

А.В. Горпинич

## **ПРИМЕНЕНИЕ СКЛАДОВ РУДЫ В ЦИКЛИЧНО-ПОТОЧНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ РУДОПОТОКОВ НА КАРЬЕРАХ**

*Приведены результаты анализа применения складов горной массы на карьерах по добыче железной руды. Предложены способы формирования и управления качественными и количественными параметрами рудопотоков карьера на основе использования складов в схемах циклично-поточной технологии.*

---

### **ЗАСТОСУВАННЯ СКЛАДІВ РУДИ В ЦИКЛІЧНО-ПОТОКОВІЙ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ ФОРМУВАННІ РУДОПОТОКІВ НА КАР'ЄРАХ**

*Наведено результати аналізу застосування складів гірничої маси на кар'єрах з видобутку залізної руди. Запропоновано способи формування й управління якісними та кількісними параметрами рудопотоків кар'єру на підставі використання складів у схемах циклічно-поточної технології.*

---

### **APPLICATION OF ORE STORAGE IN LINE PRODUCTION WHILE ORE CURRENT IN OPEN PITS**

*The results of the analysis of ore storages application in open pits on iron ore mining are given. The methods of formation and control of qualitative and quantitative parameters of open pit's ore flows base on storage usage in cyclic-line technology are proposed.*

#### **ВВЕДЕНИЕ**

Циклично-поточная технология (ЦПТ) горных работ на глубоких карьерах по добыче железной руды потребовала решения научно-практических задач, связанных с одновременным применением двух технологий – циклической и циклично-поточной. Необходимость исследований усиливается и тем обстоятельством, что ЦПТ в ближайшей перспективе не заменит полностью циклическую технологию, а эффективность открытых горных работ во многом определяется рациональным сочетанием этих двух технологий. Поэтому особое значение приобретают вопросы оперативного планирования и управления горными

работами в режиме стабилизации качественно-количественных параметров внутрикарьерных и общекарьерного рудопотоков, их своевременной адаптации к требованиям переработки и производства конечной продукции.

#### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ**

Существующая идеология формирования транспортных систем глубоких карьеров, которая, во многом, определяет структуру и параметры рудопотоков, заключается в одновременном применении нескольких видов транспорта и их комбинаций [1]. Например, циклично-поточная технология базируется на применении автомобильно-

конвейерного, железнодорожно-конвейерного и автомобильно-конвейерно-железнодорожного транспорта. Однако эксплуатация карьерных многотранспортных систем всегда сопряжена с негативными последствиями. Так, многозвенность снижает общую производительность транспортной системы карьера из-за колебаний производительности смежных звеньев – экскаваторных, перегрузочных, транспортных комплексов.

Анализ условий и результатов эксплуатации технологических комплексов ЦПТ свидетельствует о недостаточной эффективности их использования. Основные причины этого – значительная удаленность добычной рабочей зоны от концентрационного горизонта дробильно-перегрузочного пункта (ДПП), не оптимизированные по направлению, концентрации и качественно-количественным параметрам формируемые рудопотоки. Неравномерная подача разновидностей руд с высокой изменчивостью содержания полезного компонента и обогатимостью не позволяет формировать рудопоток ЦПТ стабильного качества, при необходимости с заданным соотношением типов руд.

Кроме того, руда, запланированная для подачи на дробильно-конвейерный комплекс ЦПТ, даже в период непродолжительных простоев технологического оборудования ДПП, направляется на экскаваторные перегрузочные пункты. Перегрузки, как правило, находятся от добычных блоков на значительно большем расстоянии, чем до приемного бункера дробильно-перегрузочного пункта. Например, в условиях карьера Полтавского ГОКа при подаче руды из забоев, закрепленных за ДПП, на экскаваторный перегрузочный пункт расстояние транспортирования увеличивается на 1,5 км. При такой организации перераспределения рудопотоков увеличиваются затраты на транспортирование, что ухудшает технико-экономические показатели ЦПТ и в целом добычных работ.

Применение многотранспортных систем на карьерах становится целесообраз-

ным тогда, когда условия разработки месторождения изменяются настолько, что система уже неспособна обеспечить адекватную реакцию, так как последняя находится за пределами возможной адаптации отдельных видов транспорта. Однако ввод комбинированного транспорта не полностью решает проблему надежности формирования карьерного рудопотока, адаптивности его качественно-количественных параметров к изменению внешней экономической среды. Предложенные в таблице [2] виды и методы адаптации базируются исключительно на составляющих карьерных транспортных систем и не учитывают адаптационных возможностей перегрузочных систем, например складов горной массы внутрикарьерных и поверхностных перегрузочных комплексов ЦПТ. Следует, несомненно, согласиться, что параметрическая адаптация относится к краткосрочному временному интервалу с относительно высокой частотой адаптации, а структурная – к долгосрочной перспективе с малой частотой адаптации.

