

## СПОСОБ ИНТЕНСИВНОГО ВСКРЫТИЯ И ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЙ ПОДЗЕМНОЙ РАЗРАБОТКИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

*Ю.В. Филатов, М.А. Ильяшов, В.П. Воловик, А.В. Карпенко, И.Л. Коган, Е.А. Юшков,  
Б.А. Флоре, ПраО «Донецксталь - металлургический завод», Украина  
В.М. Сидор, институт «Кривбасспроект», Украина*

Дано описание способа интенсивного вскрытия и высокоэффективной подземной разработки рудных месторождений полезных ископаемых, заключающегося во вскрытии месторождения горизонтальными вскрывающими выработками, как от вертикальных вспомогательного и фланговых вентиляционных, так и от наклонного рудоподъемного стволов.

Самоходное оборудование для сооружения выработок опускается на строительные горизонты непосредственно в ходе строительства стволов в моменты достижения ими соответствующих уровней и образования сопряжений достаточных размеров. По вертикальным стволам оборудование доставляется с помощью лебедок или клетей в собранном или в частично разобранным состоянии, а по наклонному стволу заезжает самостоятельно в полной готовности. Оборудованием подъема на поверхность служат в вертикальных стволах проходческие бады при строительстве стволов и породные скипы после завершения строительства и обустройства их необходимым оборудованием, а в наклонном стволе – автосамосвалы или погрузочно-доставочные машины при строительстве и ленточный конвейерный подъемник после завершения строительства и обустройства ствола. Перегрузка горной массы с доставочных машин на оборудование подъема выполняется бункерно-конвейерными перегружателями, которые осуществляют ее с контролем по весу и производительности. Между бункерно-конвейерными перегружателями и оборудованием подъема на поверхность могут применяться один или несколько соединительных конвейеров с функцией аккумуляирования и дозированной отгрузки горной массы. С переходом на постоянную схему разработки месторождения ленточный конвейерный подъемник переводится на транспортирование полезного ископаемого. К бункерно-конвейерным перегружателям и, при наличии, соединительным конвейерам, добавляются самоходные или передвижные дробильно-сортировочные комплексы, состоящие из одной или нескольких последовательно соединенных дробильно-сортировочных установок начальных стадий измельчения. Эти комплексы обеспечивают подачу на конвейер горной массы требуемой кусковатости. Пустые породы, которые вынимаются из массива при проходке эксплуатационных выработок следующих горизонтов, доставляются к близ расположенным вертикальным или наклонному стволам и транспортируются на этаж, с которого осуществляются закладочные работы, а по этажу к закладываемой камере – одним из известных способов, например, погрузочно-доставочной машиной, автосамосвалом, самоходным вагоном или конвейером.

Традиционные способы вскрытия и подземной разработки месторождений полезных ископаемых предусматривают вскрытие месторождения вертикальными рудоподъемным, вспомогательным и вентиляционными стволами, вскрывающими, подготовительными, нарезными и откаточными выработками, наклонными съездами, ходовыми и вентиляционными восстающими, выполнение буровзрывных работ, обрушение руды, выпуск в транспортные средства на откаточном горизонте, доставку к рудоподъемному стволу, измельчение при необходимости и перемещение на поверхность для последующей переработки (/ 1 /, стр. 416, рис. 2).

Вскрытие месторождения по этим способам осуществляется стволопроходческими комплексами для строительства вертикальных стволов, в состав каждого из которых входят проходческий полук, бурильная установка для группового бурения шпуров, грейферная

погрузочная машина, саморазгружающиеся бадьи для поднятия породы на поверхность, металлическая передвижная опалубка. Стволопроходческий комплекс удерживается в стволе на канатах с помощью копра и подъемной машины и периодически опускается по мере углубления работ. Во время прохождения стволов на уровнях будущих горизонтов создаются короткие горизонтальные выработки (сопряжения) предназначенные для размещения оборудования, которое будет выполнять дальнейшее строительство околоствольных дворов и проходку горизонтальных выработок. После окончания проходки стволов и сооружения монолитной бетонной крепи, стволопроходческие комплексы вынимаются, и выполняется армирование стволов с закреплением в них расстрелов и проводников. Последние обеспечивают направленное движение скипов и клетей. Временные копры и подъемные машины демонтируются, а на их месте сооружаются постоянные копры.

Рудоподъемный и вспомогательный копры выполняются, как правило, башенного типа из монолитного бетона с размещением подъемных машин в верхних этажах башен, а вентиляционные копры – металлическими из сборных конструкций и с наземным размещением подъемных машин. Рудоподъемный ствол обустраивается двумя парами скипов, вспомогательный, как правило, двумя клетями и одной парой породных скипов. Вентиляционные стволы обустраиваются вентиляционными установками, клетью и лестницами для аварийного выхода на поверхность.

После завершения обустройства стволов переходят к проходке горизонтальных выработок – вскрывающих, подготовительных, нарезных и откаточных. Для этого через вспомогательный и вентиляционные стволы с помощью подъемных машин в клетях или подвешенными под ними или с помощью лебедки на отдельном канате опускают оборудование для проходки горизонтальных выработок. Этим оборудованием выполняется полный комплекс проходческих работ – бурение шпуров, зарядание их взрывчатыми веществами, выемка разрушенных пород, погрузка и транспортирование их к подъемному оборудованию. Транспортирование пород к вспомогательному и вентиляционным стволам осуществляют вагонетками по узкоколейной железной дороге. Возле вспомогательного ствола пустые породы опрокидывателями вагонеток выгружаются в бункер породопогрузочного комплекса, из которого с помощью дозировщиков необходимое их количество подается в скип для транспортирования на поверхность месторождения. В околоствольных дворах вентиляционных стволов устанавливают только оборудование для обмена вагонеток, а транспортирование пород на поверхность осуществляется непосредственно в вагонетках путем закатывания их внутрь клетки. Проходка горизонтальных выработок может вестись как на одном этаже, так и на группе этажей, как навстречу выработкам, которые проходятся от других стволов, так и самостоятельно.

