

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. экон. наук, доц.
Криворожский национальный университет

МОДИФИКАЦИЯ ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ СИСТЕМНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ КОМПЛЕКСНО-СЫРЬЕВОЙ КОНВЕРСИИ ГОКА С ВОВЛЕЧЕНИЕМ ЦПТ

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 в качестве альтернативного сырья, добываемого в нерудных карьерах. Для оценки эффективности этого целесообразным является анализ возможностей 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 одним из путей минимизации проблем перехода на новые виды продукции (диверсификация сырья целевой добычи и конверсия предприятия) является создание складов нерудного сырья в пространстве выработок опережающего формирования конечного (проектного) положения борта карьера.

Ключові слова: кар'єр, конвеєр, мінеральна продукція, суміщені потоки, комплексні технології.

Постановка проблемы. Непомерные энергоемкость и отходность 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) для разнотипного сырья и пересмотра принципов их эксплуатации. При этом одной из наиболее сложных задач является изыскание возможностей создания дополнительных складов для нерудной попутной продукции в предельно стесненных условиях глубоких карьеров.

Анализ состояния проблемы и публикаций. В 1970-1980-е годы множество лабораторий (ИПКОН, НИИСП, КГРИ, ДГИ, ДИСИ, КИСИ, НИГРИ и др.) массово изучало вещественный состав вмещающих пород железорудных месторождений Украины, в результате чего была убедительно подтверждена их вещественная пригодность для продуктивного использования в качестве нерудных полезных ископаемых [1-5]. С другой стороны, множество исследований посвящены усовершенствованию карьерных грузопотоков и средств их реализации [6-9]. Но, несмотря на масштабы и серьезность выполненных исследований, до сегодняшнего дня идея КОМ остается не реализованной, в т.ч. и на ИнГОКе, разрабатывающем исключительно комплексное месторождение и имеющем соответствующий опыт. Что же касается использования комплексов ЦПТ для этих целей, то оно практически совсем не изучено [10-12].

Целью исследования является анализ развития горных работ карьера ИнГОКа и возможностей перспективного и поэтапного использования ЦПТ для перемещения ППИ, размещаемых в предлагаемых авторами складах.

Содержание исследования. В Украине объемы транспортирования горной массы с использованием ЦПТ не превышают 20 %, на предприятиях же Канады, США, Австралии, Чили и

ПДП горизонт (-240 м) и демонтированы конвейеры №4б и 5б соответственно в конвейерных штольнях №3 и №4 (рис. 2).



Рис. 2. Периоды эксплуатации концентрационных горизонтов

Для ИнГООКа как альтернатива дальнейшей углубке подземных выработок рассматривался вариант транспортировки руды из карьера на ОФ с помощью крутонаклонных конвейеров (КНК), расположенных на борту карьера, в котором были рассмотрены 3 подварианта, во всех из которых руда из забоев самосвалами доставляется к дробилкам на КГ -300 и -360 м. Во всех подвариантах предполагалось использование существующих подземных трактов: формирование рудоспусков в месте пересечения горизонтальной ветки конвейера, и подземных выработок конвейерных штолен. В увязке с горными работами был принят подвариант, позволяющий добычу руды, законсервированной под ДПП -180 и -240 м, что невозможно при организации ДПП по другим подвариантам. При этом с КГ -300 м руда КНК транспортируется до ПП гор. -60 м где перегружается на ветку горизонтального конвейера и идет до рудоспуска, сформированного от горизонтальной ветки конвейера до подземных выработок тракта «Восточный». С КГ -360 м руда КНК транспортируется до площадки гор. -60 м, перегружается на ветку горизонтального конвейера, далее – до существующего ПП -60 м тракта «Западный». ПП -60 м существуют до конца отработки карьера. К 2017 г. ликвидируется по первому подварианту ПП гор. -180 м, по второму – ПП гор. -210 м.

«Комплексным проектом поэтапного развития горных работ и переработки минерального сырья до конца отработки Ингулецкого месторождения» (ГП «Кривбаспроект», 04237-1211/1110-1-ПЗ, 2006 г.) производительность ИнГООКа 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.). При принятом режиме горных работ добыча руды в карьере может производиться до 2054 г. При этом указанная производительность предположительно сохранится до 2022-2027 гг., после чего начнется ее планомерное снижение, связанное с постановкой верхних горизонтов 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. 1-3).

