

УДК 622.222 : 622.647

Громов Евгений Викторович
научный сотрудник,
Горный институт КНЦ РАН,
184209, г. Апатиты Мурманской обл.,
ул. Ферсмана, 24
e-mail: evgromov@goi.kolasc.net.ru

**РАЗРАБОТКА СПОСОБОВ ВСКРЫТИЯ
ГЛУБОКОЗАЛЕГАЮЩИХ РУДНЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ
СОВРЕМЕННЫХ ТИПОВ
КОНВЕЙЕРНОГО ТРАНСПОРТА**

Аннотация:

Показаны недостатки схемы вскрытия запасов месторождения для подземной разработки месторождения «Олений ручей» с выдачей руды по вертикальному слепому скиповому стволу и конвейерной штольне на поверхность. Разработаны рациональные схемы вскрытия запасов месторождения с применением современных типов конвейеров, предусматривающие поэтапный ввод рудника в эксплуатацию. Получен ряд зависимостей технологических параметров ленточного конвейера, позволяющих частично типизировать и упростить его эксплуатационный расчет. По предложенным вариантам выполнено укрупненное технико-экономическое сравнение. Показано преимущество поэтапного вскрытия подземных запасов месторождения «Олений ручей» наклонными конвейерными стволами.

Ключевые слова: подземная разработка, схемы вскрытия запасов, шахтный ствол, скип, штольня, камера подъемной машины, камера дробления, конвейер, технико-экономическое сравнение

Gromov Evgeny V.
researcher,
the Mining Institute, KSC RAS
184209, Apatites, Murmansk region,
Fersman st. 24
e-mail: evgromov@goi.kolasc.net.ru

**ELABORATION THE PROCESSES
OF MINING DEEP-BEDDING ORE
DEPOSITS APPLYING UP-TO-DATE
CONVEYOR TRANSPORT**

Abstract:

The drawbacks of previously developed process of the Oleny Ruchey deposit reserves subsurface mining are revealed, the ore being hoisted to the surface through a vertical skip shaft and a conveyor adit. Efficient schemes of the deposit development were worked out employing up-to-date conveyors that provide for staged mine introduction into operation. Dependencies of a belt conveyor's technological parameters have been obtained that permit to partially typify and simplify its operating calculation. An extended feasibility comparison was performed on the methods proposed. The advantages of staged mining subsurface reserves of the Oleny Ruchey deposit by inclined conveyor shaft are displayed.

Key words: subsurface mining, the patterns of subsurface reserves development, mine shaft, skip, adit, hoisting chamber, crushing chamber, conveyor, feasibility comparison

Введение

Месторождение «Олений Ручей» расположено в крайней юго-восточной части Хибинского массива, в долинах ручьев Минерального и Оленьего, на расстоянии 22 км от города Кировска Мурманской области. С северо-востока месторождение «Олений Ручей» примыкает к Ньоркпахкскому месторождению, разрабатываемому Восточным рудником АО «Апатит». Месторождение приурочено к склонам гор Ньоркпахк, Суолауйв и Коашкар. Абсолютные отметки рельефа находятся в пределах $+300 \div +700$ м.

Запасы месторождения «Олений ручей» составляют 385,5 млн т. Рудные тела в пределах месторождения сконцентрированы в двух ярусах: верхнем – мощностью 200 м и нижнем – мощностью от 50 до 330 м. Они разделены безрудной толщей мощностью 200 – 300 м (рис. 1). В настоящее время разработка месторождения осуществляется открытым способом при годовой производительности рудника 3,0 млн т. Календарным графиком строительства начало добычи подземными горными работами предусматри-

вается с 2016 г. с последующим выходом на производительность по добыче и переработке 6 млн т руды в год к 2020 г., которая будет поддерживаться до 2064 г. Балансовые запасы подземного рудника составляют 353 млн т при бортовом содержании P_2O_5 4 %.

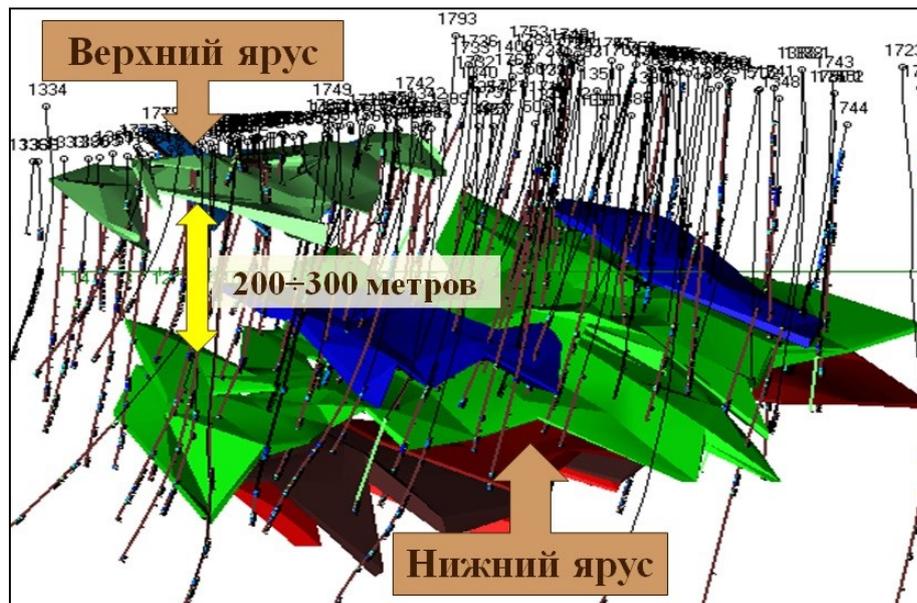


Рис. 1 – Модели рудных тел верхнего и нижнего ярусов месторождения «Олений ручей»

Вскрытие запасов месторождения «Олений ручей» для подземной разработки по существующему проекту должно осуществляться тремя штольнями различного назначения с отметок +240 м: Транспортной, Конвейерной, Вентиляционной (рис. 2). Проектом предусматривается строительство трех вертикальных стволов: Главного № 1 (ГС-1) (слепого), Воздухоподающего № 1 (слепого) и Вспомогательного № 1.