Проветривание выработок осуществляется автономными системами подачи воздуха по воздухопроводам. Горизонтальные выработки, пройденные на разных этажах, соединяют с помощью вентиляционных восстающих, рудоспусков и съездов для самоходных машин. После завершения сооружения первоочередных горно-капитальных выработок вводится в действие главная вентиляционная система, которая обеспечивает проветривание рудника по постоянной схеме, а после завершения обустройства выработок необходимым оборудованием начинают промышленную разработку полезного ископаемого.

Разработка полезного ископаемого осуществляется основным самоходным проходческим, отделочным, буровым, зарядным и выемочным оборудованием. Как и строительное оборудование для проходки горизонтальных выработок, это оборудование опускают на свои рабочие горизонты через вспомогательный и вентиляционные стволы с помощью подъемных машин в клетях или подвешенным под ними или с помощью лебедки на отдельном канате в частично разобранном состоянии. В дальнейшем оборудование самостоятельно перемещается на новые горизонты по межэтажным наклонным съездам.

Проходческое и отделочное оборудование обеспечивает создание необходимых для ведения очистных работ выработок, буровое и зарядное оборудование – бурение скважин для ведения взрывных работ по обрушению руды в очистных камерах. Выемочно-

транспортное оборудование осуществляет выемку обрушенной рудной массы из забоев очистных камер и доставку ее к капитальным рудоспускам. Перепущенная по рудоспускам на концентрационный горизонт рудная масса выпускными устройствами грузится в вагонетки при локомотивной доставке составов или в кузова колесных транспортных средств при доставке автосамосвалами или самоходными вагонами. Дальше руда транспортируется к рудоподъемному стволу, где измельчается в дробильно-бункерном комплексе преимущественно в одну стадию и перегружается в скипы для подъема на поверхность месторождения.

Достоинством этого способа вскрытия и подземной разработки полезных ископаемых является возможность ускоренного вскрытия месторождения за счет сооружения горизонтальных выработок одновременно как от вспомогательного ствола, так и от вентиляционных стволов. Система разработки имеет высокую гибкость за счет использования высококомобильного самоходного проходческого, отделочного, бурового, зарядного и выемочно-транспортного оборудования, высокой производительности и большой надежности. Стационарный дробильно-перегрузочный комплекс, расположенный на концентрационном горизонте возле рудоподъемного ствола, обеспечивает надежное измельчение и перегрузку в скипы рудоподъемного ствола добытой руды.

Тем не менее, у этого способа есть ряд недостатков:

-из-за сооружения башенного копра из монолитного бетона и размещения подъемных машин на вершине башни, вспомогательный ствол, который оснащается высокопроизводительным породоподъемным комплексом, имеет более длинный, как правило, на год и больше, срок введения в действие по сравнению с вентиляционными стволами, что существенно удлиняет срок строительства рудника в целом;

- клетьевые подъемные установки вентиляционных стволов имеют недостаточные возможности по подъему пород от проходки выработок и ограничивают скорость их сооружения, а значит, тоже удлиняют срок строительства рудника в целом;

-скорость сооружения выработок постоянно и во все большей мере будет уменьшаться по мере удаления проходческих забоев от вентиляционных и вспомогательного стволов и увеличения расстояния доставки пород вагонетками к подъемным устройствам;

- с началом промышленной разработки месторождения, большое расстояние доставки рудной массы выемочно-транспортными машинами из забоев очистных камер к капитальным рудоспускам будет ограничивать использование машин с электрическим приводом и снабжением электроэнергией по кабелю, вынуждать использовать машины с дизельными двигателями, вести к существенному увеличению количества машин и машинистов, требовать больших затрат времени;

- использование машин с дизельными двигателями существенно увеличивает количество воздуха, которое должно быть доставлено в подземные выработки, что вынудит при проектировании рудника заложить увеличенные диаметры стволов для подачи и отсасывания воздуха и значительно увеличить мощности вентиляционных установок, а в целом ведет к удорожанию стоимости строительства и эксплуатации всего рудника;

- для достижения существенной производительности рудника при локомотивной доставке приходится использовать большое количество вагонеток и локомотивов для транспортирования рудной массы к рудоподъемному стволу, а пустых пород к вспомогательному, что в свою очередь ведет к соответствующему увеличению количества машинистов;

- локомотивная доставка требует создания сложной системы развязок вокруг рудоспусков, рудоподъемного и вспомогательного стволов для разворачивания составов после загрузки и разгрузки с соответствующим количеством стрелок, средств их переключения и устройств управления движением;

- загрузка вагонеток требует присутствия машиниста локомотива возле выпускного устройства, что связано с дополнительными потерями времени при загрузке состава, или с назначением отдельных работников для управления процессом;

