

6. Поточная технология горных работ с комплексами машин непрерывного действия для железорудных карьеров Кривбасса / Б.П. Тартаковский, И.И. Гаврилюк, С.М. Бро и др. - К.: Наук. думка, 1977.- 260 с.

7. Комплексы машин непрерывного действия для открытой разработки скальных пород / С.М. Бро, А.С. Пригунов, М.С. Четверик, Г.Г. Грищенко // Межд. конфер. "Механизация и автоматизация земляных работ. - К.: КИСИ. 1991. - С. 192-195.

8. Оборудование системы транспорта с конвейерными поездами / А.С. Пригунов, С.М. Бро, М.Г. Потапов и др. // Межд. конфер. "Механизация и автоматизация земляных работ. - К.: КИСИ. 1991. - С.221-226.

УДК 622.271

М.С. Четверик

## ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОТКРЫТОЙ ДОБЫЧИ РУД

Осуществляемый переход к рыночным отношениям, энергоемкая технология и оплата за энергоносители по мировым ценам, повышение требований к охране окружающей среды, к тому же еще и низкое качество исходного минерального сырья существенно сказываются на экономике горнорудных предприятий Украины. Это вызывает необходимость, наряду с совершенствованием проектирования карьеров, совершенствование существующих и разработка принципиально новых технологий добычи руд. Перспективными являются циклично-поточная с гравитационным транспортом горной массы в рабочей зоне, поточная с отработкой уступов блоками с короткозвенными конвейерами, технология с предобогащением руды в карьерах (ТПРК), открыто-подземная доработка месторождений, технология разработки крутопадающих месторождений с внутренним отвалообразованием.

### 1. Совершенствование теории проектирования карьеров

В теории проектирования карьеров принимают, что после отработки запасов крутопадающего месторождения открытым способом добычу руды прекращают, отвалы рекультивируют, а предприятие ликвидируют или перестраивают для подземной добычи руды. С экологических позиций такая трактовка открытых горных работ является неприемлемой. Карьер глубиной 500-700 метров, длиной в несколько километров, отвалы высотой 60-80 метров, шламохранилища будут являться источником загрязнения и истощения окружающей среды. Большие объемы скальных вскрышных пород, вынутые с глубоких горизонтов карьеров и поднятые на высоту

до 80 м над уровнем земной поверхности, повышают естественный радиационный фон. Поэтому при проектировании разработки месторождения необходимо проектом определить вид объекта, который будет расположен на месте отработанного карьера. Возможны два направления: а) засыпка карьера вскрышными породами и шламами, восстановление нарушенных земель; б) выполнение в период отработки карьера горными работами определенных горно-строительных работ для сооружения предусмотренного проектом объекта. В ИГТМ НАН Украины выполнены исследования по использованию пространств отработанных карьеров в хозяйственных целях. Для решения этой проблемы, которая имеет многогранные стороны, в том числе и при подземной разработке месторождений, необходимо решение правовых вопросов. Принятие законов о необходимости и порядке использования объектов горных разработок после прекращения добычи полезных ископаемых.

Вторым направлением в области совершенствования теории проектирования карьеров является определение их граничной глубины. Здесь необходимо не только изменение расчета экономических показателей, соответствующих мировым стандартам и ценам, но и новые методические подходы. Это позволит выделить карьеры ГОКов, которые можно разрабатывать экономично и до полной глубины. На основе таких подходов представится возможным прогнозировать развитие железорудной отрасли Кривбасса и Украины.

Третьим направлением является определение рациональных технологических параметров и формирование технологических комплексов. В связи со значительными отставаниями по выполнению объемов вскрышных работ, резко сократились объемы вскрышных и готовых к выемке запасов. При дальнейшем таком же развитии событий ряд карьеров прекратят свое существование, поскольку они работают на затухание.

Расчеты НИГРИ показывают, что достаточно достичь эффективной работы Южного горно-обогатительного комбината, чтобы все остальные обеспечить железорудным сырьем.