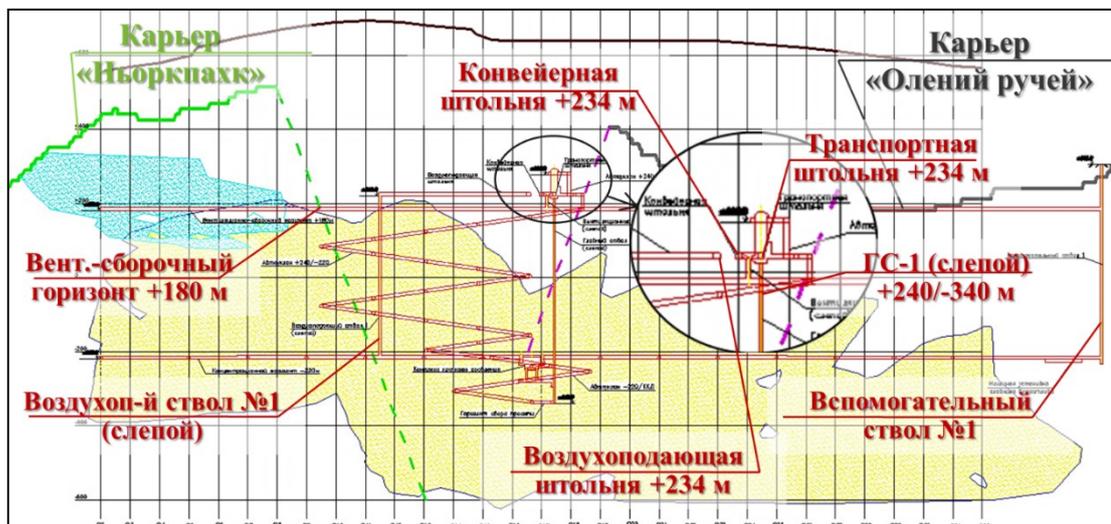


Рис. 2 – Схема вскрытия месторождения «Олений ручей» по проекту АО «Гипроруда»

Транспортная схема по проекту предусматривает выдачу руды от комплекса крупного дробления (ККД) с концентрационного горизонта -220 м по ГС-1, оборудованному скиповым подъемом (емкость скипов по 20 м^3 каждый), на уровень транспортного горизонта $+240$ м, где руда перегружается на конвейерную линию, расположенную в Конвейерной штольне. Основные параметры ГС-1: диаметр в свету 6 м, глубина 580 м, отметки сопряжений с выработками горизонтов $+240$, -300 , -340 м. На горизонте $+240$

м от приемного бункера ГС -1 по конвейерным штольне (длина 1350 м) и галерее (длина 135 м) руда поступает в перегрузочный бункер обогатительной фабрики.

Выработки концентрационного горизонта –220 м предполагается оборудовать железнодорожными путями узкой колеи (750 мм), и транспортировать руду в вагонетках с донной разгрузкой от рудоспусков до разгрузочных станций ККД.

*Разработка альтернативных проектным решениям
вариантов вскрытия запасов месторождения «Олений ручей»*

Выполненные ранее в Горном Институте КНЦ РАН исследования показали преимущество вскрытия данного месторождения конвейерными транспортными выработками по сравнению со скиповым и автомобильным типом транспортирования. Расчеты показали, что применение дробильно-конвейерных комплексов на выдаче руды позволяет

- существенно сократить сроки ввода рудника в эксплуатацию (до 2,6 раза);
- уменьшить объем первоначальных капитальных вложений в строительство пускового комплекса и в приобретение основного технологического оборудования (до 4,75 млрд руб.), распределив их во времени;
- сократить эксплуатационные расходы первой очереди подземного рудника;
- избежать неблагоприятного геомеханического состояния горного массива в районе строительства камер подъемной машины (высотой 73,3 м и объемом 5398 м³) и разгрузки скипов (объемом 26259 м³) ГС-1 в условиях месторождения, склонного к проявлению горного давления в динамической форме.

С учетом этого в рамках технологического регламента рассмотрены варианты вскрытия запасов месторождения с применением современных типов конвейеров.

Схемы вскрытия первоочередного участка запасов нижнего яруса месторождения «Олений ручей» предполагают выдачу руды конвейерным транспортом в отметках +240/–40 м. Предварительно руда, поступающая по капитальным рудоспускам РС № 1 и РС № 2, проходит стадию крупного дробления. Далее сборочным ленточным конвейером (СЛК) руда передается на магистральные конвейерные линии, по которым поступает на обогатительную фабрику.

Производительность рудника при отработке запасов первоочередного участка составит 1 млн т/год, однако параметры соответствующих горно-механических установок сформированы исходя из проектной производительности рудника в 6 млн т/год.