К основному технологическому обеспечению перегрузочных систем, реализующему принципы адаптации качественно-количественных параметров рудопотоков к требованиям внешней среды, следует отнести карьерные склады горной массы (скальные вскрышные породы, полезное ископаемое, техногенное сырье).

Проблемы внутрикарьерного складирования и перегрузки пород с целью повышения надежности работы звеньев выемочного, транспортного оборудования и в целом системы «карьер – обогатительная фабрика» подробно исследованы в работах [3 – 9]. Однако формирование и эксплуатация складов в них рассматривается с позиций компенсации потерь производительности технологического оборудования, что лежит в основе повышения устойчивости функционирования технологических организационных схем горных работ. Названные работы не рассматривают внутрикарьерные склады как средства адаптации карьерных грузопотоков к переменным ус-

ловиям формирования различных видов грузопотоков (рудопотоков и потоков скальной вскрыши) и не затрагивают про-

блему управления качеством добытого сырья на складах.

*ВЗАИМОСВЯЗЬ ПРОЦЕССОВ И МЕТОДОВ АДАПТАЦИИ*

*Таблица*

Иерархия видов адаптации	Иерархия методов управления формированием транспортных систем		
	программно-целевое управление	снятие или наложение ведущего ограничения	расширение узких звеньев
Структурная адаптация	Структура	Парадигма и стратегия формирования транспортных систем	Технические и технологические инновации
Параметрическая адаптация	Параметры вскрывающих выработок, грузопотоков и т.п.	Объемы добычных работ, производительность элементов, провозная способность, схемы путевого развития и т.п.	Наличие резервов, реализация принципа совмещения связей и т.п.

Теоретические и прикладные исследования по обоснованию способов технологии, организации усреднения на внутрикарьерных перегрузочных складах были осуществлены для условий цикличной технологии горных работ (простые схемы формирования рудопотоков при комбинированном автомобильно-железнодорожном транспорте) [10 – 18]. Формирование и эксплуатация эстакадных складов дробленой горной массы на поверхностных перегрузочных пунктах дробильно-конвейерных комплексов ЦПТ рассматривались, в первую очередь, как способ ликвидации жесткой взаимосвязи в системе «ЦПТ – ДОФ», т.е. склады выполняют функцию компенсации потерь технической производственной мощности технологического оборудования [19 – 24]. Только в немногочисленных работах [25 – 27] исследовались стабилизирующие на основе метода смешивания усреднительные свойства складов поверхностных перегрузочных комплексов ЦПТ. В качестве другого технологического решения по стабилизации качественно-количественных параметров рудопотоков ЦПТ предлагается создание складов недробленой горной массы на концентрационном горизонте внутрикарьерного дробильно-перегрузочного пункта [28 – 35]. Идея формирования таких скла-

дов, в первую очередь как аварийных, была выдвинута в [3, 36 – 38] и затем трансформировалась в одну из первоочередных задач по интенсификации горных работ на глубоких карьерах [39]. В перечисленных источниках эксплуатация складов рассматривалась с позиции повышения ритмичности и устойчивости работы карьерных технологических комплексов за счет исключения или уменьшения взаимовлияния простоев оборудования (дробилок, конвейеров, экскаваторов, автотранспорта). В работах [40 – 42] устанавливались рациональные параметры звеньев автомобильно-конвейерного транспорта только с учетом неравномерности количественных характеристик грузопотоков без влияния качества рудного сырья. При этом повышение эффективности работы дробильно-перегрузочных комплексов обуславливалось оптимизацией параметров внутрикарьерных складов ЦПТ, рассматриваемых как буферно-аккумулирующие, а не усреднительные. Поэтому такая характеристика как емкость склада определялась исходя из вероятности появления, продолжительности и времени ликвидации простоев дробильно-конвейерного оборудования, а также исходя из размеров рабочих площадок концентрационного горизонта пере-

грузочного комплекса ЦПТ [38, 43 – 47]. Установление объемов складирования выполнялось аналитическими и эмпирическими методами с применением положений теории массового обслуживания, но отсутствовали методы имитационного моделирования. Существующие на глубоких карьерах методы управления качеством рудного сырья не рассматривают внутрикарьерные склады ЦПТ как один из элементов такого управления.

