

онной камеры сводчатой формы // Разраб. рудн. месторожд. – Кривой Рог: КТУ. – 2002. – Вып. 79. – С. 48-52.

11. Перспективные технологические варианты дальнейшей отработки железорудных месторождений системами с массовым обрушением руды / **Н.И.Ступник, С.В.Письменный** // Вісник Криворізького національного університету, 2012. – Вип. 30. – С. 3-7.

12. Формирование нагрузки от локальных вывалов при сплошном сводообразовании / **Тимченко А.В., Пустобриков В.Н., Цидаев Т.С.** // Вестник Владикавказского научного центра. – Владикавказ, 2007. – Т. 7. - №2. – С. 44 – 48.

13. **Ступник Н.И., Письменный С.В.** Физическое моделирование формы компенсационных камер при отработке блоков на больших глубинах // Вісник Криворізького національного університету. – Кривий Ріг, 2012. – Вип. 31. – С. 3-7.

14. **Ступник Н.И., Андреев Б.Н., Письменный С.В.** Исследование формы поперечного сечения подземных выработок при комбинированной отработке месторождений // Вісник Криворізького національного університету: - Кривий Ріг, 2012. – Вип. 32. – С. 3-6.

15. **Андреев Б.Н., Бровко Д.В., Письменный С.В.** Локализация высокоминерализованных шахтных вод в условиях дренажного комплекса шахты "Гигант-Глубокая" // Современные проблемы шахтного и подземного строительства: Донецк: Норд-Пресс, 2009. – Вып.10-11. – С. 111-119.

16. **Письменный С.В.** Исследования устойчивости целиков от формы очистной камеры при отработке магнетитовых кварцитов в полях действующих шахт подземным способом// Вісник Криворізького національного університету: – Кривий Ріг, 2014 – Вип. 36. – С. 9-13.

17. **Ступник Н.И., Письменный С.В.** Повышение качества горной массы при отработке сложноструктурных залежей Криворожского бассейна подземным способом // Качество минерального сырья. Сб. научн. тр. – Кривой Рог, 2014. – С. 19-26.

Рукопис подано до редакції 07.04.16

УДК 622.271

С.А. ФЕДОРЕНКО, ст. препод., С.А. ЖУКОВ, д-р техн. наук, проф.,  
Ю.М. НАВИТНИЙ, канд. техн. наук, доц., С.В. ТКАЛИЧЕНКО, канд. эконом. наук, доц.  
Криворожский национальный университет

## **АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ПЕРИОДИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЦПТ КАК РЕЗЕРВА МУЛЬТИСТРУКТУРНЫХ ГРУЗОПОТОКОВ**

Показано, что вмещающие горные породы в проектных контурах рудных карьеров – разнообразны и многие из них пригодны для продуктивного использования. Их качество и запасы – достаточны для добычи как альтернативного сырья, добываемому в нерудных карьерах. Для оценки эффективности этого целесообразным является анализ возможности использования рудных конвейерных трактов в карьере ИнГОКа. Показано, что Ингулецкое месторождение характеризуется высокой петрографической комплексностью. Вместе с тем, в разрабатываемом его карьере имеется широкий спектр технических средств для организации мультиструктурных грузопотоков даже в существующих стесненных условиях ведения горных работ. Но для достоверной оценки эффективности возможной конверсии ГОКа знания горно-технологических условий и потребительских характеристик потенциальной нерудной продукции - недостаточно. Для этого необходим более глубокий системный анализ состояния и соотношения разнообразных ресурсов, проектных наработок, производственного и экономического потенциала предприятия, адаптивной гибкости и инертности применяемых технологий, а также многих других внутренних и внешних факторов. Относительно технологической составляющей в таком системном подходе относительно ИнГОКа показано, что до 2022 года реальные возможности перехода на комплексную разработку месторождения в его карьере с вовлечением в транспортировку нерудной попутной продукции ЦПТ являются весьма ограниченными без радикальных изменений принятых проектов. Однако, после 2027 г. это становится уже целесообразным, и заключается в изменении структуры существующих грузопотоков с минимальными их модификациями. При этом основная идея минимизации проблем перехода на новые виды продукции (диверсификация сырья целевой добычи и конверсия предприятия) заключается в использовании ритмичных пульсаций производительности трактов ЦПТ.