Для выпуска руды из рудоспусков предполагается использование фронтальных люковых устройств NMT (фирма «Nordic», Канада), успешно зарекомендовавших себя на руднике «Северный» ОАО «Кольская ГМК». При промышленных испытаниях на руднике «Северный» данное люковое устройство показало высокую техническую готовность, а также производительность до 5,5 млн т/год на единицу оборудования. Дробление руды предусматривается осуществлять на полустационарных двухвалковых дробилках первичного дробления DRC 18-18 с пластинчатыми питателями типа RFK 1800 x 13000 - D6I (фирма «ThyssenKrupp», Германия). Технико-экономическое сравнение с аналогами – щековыми дробилками компании «Metso», эксплуатируемыми в настоящее время на Расвумчоррском руднике АО «Апатит», – показало превосходство и универсальность дробилок DRC 18-18. Основными преимуществами данного оборудования являются

- возможность работы без дополнительных закупок при росте производительности от 1 до 6 млн т/год;
- простота устройства и надежность работы валковой дробилки;
- возможность совместного использования с любым типом конвейеров (обеспечивает дробление в одну стадию с заданной крупностью куска на выходе от 350 до 150

мм, а аналогичная установка вторичного дробления, смонтированная на фабрике, позволит выдать продукт с крупностью 30 мм, избежав традиционной для апатит-нефелиновых руд стадии среднего дробления) [1, 2].

Все рассматриваемые варианты транспортирования руды в зависимости от пространственного расположения транспортных коммуникаций предусматривают 6 схем с различными комбинациями последовательно установленных конвейеров:

- горизонтальных и наклонных (варианты № 1, 4, 6);
- горизонтальных, наклонных, а также крутонаклонных (варианты № 2, 3);
- горизонтальных и радиального наклонного (вариант № 5) [3, 4].

Для всех вариантов вскрытия конвейеры в наклонных и горизонтальных выработках устанавливаются в кровле, что позволяет обеспечить механизированную уборку просыпи и уменьшить площадь сечения конвейерных выработок. Все предусмотренное горно-транспортное оборудование, а также параметры его работы согласованы с фирмами-производителями на основе технико-коммерческих предложений.

Моделирование объектов геотехнологии осуществлялось программными средствами системы MINEFRAME [5, 6].

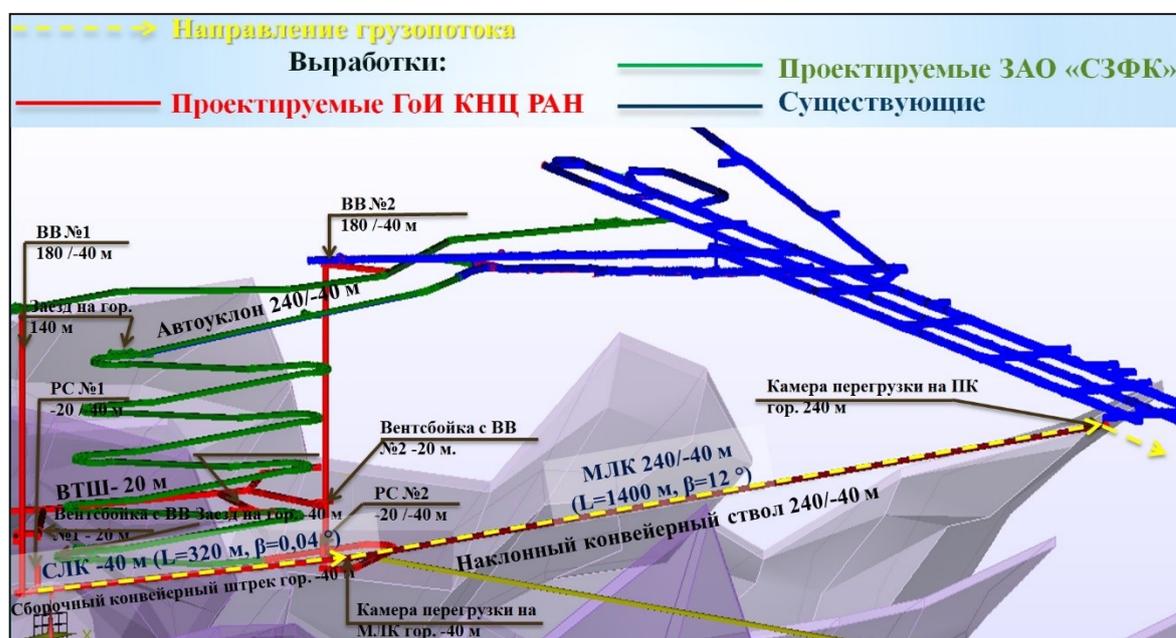


Рис. 3 – Схема вскрытия №1 с транспортированием руды по наклонному конвейерному стволу

Схема вскрытия № 1 (рис. 3) предполагает использование горизонтальных и наклонных ленточных конвейеров. Руда из рудоспусков после крупного дробления поступает на горизонтальный сборочный ленточный конвейер горизонта -40 м, посредством которого перегружается на наклонный магистральный конвейер и выдается на поверхность, где происходит перегрузка на поверхностный конвейер и дальнейшее транспортирование на обогатительную фабрику.

Схема вскрытия № 2 предусматривает удлинение СЛК в отметках $-40/+3$ м с увеличением угла наклона конвейера до 12 градусов. Далее на отметке $+3$ м происходит перегрузка на вертикальный конвейер типа «Flexowell» с лентой ящичного вида, который поднимает руду до отметки $+234$ м, где оборудуется перегрузочный узел на существующую конвейерную штольню, по которой руда транспортируется до обогатительной фабрики на расстояние $L=1442$ м (рис. 4, а) [7].

Схема вскрытия № 3 аналогична варианту № 2. Отличие заключается в том, что вместо вертикального используется крутонаклонный конвейерный подъем с углом

наклона $\beta=50^{\circ}$ и протяженностью транспортирования $L=360$ м. При данной схеме сокращается протяженность сборочного конвейера на 180 м (рис. 4, б).

В качестве крутонаклонного конвейерного транспортера предлагается использование конвейерной системы «RailCon» производства компании «Doppelmaug Transport Technology GmbH» (Австрия). Конвейер «RailCon» – это транспортер непрерывного действия, который объединяет в себе преимущества испытанных технологий железной дороги и традиционного ленточного конвейера. Система состоит из плоской ленты с боковыми гофрированными бортами и интегрированными через определенное расстояние колесными парами. Колеса движутся по рельсам, исключая боковой сход ленты, выполняющей тяговую функцию [9].