Различие горнотехнических условий и свойств пород по глубине карьера предопределяют необходимость применения несколько технологий на одном карьере. Рассмотрим перспективные.

## **2. Циклично-поточная технология и вскрытие глубоких горизонтов.**

Циклично-поточная технология применяется на всех карьерах Кривбасса. Ее значимость и область применения в настоящее время существенно возрастают.

Вскрытие горизонтов на всех карьерах (за исключением Анновского СевГОК и на Подлавском ГОКе) осуществлено наклонными стволами и штольнями с расположением внутрикарьерных перегрузочных пунктов на временно нерабочих или рабочих бортах. Перегрузочные пункты оборудованы конусными дробилками, установленными стационарно в бетонных колодцах. При понижении горных работ с целью сокращения расстояний автоперевозок (и количества автотранспорта) строят новый перегрузочный пункт.

Применяемое вскрытие горизонтов и оборудование имеют ряд недостатков.

При увеличении высоты рабочей рудной зоны увеличиваются расстояния автоперевозок. При вводе в эксплуатацию перегрузочного пункта на нижних горизонтах оба перегрузочных пункта недостаточно загружены по производительности. Расположение перегрузочных пунктов на нерабочем борту приводит к увеличению расстояний автоперевозок, а на временном нерабочем - консервации запасов полезного ископаемого.

Этих недостатков можно избежать, применяя вскрытие горизонтов рудоступками с передвижными перегрузочными пунктами. Возможно, применение циклично-поточной технологии с гравитационным транспортом в рабочей зоне карьера. При этой технологии в группе уступов (4-8) горную массу автосамосвалами перевозят только горизонтально по горизонтам. Разгрузку автосамосвалов производят в аккумуляционную емкость внутрикарьерный склад вертикального типа. Склад от известных отличается тем, что, используя подземные выработки, производят опережающую выемку горных пород до нерабочего борта. Затем создают камеру и выпускные дучки. В эту выемку из каждого горизонта производят разгрузку горной массы. В выемке создают перегрузочные узлы для перегрузки руды на конвейерный транспорт. В штольне расположен конвейер для транспортирования крупнокусковой горной массы. Горная масса конвейером подается на грохотильно-дробильную перегрузочную машину и далее на горизонтальный и подъемные конвейеры.

Достоинством рекомендуемой технологии является малые расстояния автоперевозок в результате рассредоточенного по высоте рабочей зоны движения и разгрузки автосамосвалов, концентрация грузопотока, позволяющая применить грохотильно-дробильную или дробильную машину большой производительности. Недостаток - возможное пересечение вертикальным складом транспортных и других коммуникаций.

В схемах и системах вскрытия горизонтов при изложенной технологии следует применять открытое расположение вскрывающих выработок. Перспективным является расположение конвейерных подъемников на временно нерабочих и рабочих бортах карьера на опорах, которое на отечественных карьерах применяют мало.

### **3. Поточная технология с отработкой уступов блоками.**

Поточная технология предусматривает применение конвейерного транспорта непосредственно в забоях карьера, что является постоянной перспективой ввиду меньшего загрязнения окружающей среды и высокой производительности. Ее рационально применять для разработки скальных пород на горизонтах верхней и средней зон по глубине карьера. Это вызвано тем, что на этих горизонтах сосредоточены наибольшие объемы вскрыши. Верхние уступы карьеров отработывают с применением железнодорожного транспорта. Нижние горизонты, рудные, отработывают с высокой интенсивностью по циклично-поточной технологии. Средние горизонты, сложенные скальными породами, разрабатывают менее интенсивно, так как железнодорожный транспорт трудно завести на эти горизонты. Поэтому средние горизонты и целесообразно разрабатывать с применением поточной технологии.

Попытка применения такой технологии на карьере №1 ЦГОКа оказалась неудачной. Система из-за недостаточности объема работ на уступе работала по схеме циклично-поточной технологии. Кроме того, для размещения комплекса машин необходима большая ширина рабочей площадки. Поскольку высота рабочей зоны может быть большой, составлять 7-8 уступов, то при такой системе поточной технологии необходимо на каждом уступе располагать забойный конвейер большой длины, что приводит к неэкономичности разработки.