Таблица 1

	На 1.01.2009			На 1.01.2010			На 1.01.2011		
	вскрытые	подго- говл.	готовые	вскрытые	подго- говл.	готовые	вскрытые	подго- говл.	готовые
Всего, тыс.т	221111	23474	8909	196569	20090	8658	183830	20590	8822
Обеспеченность, месяцев	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			
2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011	2009	2010	2011	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	

Таблица 3

Периоды, года	Извлекается всего за период		Среднегодовая производительность		Эксплуатационный коэффициент вскрыши
	руда, тыс.т	вскрыша, тыс. м ³	руда, тыс.т	вскрыша, тыс. м ³	
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 таблиц 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.

Анализ проекта показывает, что до 2022 г. использование ЦПТ 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 нерудного сырья, с тем, чтобы, если не исключить, то, по крайней мере, минимизировать объемы складирования последнего (буферный запас), количественно соответствующим указанным межпульсационным возможностям ЦПТ [13-15].

Таблица 3

Основные технические параметры и характеристики ленточных конвейеров ДФ ИнГОКа

Наименование конвейера	Статус	Ширина ленты, мм	Скорость ленты, м/с	Производительность, т/час	Угол наклона, град	Длина конвейера, м
к-2К2	существующий	2000	2,25	4800	16°	525
к-6Б	проектируемый	1600	2,35	4200	10° 40'; 16	582,5
к-2К2	существующий	2000	2,25	4800	16	525
к-7Б	проектируемый	1600	2,35	4200	16°; 18°	528,5
к-5Б	существующий	1600	2,5	3500	5°; 14°	370,5
к-8Б	проектируемый	1600	2,35	4200	7° 50'; 3°	296,4
к-1Б	существующий	1600	2,3	4800	16°; 18°	384
к-1Б (удлин.)	проектируемый	1600	2,5	4200	16°; 18°	598,1
к-2Б	существующий	1600	2,55	3500	16°; 18°	470
к-2Б (удлин.)	проектируемый	1600	2,35	4200	16°; 18°	598,2

Ввод ж/д транспорта предусматривается до гор. -105 м. Три ПП располагаются на гор.: -75÷-90, - 90÷-105 м. Вскрыша с гор. +66÷-90 м отгружается непосредственно в ж/д транспорт, с нижележащих горизонтов автотранспортом доставляются на ПП с перегрузкой в ж/д транспорт и далее – на внешние отвалы. Для сокращения объемов перевозок в связи с углубкой предусматривается перенос ДПП тракта «Восточный» с гор. -180 м на -300 м, что позволит ускорить формирование площадки в южном торце карьера для создания на сформированной площадке в будущем внутреннего отвала, а также отработать запасы руды, законсервированной под ДПП. Руда с горизонтов $\pm 0 \div -90$ м после непосредственной погрузки в ж/д транспорт доставляется на ДОФ. Остальные объемы руды автотранспортом доставляются на ДПП конвейерного тракта «Восточный» – гор. -300 м и тракта «Западный» – гор. -60 и -240 м.

В период с 2017 по 2021 гг. южный торец карьера обрабатывается до конечного положения, на отметке -390.00 м, и начинается формирование внутреннего отвала. В связи с частичным складированием вскрышных пород в этом отвале сокращается объем вскрыши, вывозимый во внешние отвалы, что позволяет сократить количество ПП до одного (гор. -90÷-105 м). Вскрыша с гор. 66÷-90 м отгружается непосредственно в ж/д транспорт, с нижележащих горизонтов (2000 тыс. м³/год) автотранспортом доставляются на ПП гор. -90÷-105 м с дальнейшей транспортировкой их во внешний отвал. Оставшаяся вскрыша (1944 тыс. м³/год) – автотранспортом во внутренний отвал. Для сокращения объемов перевозок, а также из-за того, что временно нерабочий борт, образуемый охранным целиком ДПП гор. -240 м, сдерживает дальнейшую углубку карьера, предусматривается перенос внутрикарьерного ДПП тракта «Западный» с гор. -

240 на -360 м. После чего предусмотрена ликвидация ДПП гор. -240 м. Руда с горизонтов 0÷-90 м после непосредственной погрузки в ж/д транспорт доставляется на ДФ. Остальные объемы руды автотранспортом доставляются на ДПП трактов «Восточный» – гор. -300 м и «Западный» – гор. -60 и -360 м.