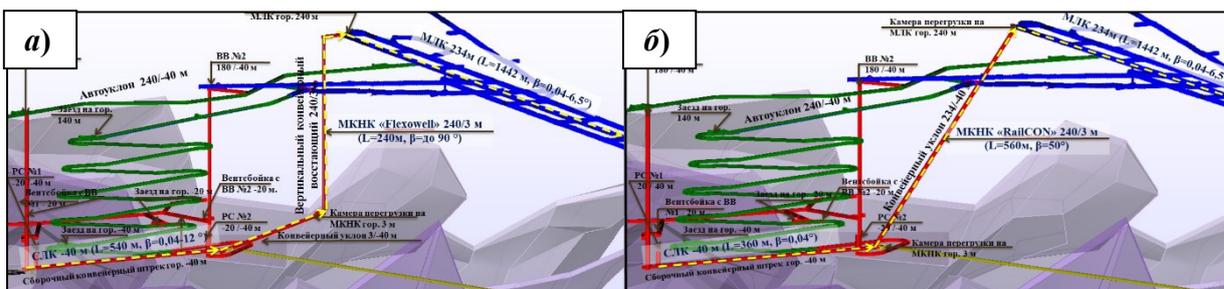


Рис. 4 – Схемы вскрытия:

- а) № 2 – с транспортированием руды горизонтально-наклонным и вертикальным конвейерами;
- б) № 3 – с транспортированием руды ленточными и крутонаклонным конвейерами

Схема вскрытия № 4 предполагает транспортирование руды ленточным конвейером по конвейерному уклону под углом $\beta=12^{\circ}$ до перегрузочного узла в устье рудоспуска +249/+234 м (рис. 5). Днище рудоспуска оборудуется люковым устройством, которым регулируется перепуск руды на конвейерную штольню. Кроме того, в отметках +249/+234 м имеется автоуклон в камеру перегрузки.

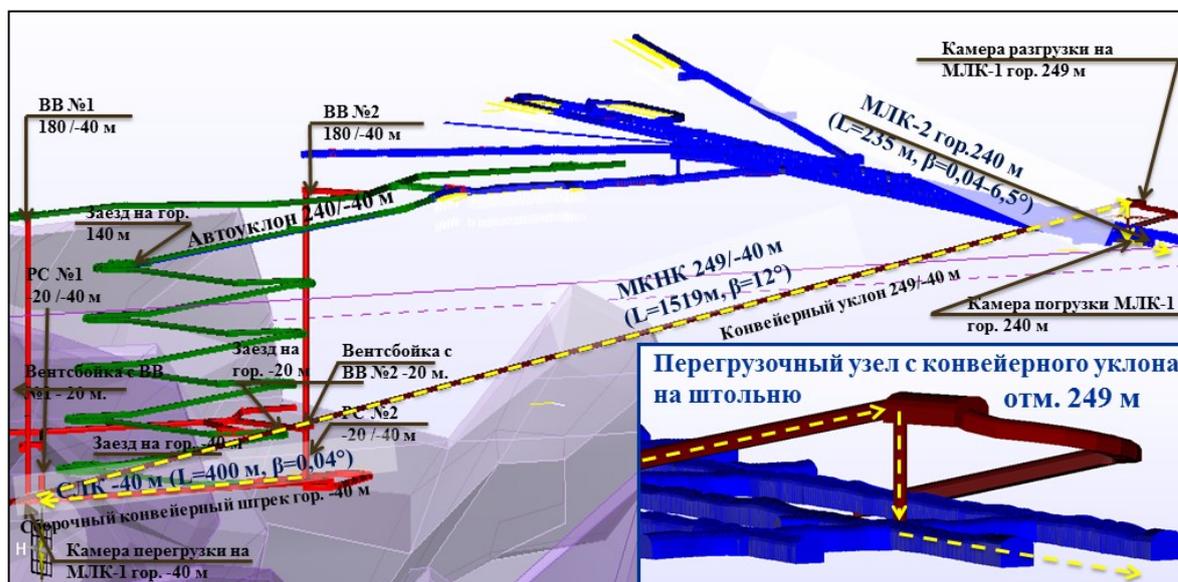


Рис. 5 – Схема вскрытия № 4 с транспортированием руды по конвейерным уклону с рудоспуском и штольне

В схеме вскрытия № 5 (рис. 6, а), предусматривается перегрузка руды с СЛК на магистральный ленточный конвейер, состоящий из трех участков: радиального наклонного, расположенного в стволе ($\beta=12^{\circ}$, $L=1311$ м), горизонтального в конвейерной штольне ($L=287$ м) и наклонного поверхностного ($\beta=6,5^{\circ}$, $L=155$ м).

Магистральным конвейером руда транспортируется в бункер крупнодробленой руды обогатительной фабрики. Отличительной особенностью данного варианта вскрытия является применение криволинейного в плане ленточного конвейера с одним горизонтальным поворотным участком радиусом 1880 м, что позволяет избавиться от необходимости сооружения дополнительных перегрузочных узлов. Большой опыт в проектировании пространственных криволинейных конвейерных систем имеется у компании «Weimergrour» (Германия). Примером такого конвейера является проект, реализованный в провинции Сычуань (Китай), где план трассы представлен 8 поворотными участками с радиусом поворота от 1000 м. Общая протяженность трассы при этом составляет 12,6 км без перегрузочных станций [10].