Одним из способов, существенно снижающим отрицательное влияние факторов эксплуатации комплексов ЦПТ, является создание и эксплуатация вблизи дробильно-перегрузочного комплекса компенсационного буферно-подшихтовочного склада. Такой склад представляет собой дополнительную погрузочную мощность, обеспечивающую ритмичную и надежную работу экскаваторно-автомобильного, дробильного и конвейерного звеньев ЦПТ. Применение в технолого-организационных схемах формирования рудопотоков таких складов позволяет стабильно подавать горную массу в приемный бункер ДПП даже на период выполнения забойными экскаваторами неотложных подготовительных горных работ с жесткими требованиями по срокам (восстановление или строительство транспортных коммуникаций, подготовка буровых площадок, строительство зумпфа и др.).

Существенное значение приобретает аккумулярующий склад в первоначальный период аварийной остановки дробильно-конвейерного комплекса ЦПТ, когда к приемному бункеру еще поступает груженный автотранспорт. Однако, в первую очередь, применение компенсационного буферно-подшихтовочного склада у ДПП совместно со складом поверхностного перегрузочного комплекса ЦПТ необходимо рассматривать с позиций формирования и управления качеством рудопотоков, подаваемых на переработку:

Анализ ранее выполненных исследований и установление нерешенной части рассматриваемой проблемы позволили сформулировать следующие научно-практиче-

ские задачи исследований:

1. Систематизация условий создания и эксплуатации складов горной массы в ЦПТ горных работ.

2. Имитационное моделирование формирования качественно-количественных параметров рудопотоков циклично-поточной технологии с применением буферно-подшихтовочного (компенсационного) склада на внутрикарьерном ДПП.

3. Обоснование, разработка и исследование технолого-организационных схем адаптации параметров рудопотоков ЦПТ к требованиям внешней среды с применением складов горной массы.

4. Обоснование методологии экономической оценки эффективности применения складов в ЦПТ горных работ как элемента адаптации параметров карьерных рудопотоков к требованиям внешней среды.

**Систематизация условий создания и эксплуатации складов горной массы в ЦПТ горных работ.** В системе формирования и стабилизации качественно-количественных параметров грузопотоков ЦПТ горных работ важными управляющими (адаптационными) объектами выступают склады при дробильно-перегрузочных пунктах. Систематизация существующих и возможных технолого-организационных схем формирования и эксплуатации складов позволяет разработать способы складирования скальных пород вскрыши, геогенного и техногенного полезных ископаемых в режиме управления качеством рудопотоков и устойчивой работы технологических комплексов ЦПТ. Систематизация дает возможность обосновать рациональные схемы создания и разгрузки складов, области их применения.

Выполненные исследования позволили установить основные признаки систематизации условий формирования и функционирования складов в схемах ЦПТ горных работ [29]. Предлагается выделять три класса признаков. Приоритетность выделенных классов установлена на основе системного анализа признаков, позволяющего рассмотреть многообразие учиты-

ваемых факторов в группах и подгруппах. Обоснованность деления на классы, их приоритетность между собой подтверждалась при рассмотрении возможных технолого-организационных схем создания и эксплуатации складов ЦПТ на железорудных карьерах Украины. Более высокий иерархический уровень класса А объясняется тем, что на данном этапе обосновывается основной признак - назначение склада. Без его установления нельзя рассматривать признаки групп и подгрупп класса Б - условия формирования склада. Эти условия, в свою очередь, являются определяющими для класса В, где систематизируются условия разработки складов.

В классе А выделены три группы отражающие различия в функциональных назначениях складов как на внутрикарьерном дробильно-конвейерном комплексе, так и на поверхностном комплексе ЦПТ. В классе Б сгруппировано семь признаков, позволяющих выделить по подгруппам технолого-организационные схемы создания складов – расположение, срок эксплуатации, тип, количество секций, способ отсыпки, структура и средства формирования складов. В классе В выделено две группы признаков, систематизирующих условия разработки складов – форма и средства разработки.

Систематизированные условия создания и эксплуатации складов позволяют формировать технолого-организационные схемы работы дробильно-конвейерных комплексов ЦПТ как в режиме стабилизации качества рудопотоков, так и в режиме обеспечения проектной или плановой загрузки производственных мощностей ЦПТ. Выполненная систематизация дает достаточно полное представление о возможностях и особенностях формирования таких схем, позволяет разрабатывать и целенаправленно их исследовать. Это позволило расширить представления о возможностях и особенностях технолого-организационных схем работы дробильно-конвейерных комплексов в режиме стабилизации качественно-количественных па-

раметров грузопотоков ЦПТ.