Повышения эффективности поточной технологии и полной конвейеризации транспорта в карьере можно достичь путем отработки уступов блоками. Забойный конвейер располагают только на отработываемом блоке. При проектировании буровзрывных работ на блоке одновременно проектируют и его отработку с применением передвижного дробильного или грохотильного агрегата и короткозвенных конвейеров. Подготовку нижних горизонтов осуществляют по особой технологической схеме.

### **4. Технология горных работ с предобогащением руды в карьерах**

Большие энергозатраты при разработке расходуют на перемещение руды независимо от того, какой вид транспорта применяют в карьере. Главной же причиной

огромных энергозатрат является большой объем транспортирования, дробления, обогащения и складирования пустых пород, которые содержатся в рудном минерале и в добытой руде. Это обусловлено тем, что в добычу вовлекают все более бедные руды. Происходит разубоживание руд путем включения в запасы нерудных пород. При взрывных работах смешивают рудные и нерудные прослои. Большая вместимость ковшей экскаваторов циклического действия не позволяет осуществлять селективную выемку руд.

Переход к технологии с предобогащением руды в карьерах (ППРК) содействуют факторы: крупное механическое дробление в дробилках при циклично-поточной технологии, создание эффективных внутривалковых дробилок, мельниц для сухого измельчения, сухой магнитной сепарации. В ИГТМ НАН Украины разработан дробильно-обоганительный комплекс машин. Особенностью комплекса является то, что крупное и мелкое дробление, благодаря компактности внутривалковых дробилок, сосредоточено в одном агрегате. Разработаны также различные технологические схемы технологии горных работ с предобогащением руды в карьерах.

Технология с предобогащением руды в карьерах и получением чернового илименитового концентрата применена на карьерах Иршанского ГОКа. При этой технологии применяют переносные обоганительные фабрики. Переносная фабрика переносится на новый карьер в течение 8 месяцев. Эффективность этой технологии достигается за счет снижения расстояний автоперевозок, отсутствия хвостохранилищ. Вскрышные породы и хвосты укладываются во внутренние отвалы.

### **5. Технология открыто-подземной разработки с использованием нерабочей зоны**

Такая технология применяется уже на некоторых карьерах, главным образом, при добыче богатых руд, расположенных в бортах. В перспективе, особенно в связи с отставанием вскрышных работ, такая технология может применяться на некоторых карьерах Кривбасса, например, карьере №1 ЦГОК.

При наличии мощных транспортных коммуникаций, обширном вскрытии рудных залежей возможны различные технологические схемы открыто-подземной добычи руд. При этом выемка приконтурных или прибортовых запасов может осуществляться подземным способом с закладкой выработанного пространства вскрышными породами. В этом случае можно использовать комплекс машин не-

прерывного действия в составе погрузочной машины, дробилки, конвейерного транспорта, управляемых дистанционно.

#### **6. Разработка крутопадающих месторождений с засыпкой отработанных карьеров и внутренним отвалообразованием**

Внутреннее отвалообразование при разработке крутопадающих залежей применяется в настоящее время локально, для решения отдельных технологических задач: совершенствования транспортных коммуникаций, повышения устойчивости бортов карьеров, создание перемычки, засыпки отработанных карьеров или зон и др. Применяют его на ряде карьеров ПГОК, ЦГОК, НКГОК. Непосредственно как необходимый технологический процесс при добыче руды внутреннее отвалообразование не применяется. В том случае, когда засыпка выработанных карьеров станет обязательной, необходимой как законченный цикл производственного процесса, то внутреннее отвалообразование найдет более широкое применение. Для этого необходимо выполнить более глубокие исследования и проектные работы с учетом режима горных работ, этапности разработки месторождений.