- соответствующие сложности и затраты времени возникают и при разгрузке составов возле дробильно-перегрузочного и породоподъемного комплексов;
- эксплуатация большого количества вагонеток, локомотивов, путей, средств механизации и управления движением требуют создания подземной ремонтной базы, что связано с необходимостью создания дополнительных камер и их обустройством и дополнительными затратами средств;
- обслуживание такого сложного транспортного хозяйства ведет к существенному увеличению численности персонала;
- наличие путей на концентрационном горизонте существенно усложняет, или делает вообще невозможным перемещение по нему колесных машин для обслуживания выработок, доставки персонала, материалов и запасных частей, что связано с дополнительными трудностями, или же ведет к увеличению сечения выработки для обеспечения отдельного проезда для колесного транспорта;
- при использовании пневмоколесных транспортных средств доставка рудной массы от рудоспусков к дробильно-перегрузочному комплексу, а пустых пород от породоспусков к перегрузочному комплексу вспомогательного ствола, требует применения мощных автосамосвалов с соответствующим количеством машинистов;
- сечения доставочных выработок концентрационного горизонта при использовании пневмоколесных транспортных средств должны обеспечивать свободную разминовку автосамосвалов на любом участке выработки, что требует соответствующего увеличения ее параметров, а значит увеличения затрат при строительстве;
- использование автосамосвалов также требует создания подземной ремонтной базы со значительной емкостью камер и с соответствующим количеством персонала, что опять же ведет к дополнительным затратам.

Известен также способ вскрытия и подземной разработки месторождений полезных ископаемых, который включает вскрытие месторождения наклонным рудоподъемным, вертикальными вспомогательным и вентиляционными стволами и наклонным съездом, вскрывающими, подготовительными, нарезными и откаточными выработками, ходовыми и вентиляционными восстающими и его разработку с выполнением буровзрывных работ, обрушением руды, выемкой и перепусканием ее по рудоспуску в дробильно-перегрузочный комплекс, разгрузкой в транспортные средства на откаточном горизонте, доставкой к наклонному рудоподъемному стволу и перемещением на поверхность для последующей переработки (/ 1 /, стр. 416, рис. 4).

Конструкции вертикальных стволов, копров над ними и внутреннее обустройство стволов аналогичные предыдущему способу. Строительство вертикальных стволов осуществляется аналогичными стволопроходческими комплексами. Проходку горизонтальных вскрывающих, подготовительных, нарезных и откаточных выработок от вентиляционных, а со временем и от вспомогательного стволов осуществляют с помощью аналогичных, описанным выше, проходческих комплексов, которые с помощью подъемных машин в клетях или подвешенными под ними или с помощью лебедки на отдельном канате опускаются на соответствующие горизонты.

Сооружение наклонных ствола и съезда осуществляется самоходным проходческим оборудованием – буровым, зарядным, выемочно-транспортным и отделочным. Транспортирование разрушенных взрывом пустых пород от проходческих забоев на поверхность месторождения осуществляется в ковшах погрузочно-доставочных машин, а при значительной длине наклонной выработки – в кузовах автосамосвалов. Во время прохождения наклонных ствола и съезда на уровнях будущих горизонтов создаются ответвления, от которых будет начинаться проходка аналогичным оборудованием горизонтальных выработок соответствующего этажа. Как и в предыдущем способе, проходка горизонтальных выработок может вестись как на одном этаже, так и на группе этажей, как навстречу выработкам, которые проходятся от других стволов, так и самостоятельно. Проветривание выработок осуществляется автономными системами подачи воздуха по

воздухопроводам. Горизонтальные выработки, пройденные на разных этажах, соединяют с помощью вентиляционных восстающих, рудоспусков и съездов для самоходных машин.

Транспортирование на поверхность месторождения пустой горной массы, которая будет образовываться при проходке выработок после введения в действие вспомогательного ствола, будет осуществляться в основном его породоподъемным скиповым комплексом. После завершения сооружения первоочередных горно-капитальных выработок вводится в действие главная вентиляционная система, которая обеспечивает проветривание рудника по постоянной схеме, а после завершения обустройства выработок необходимым оборудованием начинают промышленную разработку полезного ископаемого.

Разработка полезного ископаемого по этому способу также осуществляется основным самоходным проходческим, отделочным, буровым, зарядным и выемочно-транспортным оборудованием, которое заводится на рабочие горизонты по наклонному съезду в полностью собранном и готовом к работе состоянии. Выемочно-транспортное оборудование доставляет руду из забоев очистных камер к рудоспускам. Перепущенная по рудоспускам на концентрационный горизонт рудная масса выпускными устройствами подается в дробильно-перегрузочный комплекс для измельчения до необходимого размера, дальше выгружается в транспортные средства на откаточном горизонте, из них перегружается на конвейер наклонного рудоподъемного ствола, которым и транспортируется на поверхность месторождения.

Как и у описанных выше, достоинством этого способа вскрытия и подземной разработки полезных ископаемых есть возможность ускоренного вскрытия месторождения за счет сооружения горизонтальных выработок, как от вентиляционных, так и от вспомогательного стволов. Но появляются еще и дополнительные возможности ускоренного вскрытия месторождения – от наклонных ствола и съезда. Способ позволяет также завести на рабочие горизонты основное горно-капитальное оборудование в полностью собранном и готовом к работе состоянии по наклонным стволу и съезду, которые им же и сооружаются. Система разработки имеет высокую гибкость за счет использования высококомбинированного самоходного проходческого, отделочного, бурового, зарядного и выемочно-транспортного оборудования высокой производительности и большой надежности. Стационарный дробильно-перегрузочный комплекс, расположенный на концентрационном горизонте возле капитального рудоспуска обеспечивает надежное измельчение и перегрузку добытой руды на ленту конвейера наклонного рудоподъемного ствола. По сравнению с предыдущим по этому способу сокращается количество обслуживающего персонала, поскольку процесс транспортирования измельченной руды существенно упрощается и может быть в значительной мере автоматизирован.