**Ключевые слова:** карьер, конвейер, минеральная продукция, грузопоток, совмещенные потоки, комплексные технологии.

**Введение.** В условиях тотальной деградации промышленности Украины горно-металлургический комплекс остается основой ее экономики. При этом железорудные месторождения разрабатываются сопоставимо с предыдущим этапом масштабно, а они являются исключительно комплексными и потенциально могут рассматриваться как альтернативная нерудная сырьевая база других отраслей в случае восстановления последних.

**Постановка проблемы.** Ресурсосбережение - доминанта сегодняшнего природопользования и геотехнологий. Поэтому, архаично сохраняющиеся непомерные энергоемкость и отход-

ность украинского горного производства, являются недопустимыми и представляют все большую угрозу его развитию. Научный поиск в этом отношении никогда не прекращался, но наиболее целесообразным и реально возможным все же представляется конкретный переход рудных карьеров к комплексному освоению месторождений (КОМ), одной из главных трудностей на пути к чему является неизбежное усложнение структуры и организации сырьевых грузопотоков при переводе карьера на целевую добычу нескольких видов сырья, включая попутные полезные ископаемые (ППИ). В связи с этим и с учетом зарубежного опыта следует ожидать в ближайшие годы значительных изменений в традиционных подходах к указанным операциям в направлении расширения использования циклично-поточных технологий (ЦПТ) и пересмотра принципов их эксплуатации.

**Анализ состояния проблемы и публикаций.** Многие разновидности вмещающих пород железорудных месторождений Украины обстоятельно изучались на предмет их пригодности для продуктивного использования в качестве нерудных полезных ископаемых [1-5]. С другой стороны, множество исследований посвящено усовершенствованию карьерных грузопотоков и средств их реализации [6-7]. Но, несмотря на масштабы и серьезность выполненных исследований, убедительность и оптимистичность выводов относительно целесообразности и даже необходимости перевода рудных карьеров на КОМ, реальные шаги в этом отношении не пошли дальше организации практически на каждом из ГОКов маломощных (до 300 тыс. т/год) комплексов по производству щебня из скальной вскрыши, как правило, низкокачественного, потребляемого практически всецело на внутренние потребности комбинатов. Как показывает анализ структуры продукции ГОКов Украины, до сегодняшнего дня идея КОМ остается не реализованной, в том числе и на ИнГОКе, на котором в начале 1990-х годов было свернуто производство строительных песков из отходов обогащения, изделий из природного камня, и др. Что же касается использования комплексов ЦПТ для этих целей, то оно совсем неизучено [8-9].

В Украине объемы транспортирования горной массы с использованием ЦПТ не превышают 20 %, на предприятиях же Канады, США, Австралии, Чили и других стран - свыше 50 [10-12]. Проблема, однако, заключается не столько в объемах использования ЦПТ, сколько в различии технологических подходов.

**Целью исследования является** анализ сложившейся ситуации и возможностей перспективного и поэтапного использования ЦПТ в условиях ИнГОКа для решения обозначенной проблемы, но - с минимально возможными изменениями действующих проектов и технологий.

**Содержание исследования.** Анализ доступной информации о составе и состоянии технологических комплексов ГОКов позволяет сделать выводы о том, что, при соответствующей их модернизации, имеются реальные предпосылки использования существующих комплексов ЦПТ для последовательного циклического транспортирования разнотипного минерального сырья ими.

Недостатка в мобильных, высокопроизводительных и высокоадаптивных технических средствах нет, главным препятствием для реализации имеющихся на большинстве ГОКов потенциальных возможностей является отсутствие необходимых для этого средств, приобретающая катастрофические масштабы отмеченная деградация промышленности и обусловленная этим безнадёжность ситуации в инвестиционном отношении.

Что касается практической реализации рассматриваемой проблемы, то она связана главным образом со структурной и организационной сложностью рассматриваемой многоэлементной полифункциональной природно-производственной системы «месторождение - ГОК», в элементном многообразии которой ограничимся комплексом, в наибольшей мере создающим «узкие места» при этапной конверсии комбината (рис. 1).

При этом целесообразно, рассматривать не кризисно-этапные показатели деятельности последнего, а привязанные к периодам относительно стабильным, но - послекризисным (после 2008 г.).