#### **7. Открытая разработка техногенных месторождений, расчистка хвостохранилищ**

В ИГТМ НАН Украины выполнен большой комплекс работ по оценке воздействия на окружающую среду действующих хвостохранилищ. Все хвостохранилища заполнены, их емкости достигают критического уровня. Для увеличения емкости осуществляют реконструкцию хвостохранилищ путем наращивания ограждающих дамб. Наращивание осуществляют изнутри хвостохранилищ, чтобы не изымать дополнительных земель.

Экологическая опасность эксплуатации хвостохранилищ проявляется во многих факторах:

а) хвостохранилища не имеют противифльтрационных экранов. В результате увеличения гидростатического напора при увеличении высоты ограждающих дамб загрязняются водоносные горизонты на все больших глубинах и площадях;

б) вследствие многолетней эксплуатации хвостохранилищ под ними образовались геофильтрационные поля, фактические параметры которых в большинстве случаев неизвестны. В результате, несмотря на устройство дренажных систем, происходит подтопление близлежащих территорий;

в) вследствие длительного насыщения пород водой в основании хвостохранилищ происходит изменение их физико-механических свойств. Поэтому при увеличе-

нии высоты дамб может произойти их разрушение, что и наблюдается в ряде случаев;

г) уменьшается емкость хвостохранилищ при наращивании дамб «изнутри»;

д) увеличение высоты дамб приводит к удорожанию складирования отходов за счет их подъема на большую высоту.

Особо актуальна эта проблема для хвостохранилищ, в которых складировуют отходы, относящиеся к 1-2 классу опасности и которые не могут быть использованы в производстве, а подлежат только захоронению. Технология захоронения отходов при чашах хвостохранилищ высотой 28-50 м неизвестна.

Не менее важна эта проблема и для хвостохранилищ ГОКов Кривбасса. С целью снижения вредного влияния хвостохранилищ на окружающую среду в ИГТМ НАН Украины разработана технология их эксплуатации с постоянной расчисткой. При этой технологии хвостохранилища разделяются на две или три секции дамбами. В одной из секций осуществляется складирование отходов, в другой - их обезвоживание и экскавация и транспорт сухих отходов в отвал или отработанный карьер. После расчистки этой части хвостохранилища экранируют его дно и затем начинают эксплуатацию. В той же части, где раньше производилось складирование хвостов, осуществляют расчистку: обезвоживание и выемку хвостов. Такая технология позволяет продлить срок службы хвостохранилищ с минимальным экологическим ущербом.

#### **8. Разработка марганцево-рудных месторождений, расположенных под дном Каховского водохранилища**

Украина располагает запасами окисных и большими запасами карбонатных марганцевых руд. В связи с истощением запасов богатых окисных руд и практически полной отработкой их в ближайшее время, главным сырьем будут карбонатные руды. Качество марганцевых концентратов из карбонатных руд более низкое. Следует отметить, что качество отечественных марганцевых концентратов по содержанию фосфора и кремнезема не отвечают требованиям ферросплавной промышленности и уступает зарубежному. Это не только приводит к большой материалоемкости и ухудшению качества ферросплавной продукции, но и исключает возможность производства сплавов марганца широко распространенными за рубежом эффективными, одностадийными технологическими процессами.

Открытая разработка марганцево-рудных месторождений из-за истощения запасов, вредных экологических последствий, большой энергоемкости и дороговизны

является мало перспективной. Оработка запасов марганцевых руд подземным способом тоже дорогостоящая.

Из развития и расположения марганцево-рудной провинции на территории Днепропетровской и Запорожской областей следует, что часть запасов марганцевых руд расположена под дном Каховского водохранилища. Как известно, Каховское водохранилище заняло большие площади пахотных земель и плавней.

Предлагается технология оработки запасов под дном Каховского водохранилища. В первом случае может использоваться гидравлическая добыча или с использованием драг. Во втором случае с использованием ограждающих дамб, осушение месторождения, оработкой запасов и восстановлением земель. Такая технология позволяет: а) не изымать у сельского хозяйства землю, а дополнительно вводить участки для земледелия; б) восполнить выбывающие мощности по добыче марганцевых руд.