Но и у этого способа есть целый ряд недостатков:

-из-за сооружения наклонного рудоподъемного ствола значительной длины, угол наклона которого не может превышать  $16^{\circ}$ , наклонного съезда еще большей длины, угол наклона которого, как правило, не превышает  $8^{\circ}$ , проходка горизонтальных выработок из них может начинаться с существенным отставанием по сравнению с проходкою выработок от вентиляционных стволов;

-через сооружение башенного копра из монолитного бетона и размещение подъемных машин на верхних этажах башни вспомогательный ствол, который оснащается высокопроизводительным породоподъемным комплексом, также имеет более длинный, как правило, на год и больше, срок введения в действие по сравнению с вентиляционными стволами, что существенно удлиняет срок строительства рудника в целом;

- клетьевые подъемные установки вентиляционных стволов имеют недостаточные возможности по подъему в вагонетках пород от проходки выработок и ограничивают этим скорость их сооружения, а значит, тоже удлиняют срок строительства рудника в целом;

- скорость сооружения выработок постоянно и во все большей мере будет уменьшаться по мере отдаления проходческих забоев от вентиляционных и вспомогательного стволов и увеличения расстояния доставки пород в подъемные устройства;

- большое расстояние доставки рудной массы выемочно-транспортными машинами при разработке месторождения из забоев очистных камер к ограниченному (1 – 2) количеству капитальных рудоспусков ведет к значительному увеличению количества машин с дизельным приводом и их машинистов и связано с большими потерями времени;

- количество капитальных рудоспусков ограничивается необходимостью обустройства каждого из них соответствующим комплексом стационарного дробильного, скорее всего в две стадии измельчения, сортировочного и перегрузочного оборудования, что связано с существенными затратами средств и времени;

- использование машин с дизельными двигателями еще в большей мере увеличивает количество воздуха, которое должно быть подано в подземные выработки, что ведет к соответствующему увеличению диаметров стволов для подачи и отсасывание воздуха, мощностей вентиляционных установок, удорожанию стоимости строительства и эксплуатации всего рудника;

- пустые породы, которые образуются при проходке подготовительных, нарезных и откаточных выработок непосредственно в ходе разработки месторождения, породным скипом вспомогательного ствола поднимаются на поверхность, а потом в системах разработки с закладкой выработанного пространства снова возвращаются на соответствующий этаж для закладки камер первой очереди в составе твердеющих смесей или в качестве сухого заполнителя камер второй очереди, что связано с дополнительными затратами энергии и неэкономично;

- приходится проходить две значительные по длине наклонные выработки – рудоподъемный ствол и съезд для заведения самоходного основного и вспомогательного оборудования механизации производственных процессов, что увеличивает затраты времени и средств на вскрытие месторождения.

Существенно сократить срок вскрытия месторождения можно, если проходку горизонтальных выработок осуществлять непосредственно в ходе строительства стволов, как от фланговых вентиляционных и вспомогательного вертикальных, так и от наклонного рудоподъемного ствола с момента достижения ими соответствующих горизонтов и сооружения сопряжений, необходимых для размещения оборудования, которое будет выполнять дальнейшую проходку горизонтальных выработок. Оборудованием подъема пустых пород от проходки горизонтальных выработок на поверхность во время строительства стволов будут служить проходческие бады, а после завершения строительства стволов и их обустройства – породные скипы, которыми будут укомплектовываться и вентиляционные стволы. Клетки, которыми тоже будут укомплектовываться вентиляционные стволы, будут предназначаться только для доставки персонала и вспомогательных материалов. Оборудованием подъема пород на поверхность в наклонном рудоподъемном стволе будут служить автосамосвалы или погрузочно-доставочные машины при строительстве ствола и ленточный конвейерный подъемник после завершения его строительства и обустройства.

Избежать уменьшения скорости сооружения выработок по мере отдаления проходческих забоев и увеличения расстояния доставки пород в подъемные устройства вентиляционных и вспомогательного стволов можно, если отказаться от транспортирования пород в вагонетках по железной дороге. Вместо них целесообразно использовать высококомобильные погрузочно-доставочные машины или автосамосвалы, которые будут разгружаться непосредственно в горизонтальных соединительных выработках вертикальных стволов с околоствольными дворами и в соединительных выработках квершлагов с наклонным стволом в бункерно-конвейерные перегружатели. Перегружатели будут осуществлять прием горной массы и контролируемую по весу и производительности перегрузку ее на оборудование подъема на поверхность. Между бункерно-конвейерными перегружателями и оборудованием подъема на поверхность возможно дополнительное применение одного или нескольких соединительных конвейеров, которые могут также выполнять и функции аккумуляирования и дозированной отгрузки горной массы.

Уменьшить расстояние доставки рудной массы выемочно-транспортными машинами из забоев очистных камер к рудоспускам при разработке месторождения, а значит уменьшить количество выемочно-транспортных машин и машинистов и сократить потери времени, что в целом позволит существенно сократить капитальные затраты на строительство рудника, можно, если вдоль рудного тела создать столько рудоспусков сколько их будет необходимо из условия эффективного использования машин с электрическим приводом со снабжением электроэнергией по кабелю, который имеет ограниченную длину. Современная буровая техника позволяет в очень короткие сроки и с невысокими затратами проходить рудоспуски необходимого сечения с достаточно гладкими стенками, не нуждающиеся в дополнительном обустройстве и футеровании.