«Комплексным проектом поэтапного развития горных работ и переработки минерального сырья до конца отработки Ингулецкого месторождения» (ГП «Кривбасспроект», 04237-1211/1110-1-ПЗ, 2006 г.) производительность ИнГОКа по железорудному концентрату предусмотрена в 14 млн т/год, для обеспечения чего были выделены проектные периоды отработки карьера (2006-2011 гг., 2012-2016 гг., 2017-2021 гг., 2022-2026 гг., 2027-2031 гг., 2032-2036 гг., 2037-2041 гг., 2042-2046 гг., 2047-2054 гг.).

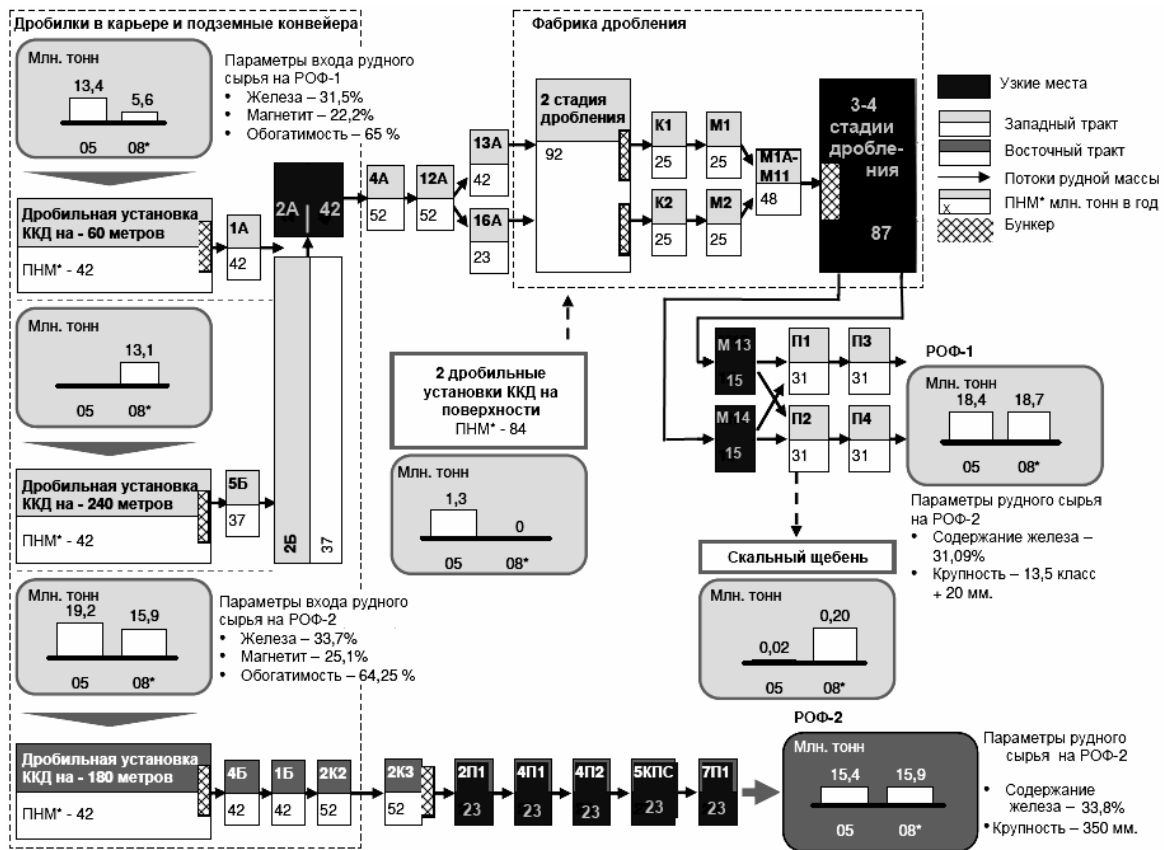


Рис. 1. Структурно-функциональные особенности элементов базового комплекса канального совмещения разносырьевых грузопотоков при конверсии рудника

При принятом режиме горных работ добыча руды в карьере может производиться до 2054 г. При этом указанная производительность предположительно сохранится до 2022-2027 г., после чего начнется ее планомерное снижение, связанное с постановкой верхних горизонтов карьера в конечное положение и, соответственно, сокращение активного и общего фронтов работ по руде и вскрыше. Скорость углубки карьера по периодам - 5-7,5 м/год. Но, несмотря на отдаленную проектную перспективу, данная тенденция начала проявляться, начиная с 2008 г. (табл. 1,2).