В период с 2022 по 2026 гг. верхние горизонты карьера выходят на предельный контур. Отметка дна карьера достигает -465м. Производительность по руде снижается до 23 000 тыс. т в год, при этом извлекается 7200 тыс. м³ вскрышных пород. Эксплуатационный коэффициент вскрыши составит 0,31 м³/т. Руда автотранспортом доставляется на ДПП конвейерного трактов «Восточный» гор. -300 м и «Западный» - гор. -60 и -360 м. Вскрышные породы складированы во внутренний отвал и в отвал № 2.

В схемах, предусматривающих удлинение площадок складов с учетом размещения передаточных конвейеров, расчёты этого удлинения можно производить по формуле [15]

$$\Delta L = \left[H_p - (B_{nl} - 0,5B_u - b_1 - b_2 - b_3 - b_5) \operatorname{tg} \beta \right] \operatorname{ctg} \alpha - \sqrt{(R - b_6)^2 - (R - b_3 - 0,5B_u + b_4)}.$$

где H_p – высота оси главного барабана передаточного конвейера, м; b_1 – расстояние от нижней бровки уступа до оси контактной сети, м; b_2 – расстояние от оси контактной сети до оси железнодорожного пути, м; b_3 – расстояние от оси ж.-д. пути до подошвы штабеля, м; b_4 – расстояние от оси конвейера до крайней точки станции приводов, м; b_5 – расстояние от верхней бровки уступа до места выхода оси конвейера на поверхность, м; b_6 – габарит приближения строений, м; β – угол наклона борта карьера, град.

При расположении КП со стороны выработанного пространства минимальная длина участка борта для размещения на нем КП и транспортных коммуникаций

$$L_{\min} = H_1 \left(\frac{\sqrt{\sin^2 \beta - \sin^2 \alpha}}{\sin \beta \sin \alpha} + \operatorname{ctg} \beta' \right) + l_6 + \Delta L + L_u + \left(B_n - \frac{B_6 \sqrt{\sin^2 \beta - \sin^2 \alpha}}{\sin \beta \sin \alpha} \right) \times \operatorname{ctg} \varphi_1 + B_6 \operatorname{ctg} \varphi_2 + l_m.$$

Если же КП расположен на площадке, примыкающей к конвейерной выработке,

$$L_{\min} = H_1 \left(\frac{\sqrt{\sin^2 \beta - \sin^2 \alpha}}{\sin \beta \sin \alpha} + \operatorname{ctg} \beta' \right) + l_6 + \Delta L + l_m + L_u + 2B_6 \operatorname{ctg} \varphi_2 + l_m,$$

где H_1 – высота конвейерного подъема, м; α – угол наклона конвейерной линии, град; β' – угол наклона борта в направлении навстречу конвейерной линии, град; l_6 – длина горизонтальной площадки от нижней кромки траншеи вдоль борта для размещения натяжных станций конвейера, дробильно-перегрузочных пунктов и т.п., м; l_m – минимальная длина железнодорожного тупика, м; B_n – часть ширины площадки для размещения КП, создаваемая за счет разноса борта (оставления целика); B_6 – часть ширины бермы для размещения конвейерного подъёмника, создаваемая за счет разноса борта (оставления целика); L_u – длина штабеля, м. Как отмечается [16], минимальная длина рассматриваемого участка обеспечивается в первом случае, но из условия минимизации объемов разноса борта и целиков предпочтительным является второй вариант, так как в этом случае эти объемы снижаются за счет частичного совмещения объемов разноса борта для создания конвейерной бермы и площадки для размещения КП. Полный объем разноса рассчитывается как сумма объемов призм с непараллельными основаниями (рис. 1), представленных на схеме фигурами СДЕГZQЦФ, UXВГКНШФ и ZQMКТРБА.

