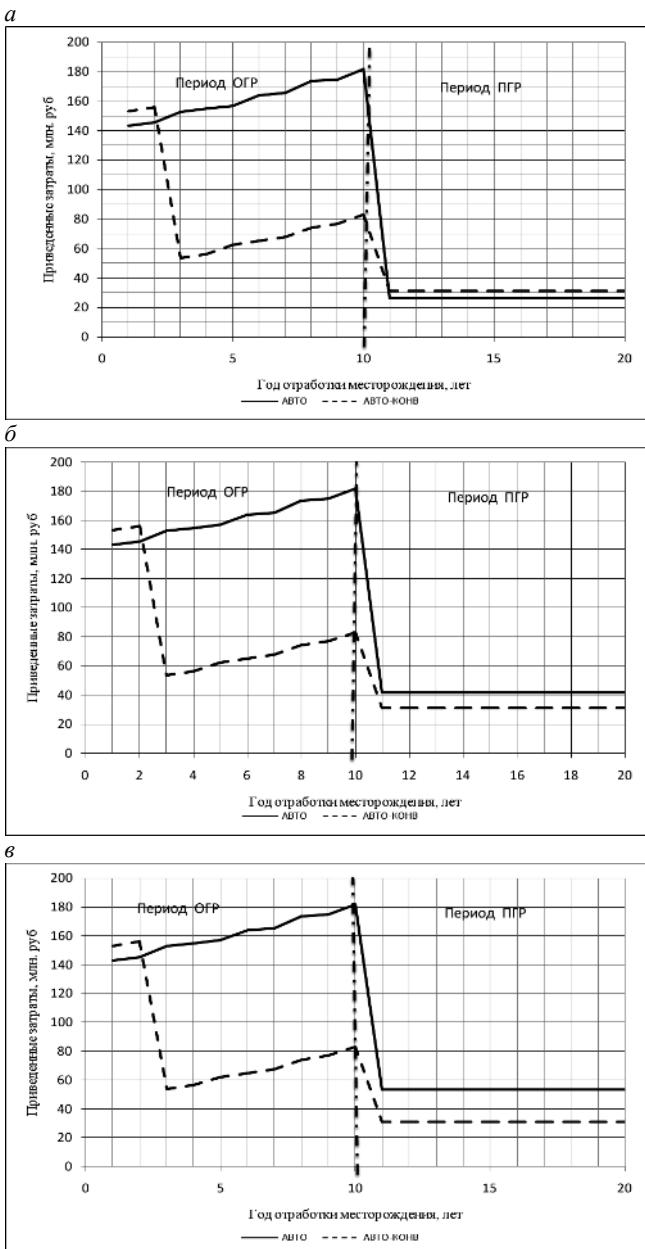


Рис. 2. График изменения приведенных затрат на транспортирование по годам отработки при $Q_k=5$ млн тонн в год: а — $Q_p/Q_k=0,2$; б — $Q_p/Q_k=0,3$; в) $Q_p/Q_k=0,4$

эффективным является строительство конвейерного подъемника при $Q_p/Q_k > 0,3$.

Несмотря на то что в [3] приведенные с учетом соответствующих коэффициентов к ценам настоящего времени.

При варианте с вывозом руды с подземного рудника через карьерное пространство ($Q_k=0$) схема вскрытия карьера изменилась 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 т в год. Срок отработки подземного рудника принят равным 20 годам. Изменение схемы вскрытия карьера целесообразно при объеме вывозимой с подземного рудника руды более 2 млн т. При глубине расположения концентрационного горизонта в карьере — 500 м и производительности подземного рудника 7 млн тонн в год дисконтированный экономический эффект превышает 1 млрд руб. Величина дисконтируемого экономического эффекта растет в прямой пропорциональности производительности подземного рудника (или участка, поставляющего руду для вывоза через карьер).

При расчете автомобильно-конвейерного транспорта использовались показатели стоимости строительства, приведенные в [3], приведенные с учетом соответствующих коэффициентов к ценам настоящего времени.