Таблица 1

Состояние запасов

	На 1.01.2009			На 1.01.2010			На 1.01.2011		
	вскрытые	подготовленные	готовые	вскрытые	подготовленные	готовые	вскрытые	подготовленные	готовые
Всего, тыс.т	221111	23474	8909	196569	20090	8658	183830	20590	8822
Обеспеченность, мес.	76,9	8,2	3,1	68,3	7,0	3,0	59,9	6,7	2,9
Норматив обеспеч., мес.			1,5			1,5			1,5

Таблица 2

Состояние фронтов горных работ (длина фронта, км)

Общий фронт			Активный фронт						Временно нерабочий фронт					
по добыче		по вскрыше	по добыче		по вскрыше		по добыче		по вскрыше		по добыче		по вскрыше	
2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011
26,63	24,12	23,00	33,88	34,69	38,42	6,36	4,80	5,64	14,52	20,54	22,40	20,27	19,32	17,36
			19,36	14,15	16,02									

После построения ряда последовательных положений горных работ карьера, были подсчитаны запасы руды по разновидностям и объем вскрыши, в интервалах между этими положениями. Показатели карьера по периодам приведены в табл. 3.

Показатели карьера ИнГОКа по периодам работы

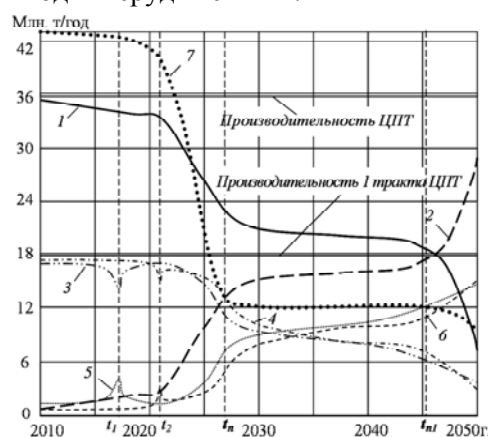
Периоды, год	Извлекается всего за период		Среднегодовая производительность		Эксплуатационный коэффициент вскрыши
	руда, тыс.т	вскрыша, тыс. м <sup>3</sup>	руда, тыс.т	вскрыша, тыс. м <sup>3</sup>	
2012-2016	170 000	68 100	34 000	13620	0,4
2017-2021	164 000	66 075	32 790	13215	0,4
2022-2026	115 000	36 000	23 000	7200	0,31
2027-2045	390 865	70 375	20 000	3910	0,18

Из таблицы видно, что годовая производительность карьера уменьшается в связи с тем, что с глубиной в отработку вовлекаются более богатые руды и для получения заданной производительности по концентрату, необходимо извлекать их меньше. Комбинат сможет стабильно производить 14 млн т концентрата в год 15 лет (по 1.01.2022 г.).

После 2022 года происходит выбытие производственной мощности карьера, что связано с уменьшением активных фронтов по полезному ископаемому т.к. верхние горизонты северного борта и южный борт достигают предельного положения. На оставшихся в работе горизонтах не обеспечивается необходимая длина активного фронта добычных работ.

Наиболее проблемным с точки зрения обеспечения равномерной и максимально полной загрузки ЦПТ является переходный - «конверсионный» период, когда, при сохранении общей производительности ГОКа по горной массе, в структуре продукции соотношение рудной и нерудной составляющей все больше смещается в сторону последней. *Основная сложность этого периода заключается в перманентной адаптивной оптимизации общекарьерного многопродуктового грузопотока, состоящего из отдельных монопродуктовых каналов, использующих общие каналы конвейерных трактов ЦПТ в последовательно-периодическом режиме.*

На основании табл. 1-3 и дополнительных расчетов был построен интегральный график грузопотока карьера ИнГОКа (рис. 2), который позволил визуализировать динамику перемещаемой горной массы в целом и по категориям «руда» - «вскрыша», в последнюю из которых и входят нерудные ППИ.