$$V_h = \frac{B \sqrt{\sin^2 \beta - \sin^2 \alpha}}{\sin \beta \cos \alpha} \times \left\{ \frac{H_1 \sqrt{\sin^2 \beta - \sin^2 \alpha} + (H_1^2 \operatorname{ctg} \beta' + H_1 l_6) \sin \alpha \sin \beta}{2 \sin \beta \sin \alpha} + \right. \\ \left. + H_2 \left[H_1 \left(\frac{\sqrt{\sin^2 \beta - \sin^2 \alpha}}{\sin \beta \sin \alpha} + \operatorname{ctg} \beta'' \right) + l_6 + \Delta L + L_u \right] + H_2 \left(\frac{H_2 \operatorname{ctg} \beta''}{2} + \frac{B \operatorname{ctg} \varphi_2 \sqrt{\sin^2 \beta - \sin^2 \alpha}}{2 \sin \beta \cos \alpha} + \frac{H_2 \operatorname{ctg} \beta''}{2 \sin \varphi_2} \right) \right\} + \\ \left. + H_2 \left(B_n - \frac{B \operatorname{ctg} \varphi_2 \sqrt{\sin^2 \beta - \sin^2 \alpha}}{\sin \beta \cos \alpha} \right) \times \left[L_u + \Delta L + \left(B_n - \frac{B \sqrt{\sin^2 \beta - \sin^2 \alpha}}{\sin \beta \sin \alpha} \right) \left(\frac{\operatorname{ctg} \varphi_1 + \operatorname{ctg} \varphi_2}{2} \right) \right] + \frac{H_2}{2} \left(\frac{\operatorname{ctg} \beta'}{\sin \varphi_1} + \frac{\operatorname{ctg} \beta''}{\sin \varphi_2} \right).$$

где H_2 – глубина расположения комплекса перегрузки; β'' – угол наклона торцевого борта в направлении, совпадающем с направлением конвейерной выработки, град.

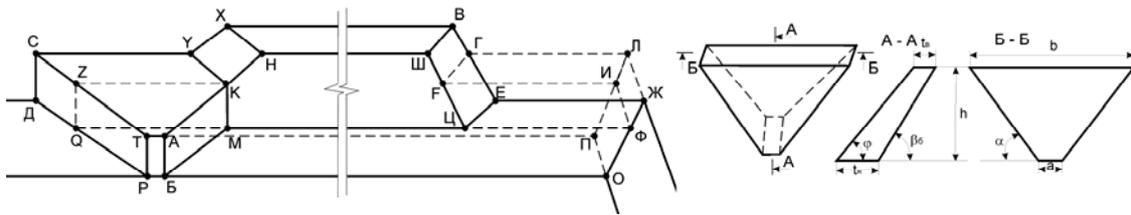


Рис. 2. Расчетная схема для определения объемов разноса борта и целиков при формировании борта карьера с размещением комплексов перегрузки (слева) и схема к расчету вместимости скатно-секторного аккумулярующего склада (справа): a - ширина склада по подошве; b - ширина сверху; t_n - глубина ската (бремсберга) по подошве; t_e - глубина ската по поверхности; h - высота склада; α - угол наклона бортов ската; β - угол откоса борта карьера (строеного уступа); φ - угол естественного откоса насыпи.

Вместимость непосредственно предлагаемого скатно-секторного аккумулярующего склада (рис. 3) определяется следующим образом. В рассматриваемых условиях (объединения уступов) скатно-секторный аккумулярующий склад целесообразно рассматривать как усеченную пирамиду, объем которой можно рассчитать следующим образом (см. рис. 1)

$$V = \frac{1}{3} h (t_n a + \sqrt{t_n a + t_e b} + t_e b),$$

или усеченный клин, у которого основания параллельны, а боковые грани – трапеции. Его объем можно рассчитать формулой

$$V = \frac{1}{6} h [(2b + a)t_e + (2a + b)t_n].$$

В дальнейшем, с 2027 г. (t_n , рис. 1), для выдачи попутных нерудных ископаемых из карьера на поверхность реально возможным становится широкое использование высвобождающихся мощностей ЦПТ. К этому времени верхние горизонты, сложенные осадочными породами, преимущественно выйдут на проектные контуры карьера и нерудная масса будет представлена скальными разновидностями.

Выводы. Анализ доступной информации о составе и состоянии технологических комплексов на горнорудных предприятиях позволяет сделать выводы о том, что, при соответствующей их модернизации, имеются реальные предпосылки использования существующих ЦПТ для последовательного периодического транспортирования разнотипного минерального сырья ими, при формировании параллельных грузопотоков на участках: добычные забои - внутрикарьерные накопительные склады. Что же касается технологической составляющей в таком системном подходе относительно ИнГООка, то здесь очевидно, что до 2022 года реальные возможности осуществить идею КОМ в его карьере с вовлечением в транспортировку нерудной попутной продукции ЦПТ являются весьма ограниченными без серьезных изменений принятых проектов. Однако, после 2027 г. это становится уже целесообразным с изменением структуры существующих грузопотоков и созданием специализированных разно-сырьевых внутрикарьерных складов.