Схема вскрытия № 6 (рис. 6, б) предполагает удлинение СЛК на 120 м в сторону конвейерной штольни до достижения единой вертикальной плоскости в точке перегрузки (отметка +10 м) на магистральный ленточный конвейер, состоящий, аналогично предыдущему варианту, из трех участков: наклонного, расположенного в стволе ($\beta=12^\circ$, $L=1080$ м), горизонтального в конвейерной штольне ($L=71$ м) и наклонного поверхностного ($\beta=6,5^\circ$, $L=155$ м).

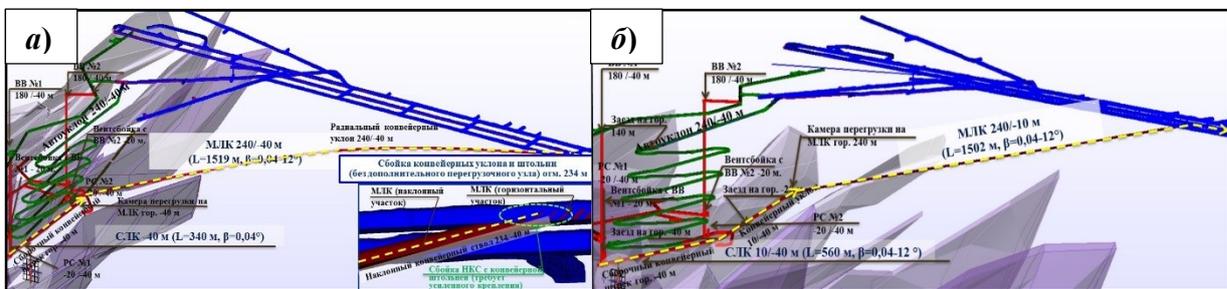


Рис. 6 – Схемы вскрытия:

- а) № 5 – с транспортированием руды по конвейерным радиальному уклону и штольне;
- б) № 6 – с транспортированием руды по конвейерным уклонам и штольне

Достоинства и недостатки по рассматриваемым вариантам вскрытия, оцененные по наиболее существенным техническим характеристикам, представлены в табл. 1.

*Технико-экономические показатели начального периода
отработки запасов месторождения*

В данном разделе приведены результаты расчетов технических характеристик конвейерного оборудования, капитальных затрат на строительство и приобретение основного оборудования по вариантам вскрытия, а также определены эксплуатационные затраты за 10 лет работы дробильно-транспортных комплексов.

При эксплуатационном расчете конвейерного оборудования коэффициенты использования календарного фонда времени определялись по формуле

$$K_{\text{исп.кал}} = \frac{T_{\text{ф}}}{T_{\text{кал}}},$$

- где $T_{\text{ф}} = (T_{\text{н}} - T_{\text{пр}} - T_{\text{рем}}) \times K_{\text{г}}$ – фактическое количество часов работы оборудования;
- $T_{\text{кал}}$ – календарный фонд рабочего времени;
- $T_{\text{н}}$ – нормативное или плановое количество часов работы, ч;
- $T_{\text{пр}}$ – принятое время простоев по организационным причинам, ч;
- $T_{\text{рем}}$ – временные нормы продолжительности текущих ремонтов, ч;
- $K_{\text{г}} = \frac{1}{1 + \frac{1-K_1}{K_1} + \frac{1-K_2}{K_2} + \frac{1-K_3}{K_3} + \frac{1-K_n}{K_n}}$ – коэффициент готовности ДКК;
- K_1, \dots, K_n – коэффициенты готовности.



Таблица 1

Достоинства и недостатки по рассматриваемым вариантам вскрытия

Характеристики	Вариант №1	Вариант №2	Вариант №3	Вариант №4	Вариант №5	Вариант №6
Использование существующей конвейерной штольни	<i>Не задействована</i>	Полное использование	Полное использование	77 м	71 м	287 м
Освоенность применяемого оборудования	Все оборудование достаточно хорошо освоено на многих рудниках	<i>Небольшой опыт использования вертикальных конвейеров на скальных рудах</i>	<i>Отсутствует опыт эксплуатации КНК типа «RailCon» на подземных рудниках</i>	Все оборудование достаточно хорошо освоено на многих рудниках	Все оборудование достаточно хорошо освоено на многих рудниках	Все оборудование достаточно хорошо освоено на многих рудниках
Количество промежуточных перегрузочных узлов	2	2	2	3	1	1
Объем горно-проходческих работ, м ³	107 480	84 590	80 585	110 277	105 611	105 678
Дополнительные затраты на строительство и крепление	<i>строительство портала наклонного ствола</i>	нет	нет	<i>сооружение дополнительного перегрузочного узла, рудоспуска и автосъезда к его устью</i>	<i>крепление конвейерных уклона и штольни в месте стыковки</i>	<i>крепление конвейерных уклона и штольни в месте стыковки</i>
Прочие существенные характеристики	- возможность проходки наклонного ствола встречными забоями; <i>- изменение транспортной схемы на поверхности</i>	- в 2-3 раза уменьшается диаметр шахтного ствола по сравнению с использованием скипового подъема; - высокий коэффициент технической готовности вертикального конвейера; <i>- высокая стоимость конвейерной ленты</i>	- отсутствие присутствующих традиционным ленточным конвейерам, продольных изгибных циклов в КНК за счет использования ходовых опор, что повышает срок службы ленты, полностью загрузки и обеспечивает снижение энергоемкости	- возможность проходки наклонного ствола встречными забоями; <i>- необходимость приобретения оборудования для дополнительного перегрузочного узла</i>	- возможность проходки наклонного ствола встречными забоями; - минимум перегрузок за счет применения криволинейного в плане ленточного конвейера	- возможность проходки наклонного ствола встречными забоями; - минимум перегрузок; <i>- необходимость удлинения штрекового конвейера</i>

Примечание: *красным курсивом* выделен текст, описывающий отрицательные характеристики вариантов, черным без курсива – положительные

В целях упрощения многовариантных расчетов ленточных конвейеров определена зависимость удельной мощности привода конвейера от годовой производительности дробильно-конвейерного комплекса (рис. 7).