**Рис. 2.** Интегральный график грузопотока карьера ИнГОКа: 1 – рудный грузопоток; 2 - технический резерв ЦПТ карьера; 3,4 - рудопотоки трактов «Восточный» и «Западный»; 5,6 - технический резерв трактов «Восточный» и «Западный»; 7 - вскрышной грузопоток карьера.  $t_1$ ,  $t_2$  - периоды перевода трактов «Восточный» и «Западный» на обслуживание новых концентрационных горизонтов;  $t_n$  - время возможности перевода ЦПТ на полное обслуживание породного грузопотока;  $t_{n1}$  - время возможности перевода породного грузопотока ЦПТ на полное обслуживание 1 трактом («Восточный»)

Анализ графика показывает, что до 2022 г. использование пульсаций производительности ЦПТ по руде для транспортирования нерудного сырья является крайне ограниченным.

Вместе с тем, в тот же период делают это крайне затруднительным и параметры рабочих площадок рудных и вскрышных уступов: буферно-аккумулирующие склады могут создаваться только за счет сдваивания уступов или устройства в борту врубовых пространств - пионерных заоткосок бортов до их проектных контуров. Если объем разрабатываемых в зоне ЦПТ пород превышает ее возможности, выделяют зону эффективного автотранспорта ( $\leq 1,5$  км).

Реализация такого режима требует исключительно пропорционального согласования текущей добычи руд и ППИ, с тем, чтобы, если не исключить, то, по крайней мере, минимизировать объемы складирования последнего (буферный запас), соответственно межпульсационным возможностям ЦПТ [13-15], определяемым из анализа отчетности ИнГОК (рис. 3-7).

Из данных наблюдений следует, что: 3-4 стадии дробления и последующие конвейеры работают в одном неравномерном режиме; 3-4 стадия дробления загружена в среднем на 63% ПНМ, но есть пики, при которых загрузка доходит до 97%; конвейеры М13 и М14 загружены в среднем на 67% своей мощности, но есть пики, при которых они перегружены сверх мощности до 104%.