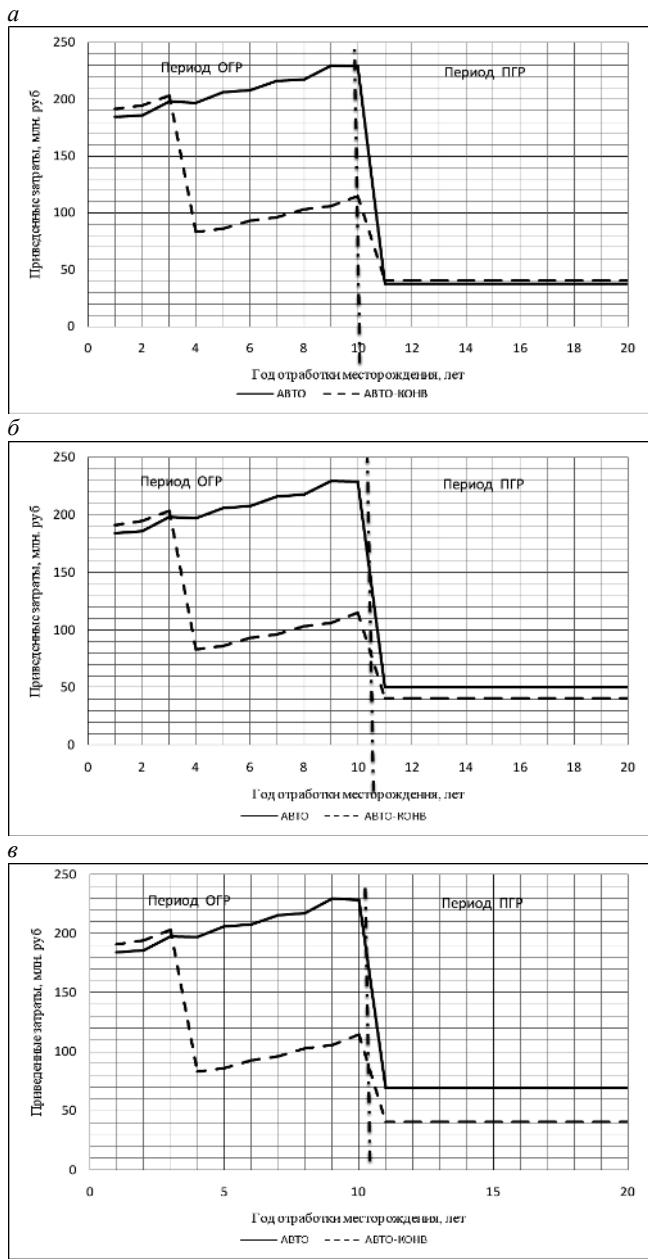


Рис. 3. График изменения приведенных затрат на транспортирование по годам отработки при $Q_k=10$ млн тонн в год: а — $Q_p/Q_k=0,2$; б — $Q_p/Q_k=0,3$; в — $Q_p/Q_k=0,4$

Переход на автомобильно-скиповую транспорт.

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_p/Q_k , при котором использование скипового подъемника будет эффективным при разном объеме 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 окупается при объеме вывозимой горной массы более 4 млн т в год. Для дальнейшего эффективного использования скипового подъемника для вывоза законтурных запасов карьера необходимо, чтобы производительность шахты была более 1,5 млн т. В этом случае затраты на вывоз автотранспортом больше затрат на скиповой подъем.

2) при глубине расположения концентрационного горизонта 400 м в карьере скип окупается при объеме вывозимой горной массы более 3 млн т в год. Для дальнейшего эффективного использования скипового подъемника необходимо, чтобы производительность шахты была более 1 млн т. В этом случае затраты на

автомобильную транспорт.