*Имитационное моделирование формирования качественно-количественных параметров рудопотоков ЦПТ с применением буферно-подшихтовочного (компенсационного) склада на внутрикарьерном ДПП.* Многовариантность формирования структурных и технолого-организационных схем рудопотоков циклично-поточной технологии в режимах управления качеством или оптимизации производительности звеньев ЦПТ затрудняет аналитическое описание этих процессов с помощью моделей теории массового обслуживания (моделей марковских процессов). Они не позволяют получить результаты, адекватные функциям рассматриваемых объектов. Поэтому автор исследовал и оптимизировал процессы формирования рудопотоков ЦПТ карьера Полтавского ГОКа на основе имитационного моделирования параметров технолого-организационных схем работы дробильно-конвейерных комплексов. При этом устанавливалась взаимосвязь между качественно-количественными показателями рудопотоков, поступающих на внутрикарьерный ДПП, формирующихся на поверхностном перегрузочном комплексе ЦПТ и параметрами транспортной системы дробильно-конвейерных пунктов; определялись оптимальные характеристики технолого-организационных схем формирования рудопотоков при различных режимах функционирования комплексов. Имитировалась работа внутрикарьерного ДПП без буферно-подшихтовочного (компенсационного) склада и со складом.

В системе без склада рудопоток поступает непосредственно в приемный бункер дробилки комплекса. Смешивание руды не происходит, если пренебречь небольшим усреднением в бункере. При отказе одного из звеньев поточного транспорта или дробильного оборудования автотранспорт вынужден простаивать или доставлять руду на другой перегрузочный пункт: наблюдаются потери производительности системы, ухудшаются экономические показатели. В

то же время, если количественные параметры входного рудопотока меньше уровня технической мощности поточного транспорта, происходит недоиспользование системы и в конечном счете снижение производительности дробильно-конвейерного комплекса. При неравномерной подаче грузопотока на ДПП может возникнуть ситуация, когда количество доставляемой горной массы в единицу времени превышает пропускную способность перегрузочного пункта. В этом случае образуется очередь и имеют место потери производительности автотранспорта. Однако при существующей организации рудопотоков ЦПТ и в условиях дефицита автосамосвалов на карьерах Кривбасса такая ситуация возникает крайне редко. Вышеназванные условия формирования грузопотоков обуславливают возможность управления качеством рудопотока внутрикарьерного ДПП только за счет подачи автотранспорта в определенной последовательности, что сложно организационно. Таким образом, основной задачей при моделировании формирования рудопотока внутрикарьерного ДПП без склада является установление величины потери его производительности в зависимости от числа работающих конвейеров, соотношения между технической мощностью поточного транспорта и средней величиной входного рудопотока, коэффициента неравномерности рудопотока.

В схеме с буферно-подшихтовочным (компенсационным) складом параметры рудопотока формируются иначе. Наличие склада на концентрационном горизонте позволяет ликвидировать потери производительности системы. При отказах технологического оборудования ДПП и при превышении величины входного рудопотока уровня технической мощности поточного транспорта полезное ископаемое поступает на склад. При уменьшении величины входного рудопотока поточная транспортная система «подпитывается» из склада, благодаря чему ее техническая мощность используется максимально. Подача руды на склад и из склада в приемный бункер

дробилки позволяет организовать работу внутрикарьерного ДПП также в режиме формирования и управления качественными параметрами рудопотока.

Таким образом, основной задачей при моделировании формирования рудопотока по этой схеме является установление взаимосвязи между емкостью буферно-подшихтовочного (компенсационного) склада, показателями усреднения качественных характеристик рудопотока и параметрами моделируемой системы. К параметрам системы относятся число работающих конвейеров, характеристики законов распределения качества рудного сырья и неравномерности рудопотока, соотношение между производительностью перегрузочного пункта и средней величиной рудопотока, техническая мощность дробильно-конвейерного оборудования.

Целью имитационного моделирования эксплуатации внутрикарьерного дробильно-перегрузочного комплекса с буферно-подшихтовочным (компенсационным) складом является установление параметров (емкости) склада и эффективности снижения колеблемости качественных параметров рудопотока ЦПТ. Первое оценивается размахом вариации количества рудного сырья на складе за весь период моделирования; характеристикой второго является среднеквадратическое отклонение содержания полезного компонента в руде выходного рудопотока.