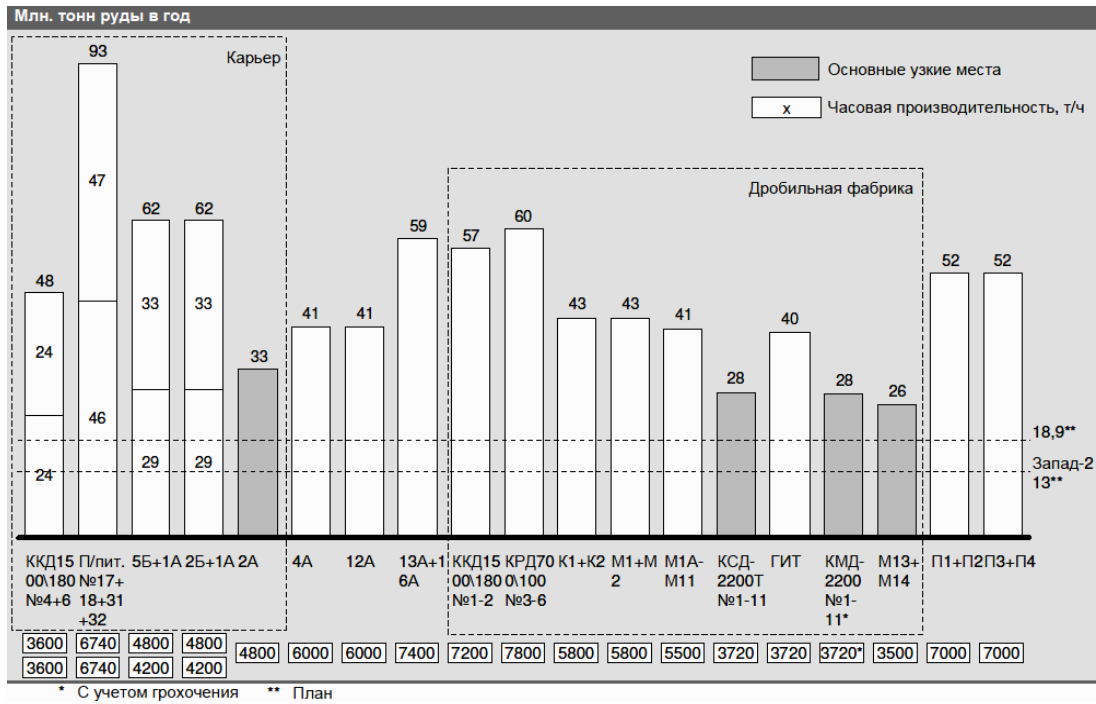


Рис. 3. Технический лимит оборудования западного тракта

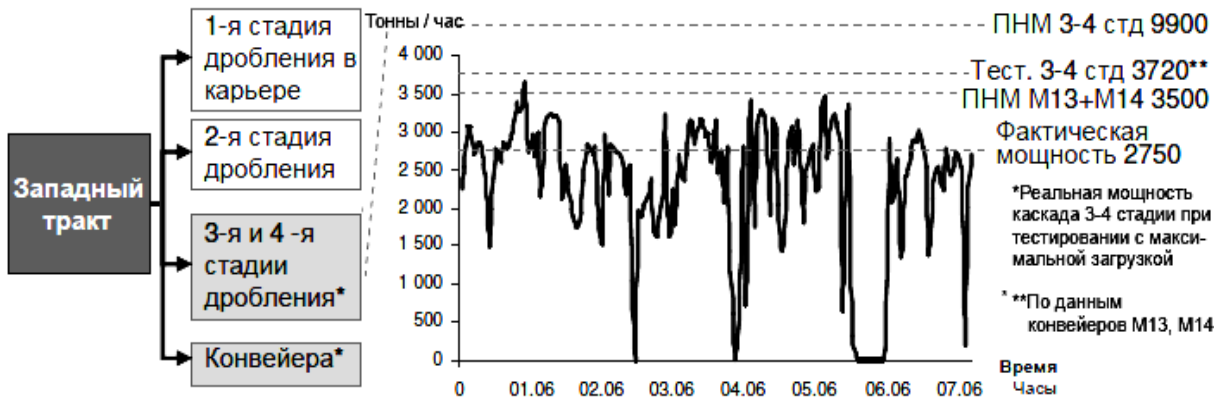


Рис. 4. Недельная почасовая производительность, (01.06-07.06) западного тракта - тракт работает в среднем на 67 % от максимальной мощности в силу неравномерной загрузки

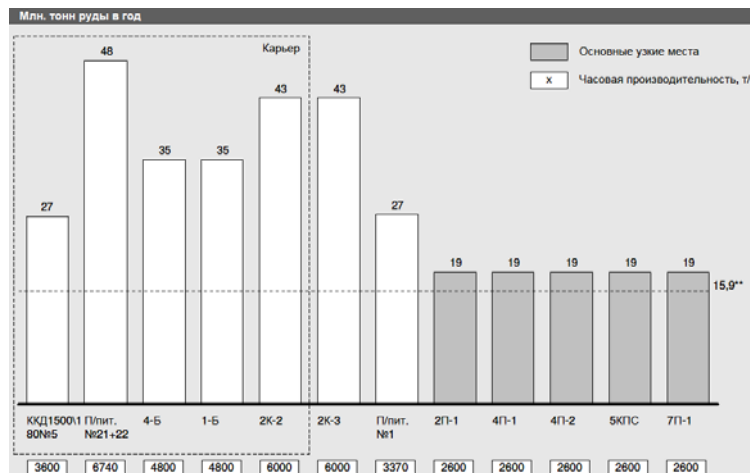


Рис. 5. Технический лимит оборудования восточного тракта



Рис. 6. Недельная почасовая производительность, (01.06-07.06) восточного тракта - тракт работает в среднем на 83 % от максимальной мощности в силу неравномерной загрузки

Эти данные свидетельствуют о том, что и по восточному тракту: оборудование восточного тракта последовательно работает в одном режиме, который отслеживается по дробилке ККД №5 -180 м; средняя производительность 1-й стадии дробления составляет 2155 т/ч, или 45 % ПНМ; конвейер 7П1 загружен в среднем на 83 % своей мощности, но есть пики, при которых он перегружены сверх мощности, до 136 %.