Обойтись без обустройства увеличенного количества рудоспусков соответствующим количеством комплексов стационарного дробильного, сортировочного и перегрузочного оборудования, что связано с существенными затратами средств и времени, можно, если в качестве упомянутого оборудования применить самоходные или передвижные дробильно-сортировочные комплексы. Каждый из комплексов будет состоять из одной или нескольких последовательно соединенных сортировочных установок начальных стадий измельчения. Количество комплексов определяется необходимой производительностью рудника, а место их установки – участками концентрационного горизонта с наибольшими на текущий момент запасами руды в аккумуляционных емкостях рудоспусков или с потенциалом систематического их наполнения в конкретный период времени.

Отказаться от транспортирования на поверхность месторождения пустых пород от проходки подготовительных, нарезных и откаточных выработок непосредственно в ходе разработки месторождения, можно, если в системах разработки с закладкой выработанного пространства они оборудованы подъемом вертикальных стволов будут транспортироваться на этаж, из которого осуществляются закладочные работы, а по этажу к закладываемой камере будут перемещаться одним из известных способов, например, погрузочно-доставочной машиной, автосамосвалом, самоходным вагоном или конвейером.

Отказаться от прохождения двух значительных по длине наклонных выработок – рудоподъемного ствола и съезда для заведения самоходного основного и вспомогательного оборудования механизации производственных процессов, а значит уменьшить затраты времени и средств на вскрытие месторождения, можно, если подъемный конвейер разместить в верхней части рудоподъемного ствола, а сечение ствола подобрать так, чтобы в его нижней части могло свободно, в полностью работоспособном или в транспортном состоянии, проезжать самоходное и передвижное основное и вспомогательное оборудование для подземных работ.

В соответствии с предлагаемым способом /2/ вскрытие месторождения осуществляется проходкой вертикальных и наклонного стволов, горизонтальных вскрывающих, подготовительных и нарезных выработок, вентиляционных и ходовых восстающих, а его разработка – выполнением буровзрывных работ, обрушением руды, выпуском ее в транспортные средства на откаточном горизонте и перемещением для последующей переработки. Причем, вскрытие месторождения горизонтальными выработками осуществляется, как от фланговых вентиляционных и вспомогательного вертикальных стволов, так и от наклонного рудоподъемного ствола, самоходным буровым, зарядным, погрузочным и доставочным оборудованием, которые опускается на строительные горизонты по вертикальным стволам с помощью лебедок в собранном или в частично разобранным, состоянии, а по наклонному стволу самостоятельно в полной готовности, непосредственно в ходе строительства стволов, в моменты достижения соответствующих строительных горизонтов и образования сопряжений. Это оборудование выполняет разработку и транспортирование горных пород по выработкам, которые проходятся, к местам перегрузки на оборудование подъема на поверхность. Оборудованием подъема в вертикальных стволах служат проходческие бабьи в период строительства стволов и породные скипы после завершения строительства и обустройства стволов необходимым

оборудованием, а в наклонном стволе автосамосвалы или погрузочно-доставочные машины при строительстве и ленточный конвейерный подъемник после завершения строительства и обустройства ствола.

Перегрузка горной массы с доставочных машин на оборудование подъема выполняется непосредственно в околоствольных дворах соединений вертикальных стволов с горизонтальными выработками и в выработках соединений квершлагов с наклонным стволом бункерно-конвейерными перегружателями, которые осуществляют прием горной массы от доставочных машин и контролируемую по весу и производительности перегрузку ее на оборудование подъема на поверхность. Между бункерно-конвейерными перегружателями и оборудованием подъема на поверхность может применяться один или несколько соединительных конвейеров, которые при необходимости будут выполнять и функции аккумуляции и дозированной отгрузки горной массы.

С переходом на постоянную схему разработки месторождения, ленточный конвейерный подъемник переводится на транспортирование полезного ископаемого, а к бункерно-конвейерным перегружателям и, при наличии, к соединительным конвейерам, которые работают с ними в комплексе, и которых может быть несколько в зависимости от количества отрабатываемых горизонтов и от производительности подъемника, добавляются самоходные или передвижные дробильно-сортировочные комплексы, каждый из которых состоит из одной или нескольких последовательно соединенных дробильно-сортировочных установок начальных стадий измельчения.

Пустые породы, которые образуются в процессе проходки эксплуатационных выработок, доставляются к близ расположенным вертикальным или наклонным стволам и транспортируются на этаж, с которого осуществляются закладочные работы, а по этажу к закладываемой камере транспортируются одним из известных способов, например, погрузочно-доставочной машиной, автосамосвалом, самоходным вагоном или конвейером.

Способ на примере сложного железорудного месторождения, которое состоит из трех рудных тел распространенных на значительную глубину и разрабатывается одним рудником, осуществляется таким образом. Месторождение (рис. 1) вскрывается прохождением трех вертикальных вентиляционных стволов (1 – 3), одного вертикального вспомогательного ствола (4) для подачи воздуха и наклонного рудоподъемного ствола (5), который имеет сечение достаточное для проезда основного и вспомогательного оборудования и размещения рудоподъемного ленточно-канатного конвейера. Проходка вентиляционных стволов выполняется с помощью смонтированных сразу постоянных металлических копров, а проходку вспомогательного ствола осуществляют с помощью временного проходческого металлического копра.