В качестве факторных параметров при построении регрессионных моделей использовались следующие показатели: число магистральных конвейеров в системе  $N$ ; параметр усечения закона распределения объемных показателей входного рудопотока  $t_Q$ ; параметр усечения закона распределения качества полезного ископаемого во входном рудопотоке  $t_\alpha$ ; коэффициент запаса мощности  $n$ .

Выходными (результатирующими) признаками в регрессионных моделях приняты: емкость компенсационного склада  $V_c$ , среднеквадратическое отклонение содер-

жания полезного компонента в выходном рудопотоке  $S_{\alpha}$ .

Главным результатом регрессионного анализа является вывод о том, что вместимость компенсационного склада должна обеспечивать 1,5 суток непрерывной работы системы поточного транспорта.

**Обоснование, разработка и исследование технолого-организационных схем адаптации параметров рудопотоков ЦПТ к требованиям внешней среды с применением складов горной массы.** Для условий карьера Полтавского ГОКа обоснованы и исследованы технолого-организационные схемы эксплуатации буферно-подшихтовочного (компенсационного) склада у ДПП совместно со складом поверхностного перегрузочного комплекса ЦПТ.

Анализ параметров площадок на рабочем борту карьера показал, что размещение склада горной массы возможно на концентрационном горизонте ДПП. Размеры рабочей площадки при незначительном разносе борта (до 10,5 тыс. м<sup>3</sup>) и существующая транспортная схема заездов на горизонт позволяют формировать буферно-подшихтовочный склад вместимостью 15 – 30 тыс. м<sup>3</sup>. Этих объемов достаточно как для повышения степени загрузки дробильно-конвейерного комплекса ЦПТ, так и для формирования и регулирования качества рудопотоков.

Возможны следующие технолого-организационные схемы эксплуатации буферно-подшихтовочного (компенсационного) склада внутрикарьерного дробильно-конвейерного комплекса:

Схема 1. Эксплуатация склада, непосредственно у ДПП, с применением комплекса «экскаватор – автотранспорт».

Схема 2. Эксплуатация склада удаленного от ДПП с применением комплекса «экскаватор – автотранспорт».

Схема 3. Эксплуатация непосредственно у ДПП склада с применением комплекса «экскаватор – система питателей».

Схема 4. Эксплуатация непосредствен-

но у ДПП склада с применением одноковшового погрузчика.

Схема 5. Формирование склада с применением комплекса «железнодорожный транспорт – экскаватор» и разгрузка склада комплексом «экскаватор – автотранспорт».

Приоритетным направлением стратегии формирования техногенных объектов (ТО), как потенциального рудного сырья на железорудных карьерах Украины, становится их внутрикарьерное размещение. Так, в условиях Полтавского ГОКа в северной части карьерного поля на Лавриковском участке возможно размещение склада бедных руд емкостью 8 – 10 млн т. Запасы техногенного сырья позволяют компенсировать дефицит объемов добычи бедных руд с глубоких горизонтов. В южной и центральной зонах карьера предложено формировать склады техногенного сырья емкостью 30 – 250 тыс. т на временно-нерабочих участках юго-западного и западного бортов. Кроме функции накопления техногенные склады оказывают влияние на ритмичность грузопотоков «карьер – фабрика» за счет стабилизации работы технологических комплексов. Такие склады формируются в непосредственной близости от приемных бункеров дробильно-конвейерных комплексов ЦПТ, а также в зонах создания новых перегрузочных пунктов. Сформированные техногенные объекты разрабатываются несколькими типами технологических комплексов с подачей сырья на переработку стационарными и передвижными конвейерами системами и железнодорожным транспортом с глубоких горизонтов карьера [48].

**Обоснование методологии экономической оценки эффективности применения складов в ЦПТ горных работ как элемента адаптации параметров карьерных рудопотоков к требованиям внешней среды.** Методология экономической оценки эффективности применения складов должна базироваться на современных, общепринятых в международной практике принципах оценки инвестицион-

ных проектов. Эти принципы характеризуются применением подхода «движение денежных потоков», использования для оценки критериев инвестиционной привлекательности (чистый дисконтированный доход, критерий «выгоды/затраты», дисконтированный срок окупаемости).

## ВЫВОДЫ

Выполненная систематизация условий создания и эксплуатации складов при ЦПТ горных работ позволила получить полное представление о возможностях и особенностях технолого-организационных схем работы дробильно-конвейерных комплексов в режимах управления качеством рудопотоков, обеспечения проектной или плановой загрузки производственных мощностей системы ЦПТ, адаптации параметров рудопотоков к изменению состояния внешней экономико-технологической среды.