Таблица 2

Результаты расчета дисконтированного 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

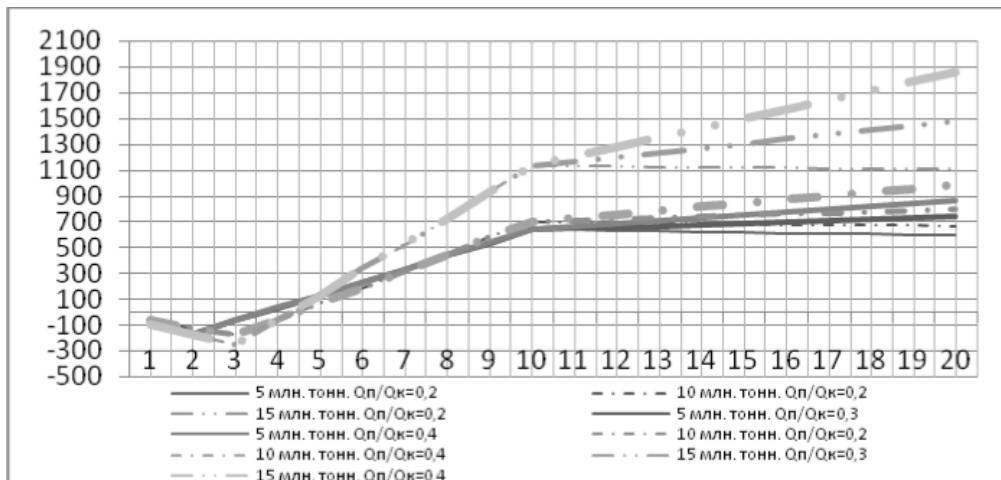


Рис. 4. График изменения экономического эффекта по годам отработки месторождения при измененной схеме вскрытия после строительства конвейерного подъемника по сравнению с автомобильным транспортом при $Q_k=5, 10$ и 15 и соотношении $Q_p/Q_k=0,2, 0,3$ и $0,4$

вывоз автотранспортом больше затрат на склоновой подъем.

При равной производительности карьера и подземного рудника эффективным является ввод склонового 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 склоновым транспортом была не менее 400 м.

Расчетные данные дисконтированного экономического эффекта (в млн руб.) при разных глубинах расположения концентрационного горизонта в карьере и производительности подземного рудника приведены в табл. 2.

Т.о. доказано, что изменение схемы вскрытия карьера с переходом на автомобильно-склоновой транспорт

целесообразно при годовом объеме вывозимой с подземного рудника руды от 2 млн т и высоте подъема по карьеру более 350 м. Величина дисkontированного экономического эффекта от строительства скипового подъемника находится в прямо-пропорциональной зависимости от объема вывозимой руды. Окупаемость капитальных вложений достигается в срок от 2 до 15 лет.

При расчете автомобильно-скипового транспорта использовались показатели стоимости строительства по Сибайскому карьеру, приведенные в [4] с учетом переводных коэффициентов.

Для решения задачи определения целесообразности изменения схемы вскрытия карьера на этапе его доработки использовалась экономико-математическая модель, приведенная в [5] разработана экономико-математическая модель, преобразованная с учетом применения комбинированного транспорта для целей открытого и подземного рудника.

Экономико-математическая модель изменения схемы вскрытия карьера представляет сумму зависящих от нескольких факторов приведенных затрат. 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 можно записать:

$$\Sigma Z_1 = f(Q_k, Q_{\text{ш}}, L_k, Q_o, Q_p)$$

$$\Sigma Z_2 = f(Q_k, Q_{\text{ш}}, L_k, H_k, Q_o, Q_p)$$

где ΣZ_1 , ΣZ_2 — приведенные затраты соответственно при существующей и измененной схеме вскрытия карьера, руб.; A_k и $A_{\text{ш}}$ — производственная мощность карьера и подземного рудника соответственно; L_k — расстояние транспортирования горной массы по карьерным выработкам до поверхности; H_k — глубина карьера; Q_o и Q_p — запасы месторождения, подлежащие доработке открытым и подземным способом соответственно.