#### **9. Оборудование для перспективных технологий открытой добычи руд**

Для перспективных технологий разрабатывались различные комплексы машин и отдельные виды оборудования. Одной из основных составных частей комплексов является дробилка. Для дробления крепких пород обычно используют конусные дробилки. Их применяют в схемах циклично-поточной технологии на карьерах Кривбасса. Высокая надежность, большая производительность, способность работы под завалом, низкое энергопотребление, дробление пород любой крепости – основные преимущества конусных дробилок. В то же время они обладают рядом недостатков: большая масса и габариты, необходимость уравновешивания установки, постоянный угол захвата, односторонний износ брони и др.

Это потребовало разработки дробилок принципиально нового типа – внутривалковых, не имеющих аналогов за рубежом.

Внутривалковая дробилка состоит из наружного и внутреннего валков, установленных концентрично со смещением их осей вращения. Дробление кусков происходит в камере дробления (серповидной в горизонтальной плоскости) путем их захвата и защемления при вращении обоих валков в одинаковую сторону. Внутренний валок в зависимости от назначения дробилки может иметь цилиндрическую, коническую или цилиндроконическую форму.

Такие дробилки конструкции ПО НКМЗ созданы, в основном, для циклично-поточной технологии (карьеры ЦГОКа, СевГОКа, карьер «М» в Узбекистане и др.),

и конструкции ИГТМ НАИ Украины, созданы, в основном, для мелкого и среднего дробления (ПО «Невекгеология», брикетная фабрика «Донецкая» и др.).

Внутривалковые дробилки для крупного, среднего и мелкого дробления материала имеют различные схемы привода. В дробилке для крупного дробления конструкции ПО НКМЗ приводным является наружный валок, а свободно вращающийся внутренний валок вовлекается в движение горной массой при принудительном вращении наружного. Эксплуатация этих дробилок показала, что интенсивному износу подвергается внутренний валок (конус).

В дробилке для крупного дробления конструкции ИГТМ НАИ Украины внутренний и наружный валки являются приводными и вращаются в одинаковую сторону. В дробилках для среднего и мелкого дробления этой же конструкции приводным является только внутренний валок, а наружный – свободно вращающийся как присоединенная масса при защемлении дробимого тела между дробящими поверхностями.

Для установления рациональной кинематической схемы дробилки, определения условий ее работоспособности и параметров проведены теоретические и экспериментальные исследования. Установлено, что для данного типа дробилок угол захвата является переменным. Максимальное его значение соответствует коэффициенту сопротивления, который определяется как приведенная величина коэффициентов трения внутреннего и наружного валков о породу и несущую конструкцию с учетом кинематической схемы дробилки. Он же является и критерием эффективности работы дробилки в различных условиях.

Установлено, что с увеличением коэффициента сопротивления при двухприводной дробилке уменьшается давление на ее рабочие органы. При одноприводной – на валок с приводом уменьшается, а на валок без привода – увеличивается, что подтверждается высоким износом внутреннего валка дробилки конструкции ПО НКМЗ. Истирание дробимого куса меньше в двухприводной дробилке, чем в одноприводной. Причем истирание минимально в двухприводной дробилке при одинаковом коэффициенте трения внутреннего и наружного валков. Втягивающая сила в двухприводной дробилке больше, чем в одноприводной. Как для одно- так и для двухприводных дробилок втягивающая сила тем больше, чем больше коэффициент сопротивления, который зависит так же от радиусов валков и эксцентриситета. Допустимые размеры валков дробилки для двухприводной дробилки существенно меньше, чем для одноприводной. Как для двух-, так и для одноприводной дробилки

увеличение радиуса внутреннего вала увеличивает стягивающую силу без увеличения переизмельчения и изменения давления на рабочие органы дробилки. Как для двух, – так и для одноприводной дробилки давление меньше на тот рабочий орган, где меньше коэффициент трения. При любой схеме привода с увеличением размера входящей щели уменьшается стягивающая сила. Уменьшение выпускной щели в двухприводной дробилке уменьшает стягивающую силу, а при одноприводной – увеличивает.