Полученные результаты исследований свидетельствуют, что технолого-организационные схемы работы ДПП с буферно-подшихтовочным (компенсационным) складом обеспечивают как формирование и управление качеством рудопотоков ЦПТ, так и оптимизацию работы звеньев этой системы. Результаты моделирования формирования рудопотоков являются научной основой для разработки, обоснования условий организации и параметров схем стабилизации качества рудопотоков и устойчивости работы комплексов ЦПТ.

Имитационные модели обеспечивают адекватность реальному процессу и выбор параметров звеньев системы ЦПТ. Модели имеют универсальный характер, поскольку позволяют варьировать структурой техно-

логической схемы ДПП, включая и исключая из нее буферно-подшихтовочный (компенсационный) склад и изменяя количество ставов магистрального конвейера. Исследования с помощью имитационных моделей и регрессионного анализа работы дробильно-конвейерного комплекса позволили установить, что отсутствие склада вызывает потери производительности системы в пределах 22 – 25%. Эти потери растут с увеличением числа ставов магистрального конвейера и с повышением интенсивности входного рудопотока.

Имитационное моделирование трансформации качества рудопотока ЦПТ позволило оценить возможности управления ним при различных технолого-организационных схемах работы ДПП. Установлена функция изменения колеблемости качества выходного рудопотока ЦПТ в зависимости от качественно-количественных характеристик (производительности системы, коэффициента запаса производительности, числа ставов конвейеров, коэффициента усечения закона распределения качества входного рудопотока ДПП, емкости склада на концентрационном горизонте).

Емкость буферно-подшихтовочного (компенсационного) склада должна соответствовать 1,5-суточному запасу руды, что обеспечивает снижение колеблемости качества рудопотока на 20 – 25%. Результаты имитационного моделирования формирования рудопотоков ЦПТ являются научной основой для разработки и обоснования условий организации и параметров схем стабилизации качественно-количественных параметров карьерных рудопотоков, их адаптации к изменению условий внешней экономико-технологической среды, устойчивости работы комплексов ЦПТ.





## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яковлев В.Л. Теория и практика выбора транспорта глубоких карьеров / В.Л. Яковлев. – Новосибирск: Наука, 1989. – 240 с.
2. Вопросы интерпретации адаптационного формирования сложных транспортных систем карьеров / Ю.Л. Бахтурин, Г.Л. Кармаев, В.А. Берсенев [и др.] // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2004. – № 12. – С. 125 – 130.
3. Васильев М.В. Внутрикьерное складирование и перегрузка руд / М.В. Васильев. – М.: Недра, 1968. – 184 с.
4. Васильев М.В. Комбинированный транспорт на карьерах / М.В. Васильев. – М.: Недра, 1975. – 360 с.
5. Прокопенко В.И. Повышение устойчивости работы комплексов оборудования глубоких карьеров / В.И. Прокопенко // Известия ВУЗов. Горный журнал. – 1990. – № 3. – С. 96 – 98.
6. Прокопенко В.И. Компенсация потерь производительности технологического оборудования для устойчивой работы комплексов на глубоких карьерах / В.И. Прокопенко // Горный журнал. – 1991. – № 9. – С. 32 – 34.
7. Пишито В.Я. Влияние буферного склада на производительность карьера / В.Я. Пишито // Проектирование открытой разработки месторождений. – 1984. – № 6. – С. 8 – 12.
8. Кулешов А.А. Рациональный уровень надежности транспортных систем карьеров / А.А. Кулешов, С.Н. Резников // Повышение надежности работы транспортных систем горных предприятий. – Л.: Изд-во ЛГИ, 1988. – С. 61 – 64.
9. Квитка В.В. Проектирование устойчивости технологической системы карьера / В.В. Квитка // Проблемы теории проектирования карьеров. – Л.: Изд-во ЛГИ, 1988. – С. 56 – 60.
10. Бастан П.Л. Теория и практика усреднения руд / П.Л. Бастан, Е.И. Азбель, Е.И. Ключкин. – М.: Недра, 1979. – 255 с.
11. Зарайский В.Н. Усреднение руды / В.Н. Зарайский, К.П. Николаев, К.В. Казанский. – М.: Недра, 1975. – 262 с.
12. Новожилов М.Г. Качество рудного сырья чёрной металлургии / М.Г. Новожилов, Я.Ш. Ройзен, А.М. Эрперт. – М.: Недра, 1977. – 415 с.
13. Ройзен Я.Ш. Методика определения емкости усреднительных рудных складов / Я.Ш. Ройзен, А.М. Эрперт // Разработка рудных месторождений. – 1972. – Вып. 13. – С. 113 – 117.
14. Ломоносов Г.Г. Формирование качества руд при открытой добыче / Г.Г. Ломоносов. – М.: Недра, 1975. – 224 с.
15. Грачев Ф.Г. Теория и практика усреднения качества минерального сырья / Ф.Г. Грачев. – М.: Недра, 1983. – 157 с.
16. Бастан П.П. Усреднение руд на горно-обогатительных предприятиях / П.П. Бастан, Н.Н. Боллошин. – М.: Недра, 1981. – 280 с.
17. Бызов В.Ф. Об особенностях преобразования колебаний качества руды на прикьерных усреднительных складах / В.Ф. Бызов // Разработка рудных месторождений. – К.: Техника, 1981. – Вып. 31. – С. 79 – 84.
18. Арсеньев С.Я. Внутрикьерное усреднение железных руд / С.Я. Арсеньев, А.Д. Прудовский. – М.: Недра, 1980. – 243 с.
19. Комплексная механизация процессов циклично-поточной технологии на карьерах / Б.А. Симкин, А.А. Дихтяр, А.П. Зиборов [и др.]. – М.: Недра, 1985. – 195 с.
20. Котяшев А.А. Систематизация и структурная типизация технологических схем ЦПТ при открытой разработке скальных пород и руд / А.А. Котяшев, А.П. Тюлькин // Совершенствование разработки железорудных месторождений открытым способом. – Свердловск: ИГД МЧМ СССР, 1986. – Вып. 81. – С. 18 – 30.
21. Панчошный Н.М. Северный горно-обогатительный комбинат им. Комсомола Украины / Н.М. Панчошный // Горный журнал. – 1987. – № 12. – С. 3 – 6.
22. Эффективное освоение циклично-поточной технологии на железорудных карьерах ЦГГОКа / О.В. Дымченко, Н.Н. Кумченко, Э.И. Ефремов [и др.] // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1995. – № 3. – С. 42 – 44.
23. Бахтурин Ю.А. Анализ проектных решений и опыта эксплуатации комплексов перегрузки с конвейерного на железнодорожный транспорт / Ю.А. Бахтурин // Реконструкция транспортных систем глубоких карьеров. – Свердловск: ИГД МЧМ СССР, 1987. – Вып. 79. – С. 56 – 60.
24. Разживин В.М. Емкость рудного склада при циклично-поточной технологии горных работ // Совершенствование техники и технологии открытой разработки месторождений / В.М. Разживин. – К.: Наукова думка, 1972. – Вып. 3. – С. 59 – 65.
25. Бызов В.Ф. Усреднительные системы на горно-обогатительных предприятиях / В.Ф. Бызов. – М.: Недра, 1988. – 213 с.
26. Бызов В.Ф. Управление качеством продукции карьеров / В.Ф. Бызов. – М.: Недра, 1991. – 239 с.
27. Котельников В.М. ЦПТ с усреднительным складом руды на борту карьера / В.М. Котельников, В.А. Виноградов // Горный журнал. – 1981. – № 7. – С. 47 – 48.
28. Горпинич А.В. Интенсификация ЦПТ горных работ и формирование стабильного состава рудной ших-

ты на глубоких карьерах / А.В. Горпинич, Б.Н. Баньковский, В.А. Гонцул // Интенсификация горнорудного производства: науч.-техн. конф., 24 – 26 окт. 1989 г.: тезисы докл. – Свердловск, 1989. – С. 32 – 33.

29. Горпинич А.В. Систематизация условий создания и эксплуатации складов при циклично-поточной технологии горных работ / А.В. Горпинич // Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. праць. – Д., 1997. – Вып. 2. – С. 52 – 53.

30. Горпинич А.В. Формирование стабильного качества рудопотока карьера при совместной циклической и циклично-поточной технологиях горных работ / А.В. Горпинич // Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. праць. – Д., 1998. – Вып. 4. – С. 67 – 70.

31. Акишев А.Н. Совершенствование параметров внутрикарьерных перегрузочных пунктов дробильно-конвейерного комплекса / А.Н. Акишев. – Колыма, 1992. – № 4. – С. 5 – 7.

32. Мальгин О.Н. Использование комплекса ЦПТ при открытой разработке золоторудного месторождения Мурунтау / О.Н. Мальгин, П.А. Шеметов, С.С. Коломников // Горный журнал. – 1995. – № 4. – С. 20 – 22.