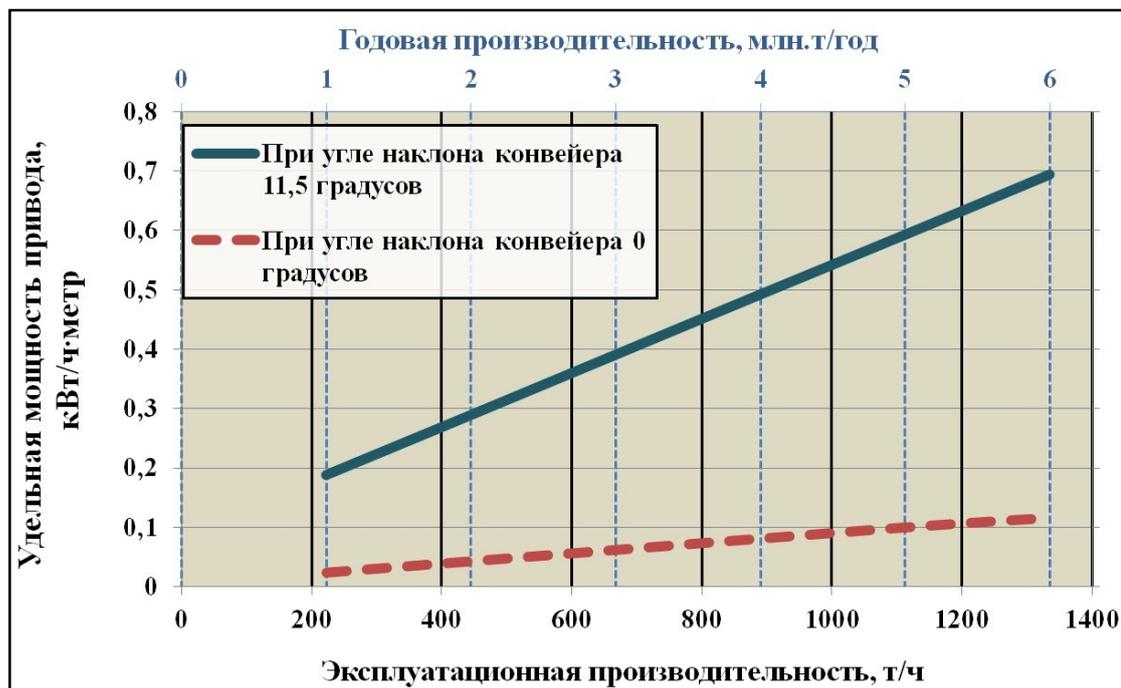


Рис. 7 – Зависимость удельной мощности привода конвейера от производительности

Значения часовой производительности конвейера, соответствующие определенной годовой производственной мощности ДКК даны для наиболее простой системы, состоящей из 1 комплекта оборудования дробления и выпуска руды, а также одного конвейера, где $K_{исп.кал.} = 0,75$. Для расчета более сложных систем, состоящих из большего количества оборудования, предложен повышающий поправочный коэффициент (k_n) к удельной потребляемой мощности двигателя ($N_{уд}$), значение которого при $K_{исп.кал.} = 0,75$ равняется единице (рис. 8). Таким образом, умножая $N_{уд}$ на k_n , можно получить скорректированное значение удельной мощности для ДКК с любым количеством единиц оборудования.

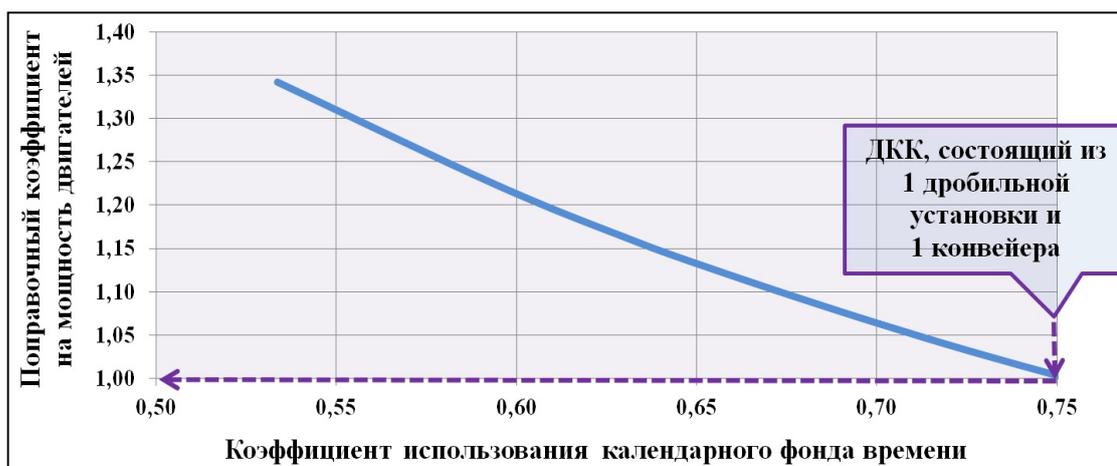


Рис. 8 – Зависимость поправочного коэффициента мощности двигателя ленточного конвейера от коэффициента использования календарного фонда

Основные технические характеристики конвейерного оборудования по рассматриваемым вариантам схем вскрытия приведены в табл. 2.