Список литературы

1. Виницкий К.Е. О ресурсосберегающих технологиях и комплексном освоении недр. / Горные науки промышленности. – М.: Недр, -1989. – С 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. й ін. Ресурсозберігаючі технології видобутку 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., Картавый 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

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. месторождений. – 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 // Разработка рудных месторождений. – Кривой Рог: КТУ, -2007. - Вып. 91. – С. 31-36.
 16. Бахтурин Ю.А. Обоснование рациональных технологических параметров автомобильно-конвейерно-железнодорожного транспорта на карьерах: Автореф. дис. ...канд. техн. наук / ИГД УрО РАН. – Екатеринбург: 1999. - 20 с.
- Рукопись поступила в редакцию 26.03.16

УДК 622.418: 622.8

А.О. ГУРІН, О.О. ЛАПШИН, доктори техн. наук, проф., Д.О. ЛАПШИНА, аспірантка
Криворізький національний університет

УПРАВЛІННЯ ПАРАМЕТРАМИ МІКРОКЛІМАТУ В ПІДЗЕМНИХ КАМЕРАХ ШАХТ З ДЖЕРЕЛАМИ ТЕПЛА

Відсутність ефективного провітрювання і надлишки тепла, утворені від роботи обладнання формують у підземних камерах шахт несприятливий мікроклімат, що негативно позначається на продуктивності праці та здоров'ї шахтарів. Найбільш несприятливі мікрокліматичні умови утворюються у камерах водовідливу, де за одночасної роботи двох-трьох насосних установок потужністю 800 кВт кожна, температура повітря сягає 36-38°C, а швидкість його руху внаслідок відсутності ефективної вентиляції знаходиться в межах 0,2-0,3 м/с, що не відповідає нормативним вимогам. З метою поліпшення умов праці в підземних камерах з джерелами тепла запропоновано спосіб нормалізації мікроклімату та регулювання його параметрів. Розроблення даного способу базується на науковому обґрунтуванні отримання ефекту охолодження від адіабатичного розширення стисненого повітря. Для реалізації запропонованого способу розроблено конструкцію охолоджувальної установки «Клімат», робочі параметри якої встановлювалися на підставах експериментальних досліджень в промислових умовах камер водовідливу шахт Кривбасу. Результати промислових випробувань засвідчили ефективність охолодження повітря в камерах на рівні 35-54%. Застосування установки «Клімат» у підземних камерах шахт дає можливість підтримувати температуру повітря на рівні 22-24°C, швидкість його руху в межах 0,5-2,5 м/с і відносну вологість не більше 60-70%. Результати досліджень представлені у статті впроваджені у промислових умовах камер водовідливу шахти «ім. Леніна» ПАТ «Кривбасзалізрудком» і шахти «ім. Артема» ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг».

Ключові слова: ефективне провітрювання, підземні камери, температура повітря, камери водовідливу

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. За сучасними проектами, відпрацювання покладів шахтами Кривбасу ведеться на глибинах 1300-1500 м в умовах ускладнення вентиляції гірничих виробок, зокрема підземних камер з джерелами надходжень тепла. Найбільш несприятливі мікрокліматичні умови спостерігаються в камерах водовідливу, де за одночасної роботи двох-трьох насосних установок температура повітря сягає 36–38 °С, а швидкість його руху через неефективне провітрювання знаходиться в межах 0,2-0,3 м/с, що не відповідає нормативним вимогам [1].

Зазвичай у камерах водовідливу розташовується 5-6 насосних установок, які є джерелами надходжень тепла - у кількості 160кВт від роботи однієї одиниці обладнання. Видалення теплого повітря з камери водовідливу ускладнюється через відсутність спеціальних вентиляційних виробок і перепаду тисків на вході і виході з камери. Несприятливі мікрокліматичні умови в камерах водовідливу негативно позначаються на продуктивності праці та здоров'ї шахтарів [2,3]. Розв'язання проблеми нормалізації мікроклімату в підземних камерах шахт з джерелами тепла лежить у площині реалізації державної цільової програми поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища на 2014-2018 рр., затвердженої Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 4 квітня 2013 р. № 178-VII [4].

Аналіз досліджень і публікацій. У дослідженні світової практики з нормалізації мікроклімату в шахтах окремої уваги заслуговує спосіб охолодження повітря льодом, який реалізується на шахтах ЮАР шляхом застосування паро-компресорних холодильних машин сумісно з льодогенераторами, або двохступеневими вакуумними заморожувальними системами потужністю