В общем виде экономико-математическая модель расчета экономической эффективности может быть представлена выражением

$$\mathcal{E} = \Sigma Z_1 - \Sigma Z_2 \rightarrow \max.$$

Таким образом, целевая функция при экономико-математическом моделировании изменения схемы вскрытия карьера представляет максимум разности между приведенными затратами при существующей схеме вскрытия карьера и при измененной.

При $\mathcal{E} > 0$ или $\mathcal{E} \leq 0$ — изменение существующей схемы вскрытия на карьере является соответственно экономически целесообразным и нецелесообразным.

Таким образом, проведенные исследования показывают, что изменение схемы вскрытия, путем внедрения более экономичных и экологичных видов транспорта, таких как конвейерный или скиповой подъемники, позволяют улучшить итоговые технико-экономические показатели комбинированной отработки всего месторождения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кидяев В.А. Разработка экономико-математической модели и методики перехода на новую схему вскрытия в карьере при открыто-подземной разработке месторождений. Сборник статей пятой международной научно-практической конференции

«Геотехнология-2010». — Джетыгара, Казахстан, 2010. — С. 58—60.

2. Гавришев С.Е., Бурмистров К.В., Кидяев В.А. Целесообразность изменения схемы вскрытия карьера при комбинированной разработке месторождений. Сборник статей ме-

ждународной научно-технической конференции «Комбинированная геотехнология. Комплексное освоение и сохранение недр земли». — Магнитогорск: МГТУ, 2011. — С. 77—83.

3. Пособие по определению укрупненных технико-экономических показателей стоимости строительства для сравнения ва-

риантов и выбора видов промышленного транспорта (к СНиП 2.05.07-85).

4. Васильев М.В. Транспорт глубоких карьеров. — М.: Недра, 1983. — 295 с.

5. Щелканов В.А. Комбинированная разработка рудных месторождений. — М.: Недра, 1974. — 232 с. ГИАС

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Гавришев Сергей Евгеньевич — доктор технических наук, профессор,
Бурмистров Константин Владимирович — кандидат технических наук,
e-mail: burmistrov_kv@mail.ru,

Кидяев Вячеслав Андреевич — аспирант, e-mail: kidyaevba@mail.ru,

Томилина Нурия Гумаровна — аспирант, e-mail: t.nuria@yandex.ru,
Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова



Р У К О П И С И , ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОНВЕРСИОННЫХ ВВ В ПРОЦЕССАХ ВЗРЫВНЫХ РАБОТ

(№895/06-12 от 16.03.12, 11 с.)

Франтов Александр Евгеньевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник
ИПКОН РАН.

Разработана методика оценки технико-экономической эффективности применения конверсионных взрывчатых материалов в различных способах разрушения взрывом (дроблении руды и негабарита, взрывании кумулятивными зарядами линейной и кольцевой формы, контурном взрывании, взрывании вертикальных камерных зарядов, проходке горных выработок, ликвидации зависаний руды, отбойке руды в зоне открытого-подземного яруса, повторном разрушении руды при подземном выщелачивании и др.).

Ключевые слова: конверсионные взрывчатые вещества, комбинированная открыто-подземная разработка, подземное выщелачивание, взрывное разрушение, дробление, взрывание кумулятивными зарядами, проходка горных выработок, контурное взрывание

TO A QUESTION OF AN ASSESSMENT OF ECONOMIC EFFICIENCY OF APPLICATION CONVERSION EXPLOSIVE SUBSTANCES IN PROCESSES OF EXPLOSIVE WORKS

Frantov Alexander Evgenyevich

The technique of an estimation of technical and economic efficiency of application of demilitarization explosive materials in various ways of destruction by explosion (crushing and ungabarit crushing, blasting shaped charges and ring jet charge, smooth-wall blasting, blasting vertical chamber charges, driving,, liquidations of lags of ore, blasting in combination open-pit and underground mining, secondary crushing for underground leaching, etc.) has been developed.

Key words: demilitarization explosive materials, combination open-pit and underground mining, underground leaching, blast breaking, crushing, blasting shaped charges, driving,, smooth-wall blasting.