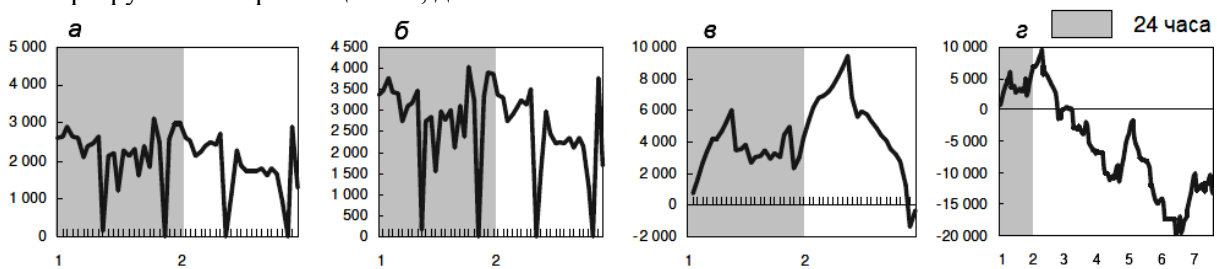


Рис. 7. Характер пульсации реальной загрузки восточного тракта

Несмотря на не совсем совершенную периодичность и регулярность, данные пульсации позволяют достаточно показательно оценить резервы и узкие места в данном звене ЦПТ:

1-2 июня (рис. 7а) - реальная загрузка восточного тракта происходит неравномерно, при средней загрузке 2 155 т/час максимальная загрузка доходит до 3000 т/час, перекрывая максимальную производительность тракта;

1-2 июня + 30 % (рис. 7б) - при повышении загрузки тракта на 30 % растет средняя производительность тракта, но колебания увеличиваются и максимальные значения значительно перекрывают максимальную производительность тракта;

заполнение бункера 1-2 июня +30 % (рис. 7в) - при работе тракта на постоянную среднемесячную мощность за 2 дня работы бункер достигает объема 10 тыс. т, потом опустошается до нуля и не обеспечивает среднюю загрузку тракта

заполнение бункера 1-7 июня +30 % (рис. 7г) - при работе тракта на постоянную среднемесячную мощность за 7 дней работы бункер достигает объема 10 тыс. т, потом опустошается до нуля и не обеспечивает среднюю загрузку тракта. Для обеспечения средней загрузки тракта в это время бункер должен был быть загружен на 30 тыс. т.

На данный момент использование бункера неоправданно из-за больших колебаний в течение продолжительного периода. Таким образом, постройка бункера перед ККД-180 м не может обеспечить равномерную загрузку восточного тракта.

**Выводы.** Как видно из изложенного, Ингулецкое месторождение характеризуется высокой петрографической комплексностью. Вместе с тем, имеется определенный потенциал для организации мультиструктурных грузопотоков даже в весьма стесненных условиях. Но для достоверной оценки эффективности возможной конверсии ГОКа необходим дальнейший глубокий системный анализ адаптивной гибкости и инертности применяемых технологий, а также многих других внутренних и внешних факторов.

#### Список литературы

1. Виницкий К.Е. О ресурсосберегающих технологиях и комплексном освоении недр. / Горные науки промышленности. -М.: Недра, -1989. - 15-21.
2. Куделя А.Д. Комплексное использование минеральных ресурсов железорудных горно-обогатительных комбинатов УССР. -К.: Наукова думка, 1984. - 417 с.