Таблица 2

Технические характеристики рассматриваемых вариантов вскрытия

Параметры	Ед. изм.	I Вариант			II Вариант			III Вариант			IV Вариант			V Вариант		VI Вариант	
		СЛК	МЛК	ПК	СЛК	МКНК	МЛК	СЛК	МКНК	МЛК	СЛК	МЛК -1	МЛК -2	СЛК	МЛК	СЛК	МЛК
Годовая продолжительность работы комплекса	час.	5920			5920			5920			5725			6130		6130	
Коэффициент технической готовности / то же с учетом оборудования выпуска и дробления руды	-	0,89/0,82			0,89/0,82			0,89/0,82			0,86/0,79			0,92/0,85		0,92/0,85	
Эксплуатационная производительность	тыс. т/год	До 6 000			До 6 000			До 6 000			До 6 000			До 6 000		До 6 000	
Тип конвейера		ЛЖ			ЛЖ	Flexowell	ЛЖ	ЛЖ	RailCon	ЛЖ	ЛЖ			ЛЖ		ЛЖ	
Угол наклона конвейера	град.	0,1	11,4	6,5	0÷12	90	0÷6,5	0,1	50	0÷6,5	0,1	12	0÷6,5	0,1	0÷12	0÷11	0÷12
Длина	м	360	1339	155	540	240	1442	360	360	1442	400	1420	235	345	1519	560	1502
Общая протяженность транспортирования	м	1854			2222			2162			2055			1864		2062	
Ширина ленты конвейера	мм	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	800	1000	1000	1000	1000	1000	1200	1000	1200
Разрывное усилие ленты	Н/мм	800	2800	400	800	8000	800	800	8000	800	800	2800	630	800	2800	800	2800
Скорость движения ленты	м/с	2,5	2,5	2,5	2,5	1÷4	1÷2,7	2,5	1÷3,3	1÷2,7	2,5	2,5	2,5	2,7	2,7	2,7	2,7
Общая номинальная мощность приводов	кВт																
- при Ag = 1 млн т	"-	308			293			323			334			305		340	
- при Ag = 6 млн т	"-	1619			1541			1696			1755			1603		1785	
Гранулометрический состав (кусковатость)	мм	-300			-200+0			-200+0			-300			-300		-300	

СЛК – сборочный ленточный конвейер, МЛК – магистральный ленточный конвейер, МКНК – магистральный крутонаклонный конвейер, ЛЖ – ленточный желобчатый

Оценка эксплуатационных затрат выполнена по следующим статьям:

- вспомогательные материалы;
- электроэнергия;
- услуги производственного характера;
- затраты на оплату труда;
- отчисления на социальные нужды;
- амортизация основных фондов.

В качестве исходных данных приняты цены и тарифы на отдельные виды затрат, а также сетка страховых взносов в ПФ РФ, ФСС РФ, ФФОМС и ТФОМС. Основные технико-экономические показатели (ТЭП) по вариантам вскрытия приведены в табл. 3 и на рис. 9. Изменение оценочной себестоимости дробления и транспортирования руды при наращивании производственной мощности подземного рудника от 1 до 6 млн т/год приведено на рис. 10.

Таблица 3

Технико-экономические показатели по схемам вскрытия

Наименование показателей	Единицы измерения	Варианты схем вскрытия					
		I	II	III	IV	V	VI
Годовая добыча руды	млн т	1÷6	1÷6	1÷6	1÷6	1÷6	1÷6
– в среднем за расчетный период	"-	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6
Добыча за весь расчетный период	"-	36	36	36	36	36	36
Период отработки запасов (эксплуатации комплекса)	лет	10	10	10	10	10	10
Срок строительства	"-	2,2	2,3	2,3	2,2	2,2	2,2
Капитальные вложения:	млн руб.	1845,1	1814,3	1690,0	1888,9	1813,0	1837,9
– горно-капитальные работы (ГКР)	"-	1490,6	1270,1	1240,6	1523,0	1462,3	1463,0
– оборудование	"-	354,5	544,2	449,4	365,9	350,7	374,8
Годовые эксплуатационные затраты, всего	"-	232,9	237,4	222,7	242,1	233,2	237,2
– в том числе амортизация	"-	176,9	175,6	163,2	181,2	177,1	178,6
Средняя себестоимость 1 т руды	руб.	64,7	65,9	61,9	67,2	64,8	65,9
– в том числе амортизация основных фондов	"-	49,2	48,8	45,3	50,3	49,2	49,6
Эксплуатационные расходы за расчетный период, всего	млн руб.	2329,3	2373,9	2226,8	2420,6	2331,9	2371,6
– в том числе амортизация	"-	1769,5	1755,7	1631,9	1812,4	1771,1	1786,0

Анализируя представленные результаты, следует отметить, что минимальные капитальные вложения характерны для варианта № 3 с транспортированием руды по горизонтальным и крутонаклонному конвейерам, что в большей степени обусловлено наименьшими объемами горно-проходческих работ. Установленные зависимости себестоимости дробления и транспортирования руды от роста годовой производительности рудника показывают тенденцию к ее планомерному снижению с наращиванием производственной мощности по всем схемам вскрытия. При минимальных значениях производительности наиболее экономичными являются варианты № 5, 6 (комбинации горизонтальных и наклонных конвейеров), однако, по

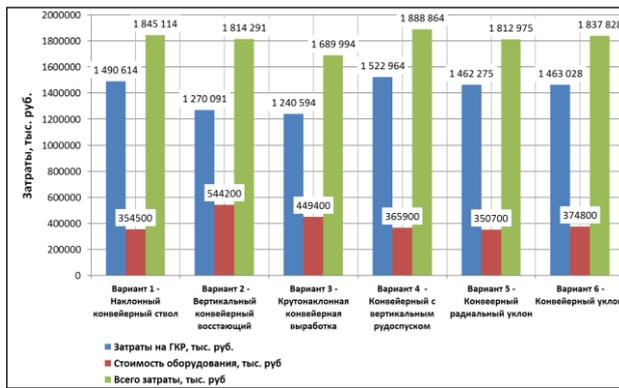


Рис. 9 – Затраты на строительство и приобретение оборудования дробильно-конвейерных комплексов по вариантам схем вскрытия