Проходка вертикальных стволов выполняется типовыми способами - стволопроходческими комплексами, которые осуществляют групповое бурение шпуров для подрывания горных пород, погрузку их после взрывных работ грейферами в саморазгружающиеся бады для транспортирования на поверхность и имеют скользящую опалубку для сооружения крепления ствола из монолитного бетона. При достижении проходческими роботами соответствующих горизонтов, сооружаются околоствольные соединения, в которые в частично разобранном состоянии с помощью лебедки заводится оборудование, которое будет выполнять дальнейшую проходку горизонтальных выработок – буровое, зарядное, выемочно-транспортное и отделочное. Эти работы ведутся параллельно с дальнейшей проходкой стволов. Оборудованием подъема пустых пород от проходки горизонтальных выработок на поверхность во время строительства стволов служат проходческие бады (6), а после завершения строительства и обустройства стволов породные скипы (7), которыми будут укомплектовываться как вспомогательный, так и вентиляционные стволы (рис. 2, 3 и 4). Клетки (8), которыми тоже будут укомплектовываться вентиляционные и вспомогательный стволы, предназначены только для доставки персонала и вспомогательных материалов. В качестве выемочно-транспортного оборудования используются погрузочно-доставочные машины (9) и бункерно-конвейерные перегружатели (10).



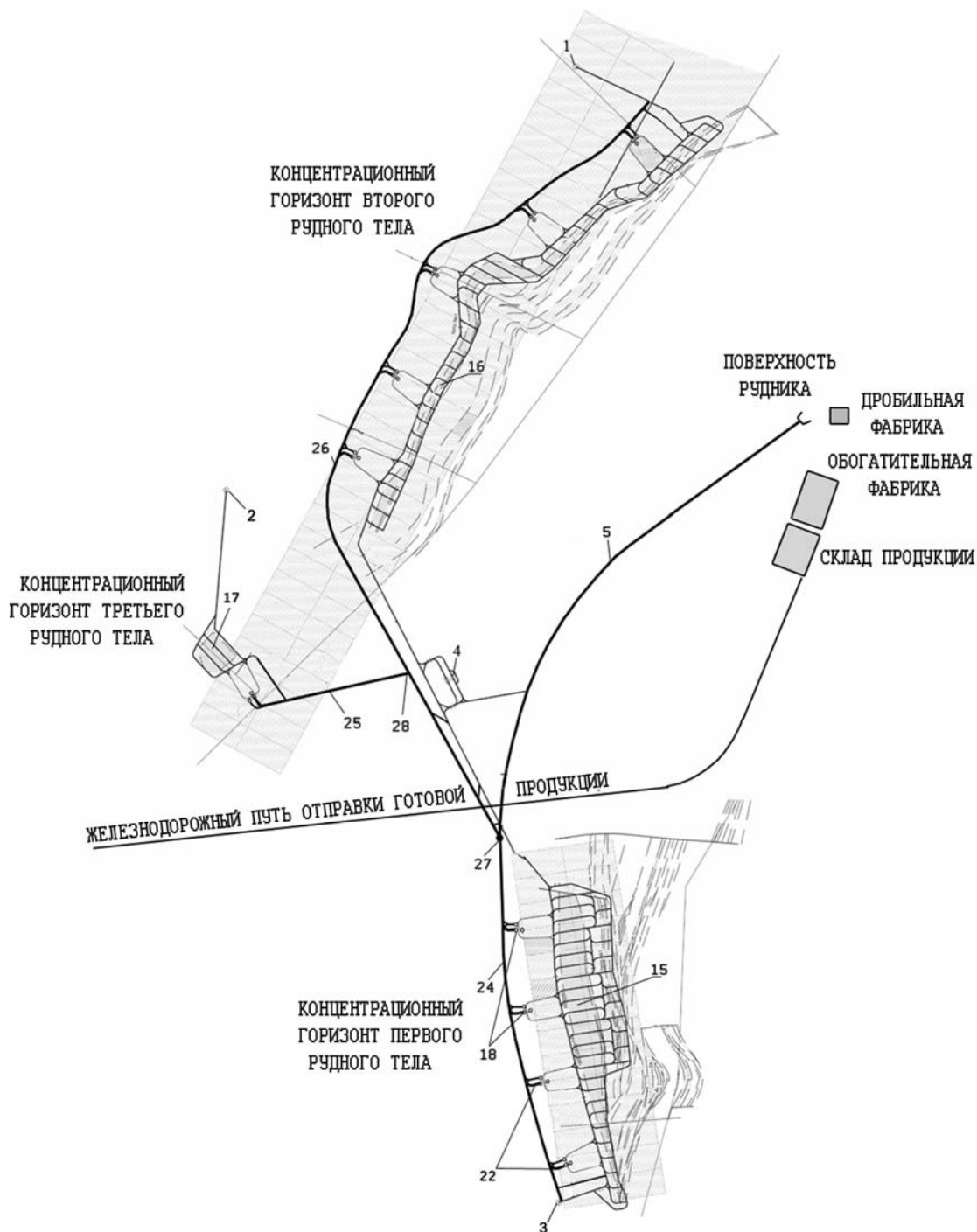
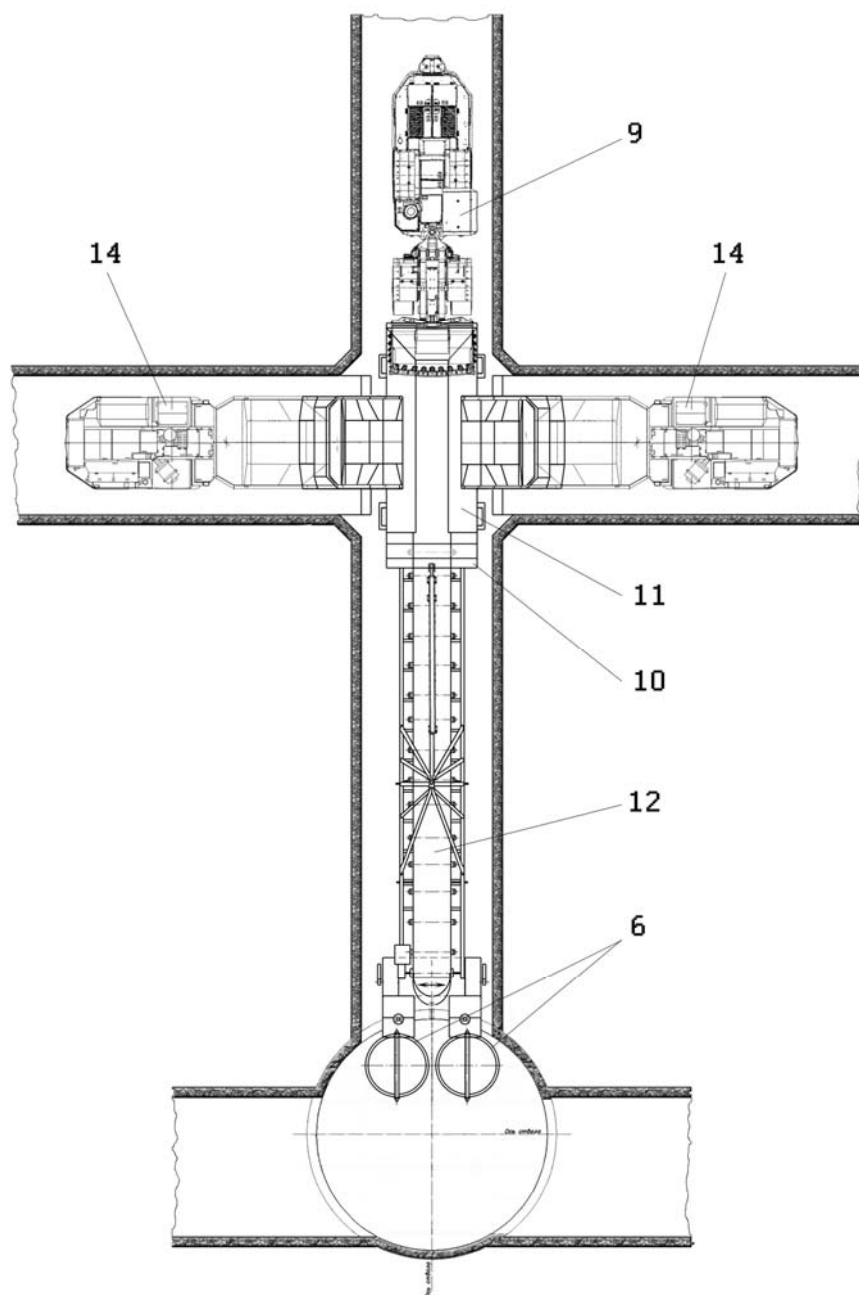
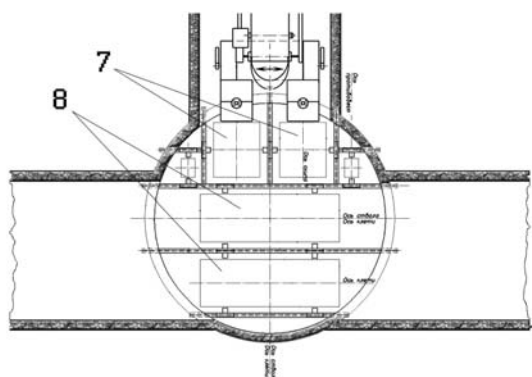