Проведены экспериментальные исследования дробилки.

Поскольку дробилка имеет переменный угол захвата, то были проведены экспериментальные исследования по дроблению обледенелых кусков породы и льда, для дробления которых необходим минимальный угол захвата. Экспериментально устанавливалась также эффективность работы дробилки по недопущению переизмельчения пород, в частности угля. Для производства активированного угля дробились газовые угли с максимальной крупностью 80 - 100 мм. Выход кондиционного класса (2-5 мм) составил около 60%.

Совершенствование конструкции и определение рациональных параметров позволило бы найти широкое применение этому типу дробилок.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Четверик М.С. К исследованию проблемы технологического режима горных работ циклично-поточной и поточной разработки скальных пород и руд на глубоких горизонтах // Совершенствование техники и технологии открытой разработки месторождений. - Киев, Наук. думка, 1975.- С.13-25.
2. Циклично-поточная технология добычи руд на карьерах Кривбасса /Тартаковский Б.Н., Вишняков В.С., Гаврилюк И.И., Четверик М.С. и др. - Киев. Техника, 1978.- 175 с.
3. Тартаковский Б.Н., Новиков Е.Е. Четверик М.С. и др. Применение ЦПТ для выдачи скальных пород и руд из глубоких карьеров Кривбасса // Горн. журнал. - 1978. - №4. - С.19-22.
4. Четверик М.С. Технологические параметры дробильных установок при циклично-поточной разработке крепких скальных пород // Горн. журн. - 1979. - №12. - С.18-20.

5. Четверик М.С. Вскрытие глубоких горизонтов при циклично-поточной технологии на карьерах // Горн. журнал. - 1982. - №4. - С.22-26.
6. Параметры схем вскрытия горизонтов при комбинированном автомобильно-конвейерном транспорте /Четверик М.С., Мартыненко В.П. Кульбида П.Б. и др. Горн. журн., - 1985. - №7. -С.44-47.
7. Четверик М.С. Вскрытие горизонтов глубоких карьеров при комбинированном транспорте. - Киев: Наук. думка, 1986. - 188 с.
8. Направления совершенствования циклично-поточной технологии горных работ /Котяшев А.А., Польшкин А.И. Волетковский В.С. и др. Разработка руд черных металлов. - Свердловск, 1989, С.4-14.
- 9.Комплексе машин непрерывного действия для разработки скальных пород на карьерах /Четверик М.С., Бро С.М., Пригунов А.С. и др. Проблемы совершенствования технологии открытой разработки месторождений. - М.: ИШКОН АН СССР, 1989, С.120-127.
- 10 Четверик М.С., Семенов А.П., Полицук С.З. Технология отвалообразования в отработанных карьерах // Metallurg. и горно-рудн. пром-ть. 1989. - №4. -С.37-38.
11. Четверик М.С. Пивненко Г.П. Использование пространств отработанных карьеров в хозяйственных целях. //Состояние промышленности нерудных строительных материалов и концепция развития производства в новых хозяйственных условиях. - М.: 1992. - С.61-65.
12. Четверик М.С. , Бро С.М. , Пригунов А.С. Внутривалковые дробилки для производства строительных материалов. // Состояние промышленности нерудных строительных материалов и концепция развития производства в новых хозяйственных условия. - М., 1992. - С.120-121.
13. Четверик М.С. Основные направления научно-технического прогресса марганцеворудной промышленности Украины // Metallurg. и горнорудн. пром-ть.- 1993. - № 1. - С. 48-49.
14. Четверик М.С. Технология горных работ с предобогащением руды в карьерах и складированием отходов обогащения в выработанном пространстве. - // Геотехническая механика, межведомственный сб. науч. тр./ Днепропетровск. Поліграфіст. - 1998. -Вып.4- С. 37-42.