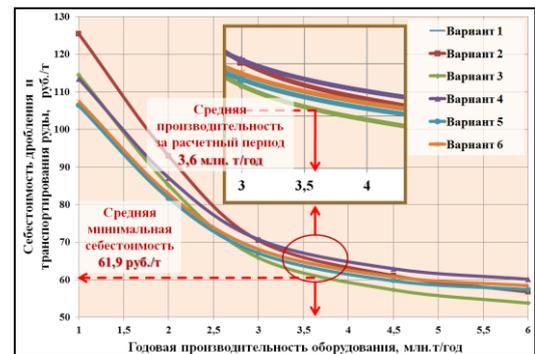


Рис. 10 – Изменение себестоимости дробления и транспортирования руды при наращивании производственной мощности

достижении производительности в 2,5 млн т/год и более, наибольший экономический эффект достигается при транспортировании руды в соответствии с вариантом № 3. Тем не менее, ввиду отсутствия опыта эксплуатации крутонаклонных конвейеров типа «RailCon» в подземных условиях, предпочтение отдается варианту № 5.

Выводы

Рассмотрены 6 вариантов вскрытия месторождения с использованием конвейерного транспорта, что обеспечивает поэтапный ввод рудника в эксплуатацию, сокращает сроки строительства и позволяет распределить во времени капитальные затраты.

В результате выполненных расчетов установлено:

1. Затраты на проходку горно-капитальных выработок и шахтное оборудование, а также сроки строительства по вариантам близки между собой.

2. Объем проходки для вариантов с вертикальным и крутонаклонным конвейерными восстающими ниже на 20 – 25 тыс. м³, а затраты – на 200 – 250 млн руб. Однако за счет использования дорогостоящего конвейерного оборудования суммарные капитальные затраты отличаются незначительно.

3. Минимальная средняя себестоимость дробления и конвейерного транспортирования руды за 10 лет эксплуатации характерна для варианта № 3 (61,9 руб/т), наиболее близкими являются варианты № 1 и 5 (64,7 и 64,8 руб/т, соответственно).

Кроме того, в работе получены зависимости

– удельной мощности привода конвейера от годовой производительности ДКК, позволяющей упростить расчеты ленточных конвейеров для сложных систем, состоящих из большого количества единиц оборудования;

– себестоимости дробления и конвейерного транспортирования руды от производственной мощности рудника, что при выборе оптимальной транспортной системы дает возможность учесть изменение технико-экономических показателей ДКК в период развития производительности рудника до проектных показателей.

На основе калькуляции затрат по вариантам вскрытия может быть рекомендован вариант № 5, предполагающий транспортирование руды горизонтальными и наклонными ленточными конвейерами по криволинейной в плане схеме расположения магистрального конвейера. Основным преимуществом варианта является минимальное количество перегрузочных узлов, что повышает техническую готовность системы, позволяет сократить расстояние транспортирования, тем самым оптимизировать себестоимость дробления и транспортирования руды.

Литература

1. Леонтьев А.А. Вскрытие глубоких горизонтов карьера «Железный» Ковдорского месторождения комплексных руд транспортными выработками подземного рудника / А.А. Леонтьев, О.В. Белгородцев, Е.В. Громов // Глубокие карьеры: сб. науч. докл. Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием (18 - 22 июня 2012 г.) – Апатиты; СПб., 2012. – С. 235 - 241.
2. Леонтьев А.А. Вскрытие глубоких горизонтов карьера «Железный» Ковдорского ГОКа подземными выработками / А.А. Леонтьев, О.В. Белгородцев, Е.В. Громов // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2013. – № 4. – С. 212 - 220.
3. Пертен Ю.А. Конвейеры: справочник / Ю.А. Пертен. – Л.: Машиностроение, 1984. – 367 с.
4. Современная теория ленточных конвейеров горных предприятий / В.И. Галкин и др. – М.: Горная книга, 2011. – 545 с.
5. Мельников Н.Н. Компьютерная технология инженерного обеспечения горных работ на основе системы MINEFRAME / Н.Н. Мельников, С.В. Лукичев, О.В. Наговицын // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2013. – № 5. – С. 223 - 234.
6. Лукичев С.В. Автоматизированные инструменты инженерного обеспечения горных работ в системе MINEFRAME / С.В. Лукичев, О.В. Наговицын // Горный информационно-аналитический бюллетень. - 2013. – № 7. – С. 184 - 192.
7. Громов Е.В. Выбор транспортной схемы для выдачи руды при комбинированной разработке месторождений полезных ископаемых (на примере рудника «Железный» Ковдорского ГОКа) / Е.В. Громов, А.А. Леонтьев, О.В. Белгородцев // Изв. вузов. Горный журнал. - 2013. – № 8. – С. 10 - 17.
8. Довженко М.В. Результаты эксплуатации системы вертикального конвейерного транспорта / М.В. Довженко // Горная промышленность. – 2008. – № 5. – С. 52 – 53.
9. Твердов А.А. Современные системы транспортировки полезных ископаемых и вскрышных пород / А.А. Твердов, А.В. Жура, С.Б. Никишичев // Горная промышленность. - 2012. - № 2. - С. 96 - 98.
10. Галкин В.И. Обоснование целесообразности применения специальных видов ленточных конвейеров на карьерах / В.И. Галкин, Е.Е. Шешко // Машины и оборудование для открытых горных работ: сборник трудов конф. – Новосибирск, 2013. – С. 13 - 17.