33. Кривошеев А.В. Пути повышения эффективности разработки глубоких горизонтов карьера Ингулецкого ГОКа / А.В. Кривошеев // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1991. – № 4. – С. 53 – 55.

34. Воробьев В.П. Повышение ритмичности работы карьерного автомобильно-конвейерного транспорта / В.П. Воробьев, Ю.А. Бахтурин, В.М. Кузьминов // Горнорудное производство. – Свердловск: ИГД МЧМ СССР, 1983. – Вып. 71. – С. 22 – 26.

35. Усынин В.И. Формирование рудопотоков глубоких карьеров при циклично-поточной технологии / В.И. Усынин // Фундаментальная теория рудопотока. – Апатиты: Изд-во Кольского филиала АН СССР, 1983. – С. 13 – 21.

36. Васильев М.В. Комбинированный транспорт и его технологические связи на современных рудных карьерах / М.В. Васильев // Горнорудное производство. Вопросы карьерного транспорта. – Свердловск: ИГД МЧМ СССР, 1975. – Вып. 46. – С. 3 – 20.

37. Применение ЦПТ для выдачи скальных пород и руд глубоких карьеров Кривбасса / Б.Н. Тартаковский, Е.Е. Новиков, М.С. Четверик [и др.] // Горный журнал. – 1978. – № 4. – С. 17 – 21.

38. Четверик М.С. Пути совершенствования разработки глубоких горизонтов карьеров Кривбасса при применении циклично - поточной технологии горных работ / М.С. Четверик // Повышение эффективности открытой разработки месторождений. – К.: Наукова думка, 1979. – С. 17 – 32.

39. Котяшев А.А. Проблемы разработки глубоких карьеров и пути их решения / А.А. Котяшев, А.Ф. Ткачев // Горный журнал. – 1987. – № 10. – С. 60 – 62.

40. Антонов В.А. Методы расчета и оптимизации параметров аккумулирующих складов при циклично-поточной технологии открытых горных работ: автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.15.03 «Открытая разработка месторождений полезных ископаемых» / В.А. Антонов. – Свердловск, 1984. – 17 с.

41. Антонов В.В. Обоснование рациональных параметров звеньев комбинированного автомобильно-конвейерного транспорта с учетом неравномерности грузопотоков: автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.05.06 «Горные машины» / В.В. Антонов. – М., 1989. – 17 с.

42. Кривошеев А.В. Совершенствование перегрузочных пунктов циклично-поточной технологии при переходе к отработке глубоких горизонтов карьеров: автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.15.03 «Открытая разработка месторождений полезных ископаемых» / А.В. Кривошеев. – Кривой Рог, 1993. – 20 с.

43. Волотковский В.С. Параметры конвейерных подъемников на карьерах / В.С. Волотковский, Г.Д. Кармаев // Горнорудное производство. Совершенствование транспорта рудных карьеров. – Свердловск: ИГД МЧМ СССР, 1978. – Вып. 56. – С. 63 – 67.

44. Резервирование конвейерных подъемников / В.С. Волотковский, Г.Д. Кармаев, Л.А. Сорокин [и др.] // Изв. ВУЗов. Горный журнал. – 1981. – № 3. – С. 65 – 70.

45. Четверик М.С. Вскрытие горизонтов глубоких карьеров при комбинированном транспорте / М.С. Четверик. – К.: Наукова думка, 1986. – 188 с.

46. Оптимизация параметров транспортно-перегрузочных комплексов на карьерах / [Шапарь А.Г., Эрперт А.М., Рипп Л.М., Лашко В.Т.]. – М.: Недра, 1988. – 207 с.

47. Берсенева В.А. Размеры и местоположение площадок дробильно-перегрузочных пунктов при циклично - поточной технологии / В.А. Берсенева // Совершенствование технологии разработки железорудных месторождений открытым способом. – Свердловск: ИГД МЧМ СССР, 1986. – Вып. 81. – С. 80 – 88.

48. Горпинич А.В. Создание и разработка техногенных формирований по циклично-поточной технологии на железорудных карьерах / А.В. Горпинич // Эколого-экономические проблемы разведки, разработки и обогащения полезных ископаемых Украины: науч.-техн. конф., июнь 1997 г.: докл. – Д., 1997. – С. 96 – 97.

## ОБ АВТОРАХ

*Горпинич Александр Владимирович – доцент  
кафедры прикладной экономики Национального горного  
университета.*