3. Шапар А.Г. и ин. Ресурсозберігаючі технології ви-добутку корисних копалин на кар'єрах України. –К.: Наукова думка, 1998. – 288 с.
4. Постоловский В.В., Добрынин А.Е., Пропоненко В.И. Реструктуризация горно-обогатительных предприятий. - Кривой Рог.: Минерал, 2000. – 334 с.
5. Комплексная разработка рудных месторождений / А.Д. Черных, В.А. Колосов, О.С. Брюховецкий и др.; под ред. А.Д. Черных. – К.: Техніка, 2005. – 376 с.
6. Юдин А.В., Мальцев В.А. Эволюция перегрузочных комплексов на глубоких карьерах // Горный журнал, 2002. –№ 4. – С. 37-42.
7. Шешко Е.Е., Картавий А.Н. Эффективный крутонаклонный конвейерный подъем глубоких карьеров // Открытые горные работы. – 2000. – № 3. – С. 21-25..
8. Mineral sizing at Mission // Mining magazine. – 1998. – November. – 37-39 pp.
9. Вайсберг Л. А., Зарогатский Л. П. Новое оборудование для дробления и измельчения материалов // Горный журнал. – 2000. – № 3. – С. 17-21.
10. Шеметов П.А. Особенности работы горно-транспортных комплексов при открытой разработке месторождения Мурунтау. [http://giab-online.ru/files/Data/2005/2/16\\_SHemet12.pdf](http://giab-online.ru/files/Data/2005/2/16_SHemet12.pdf)
11. Вайсберг Л. А., Баранов В.Ф. Состояние и перспективы развития циклично-поточных технологий // Горный журнал. – 2002, –№ 4. – С. 11-14, 66-72.
12. Снитка Н.П., Шеметов П.А. Развитие ЦПТ с крутонаклонным конвейером в глубоком карьере Мурунтау. // Горнопромышленные ведомости. <http://www.miningexpo.ru/news/21589> – 2012.
13. Афанасьев С.В., Жуков С.О.. Теоретичні засади менеджменту конверсії гірничорудних підприємств. – Кривий Ріг: Видавничий дім, 2008. – 246 с.
14. Жуков С.А., Федоренко С.А., Пузанов Е.В. Координация грузопотоков при переводе рудных карьеров на комплексное освоение недр // Разраб. рудн. месторожд. - Кривой Рог: КТУ, 2002. - Вып. 78. - С. 32-36.
15. Федоренко С.А., Жуков С.А. Определение параметров формируемого участка карьера при многоканально-интегрированной транспортной схеме // Разраб. рудн. месторожд. - Кривой Рог: КТ, 2007. - Вып. 91. - С. 31-36.

Рукопись поступила в редакцию 22.03.16

УДК 622.271.33: 622.12

В.Г. БЛИЗНЮКОВ, д-р техн. наук, проф.,  
С.А. ЛУЦЕНКО, И.В. БАРАНОВ, кандидаты техн. наук, доц.  
Криворожский национальный университет

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРСПЕКТИВНЫХ КОНТУРОВ КАРЬЕРОВ, РАЗРАБАТЫВАЮЩИХ КРУТОПАДАЮЩИЕ ЖЕЛЕЗОРУДНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Необходимость в определении перспективных конечных границ железорудных карьеров обусловлена тем, что после выхода горных работ на проектный контур карьеры будут работать в режиме ежегодного снижения (выбытия) производственной мощности, а для подготовки перекрытия такого выбытия потребуется 5-7 лет при любом способе разработки. При этом увеличится глубина разработки месторождения, а большая часть верхних горизонтов рабочей зоны будет погашена, что потребует вовлечения значительно большего объема инвестиций на освоения запасов за утвержденным проектным контуром карьера. В статье, на примере Первомайского карьера ПАО «Северный ГОК» показано определение перспективных контуров отработки карьера, выполнены исследования изменения наибольшего текущего коэффициента вскрыши в зависимости от увеличения проектной глубины карьера. Перспективные границы Первомайского карьера ПАО «Северный ГОК» обеспечат экономические показатели добычи руды и производства концентрата на уровне не ниже экономических показателей подобных горно-обогатительных комбинатов. По результатам проведенных исследований установлено, что прирост запасов руды в перспективном контуре отработки карьера составляет более 130 млн т. При этом дополнительный объем вскрышных работ составит в размере 260 млн м<sup>3</sup>. Коэффициент вскрыши в утвержденном проектном контуре отработки карьера составляет 0,6 м<sup>3</sup>/т. При разработке месторождения в перспективном контуре отработки карьера коэффициент вскрыши будет составлять 0,81 м<sup>3</sup>/т. При разработке месторождения в перспективных контурах отработки карьера срок его эксплуатации может быть продлен до 43 лет против 37 (при работе в утвержденном контуре отработки).

**Ключевые слова:** границы железорудных карьеров, проектный контур, глубина карьера.

**Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.** В настоящее время на большинстве карьеров Кривбасса горные работы на верхних горизонтах подходят к границам карьера по поверхности. Этот период (10-12 лет) будет характеризоваться наибольшим эксплуатационным коэффициентом вскрыши. Именно за это время себестоимость руды и в целом затраты на производство концентрата достигнут допустимой величины. Величина эксплуатационного коэффициента вскрыши этого периода, определяющая конечные границы карьеров, может быть уменьшена за счет выбора направления развития горных работ и определения ра-