Рисунок 1 – Схема осуществления способа на примере вскрытия и подземной разработки железорудного месторождения из трех рудных тел, вид в плане на концентрационный горизонт.

Бункерно-конвейерные перегружатели устанавливаются в горизонтальных выработках таким образом, чтобы иметь возможность принять горную массу от доставочной машины в приемочный бункер (11), и осуществлять с помощью ленточного конвейера (12) и весов (13) контролируемую по весу и производительности перегрузку в проходческую бадью (6), а после завершения строительства и обустройства ствола в породный скип (7). При достижении горизонтальной выработкой значительной длины перемещение пород погрузочно-доставочной машиной к стволам становится неэкономичным и тогда на соответствующий этаж опускается и вводится в работу автосамосвал (14), который будет принимать горную массу от погрузочно-доставочной машины, транспортировать ее по выработкам и разгружать в приемный бункер перегружателя с аппаратами (15).

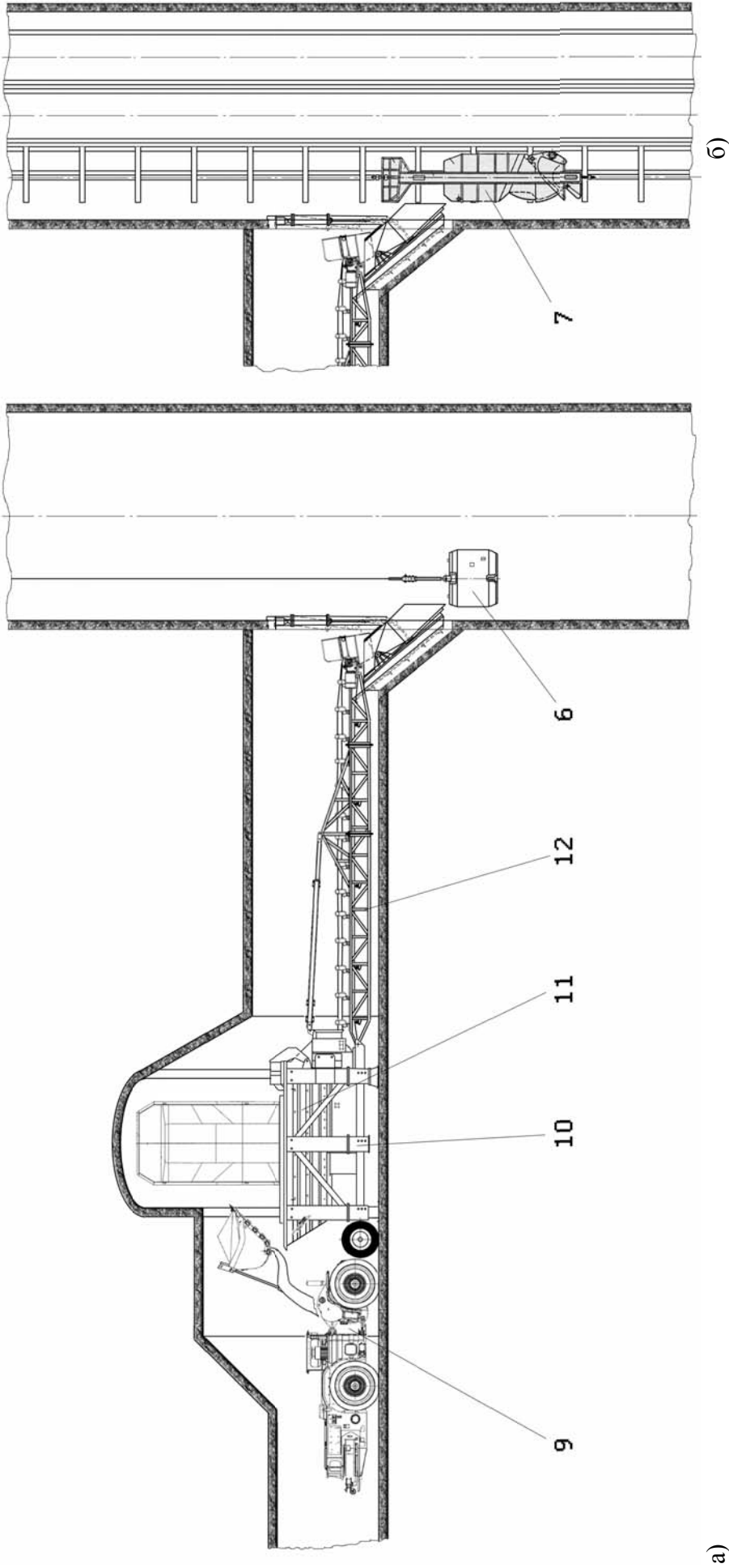


a)



б)

Рисунок 2 – Перегрузка горной массы с доставочных машин на оборудование подъема в околоствольных дворах соединений вертикальных стволов с горизонтальными выработками – проходческую бадю при строительстве ствола (а) и породный скип при введении в эксплуатацию ствола и разработке месторождения (б), вид в плане.



а)

Рисунок 3 – Перегрузка горной массы с доставочных машин на оборудование подъема в околотвальных дворах соединений вертикальных стволов с горизонтальными выработками – проходческую бадью при строительстве ствола (а) и породный скип при введении в эксплуатацию ствола и разработке месторождения (б), вид в разрезе по вертикальной продольной плоскости,

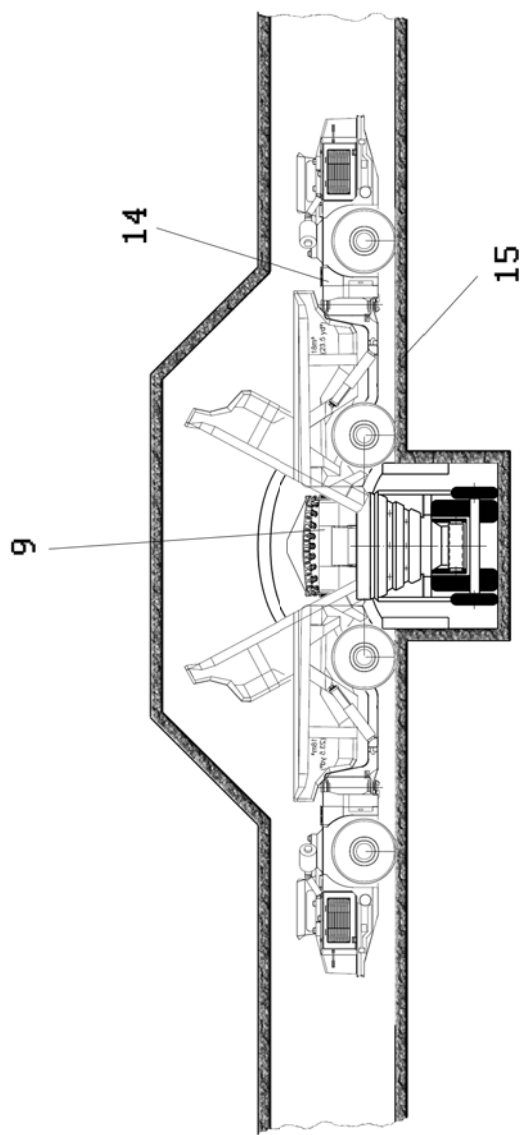


Рисунок 4 – Вид в разрезе по вертикальной плоскости по поперечной доставочной выработке

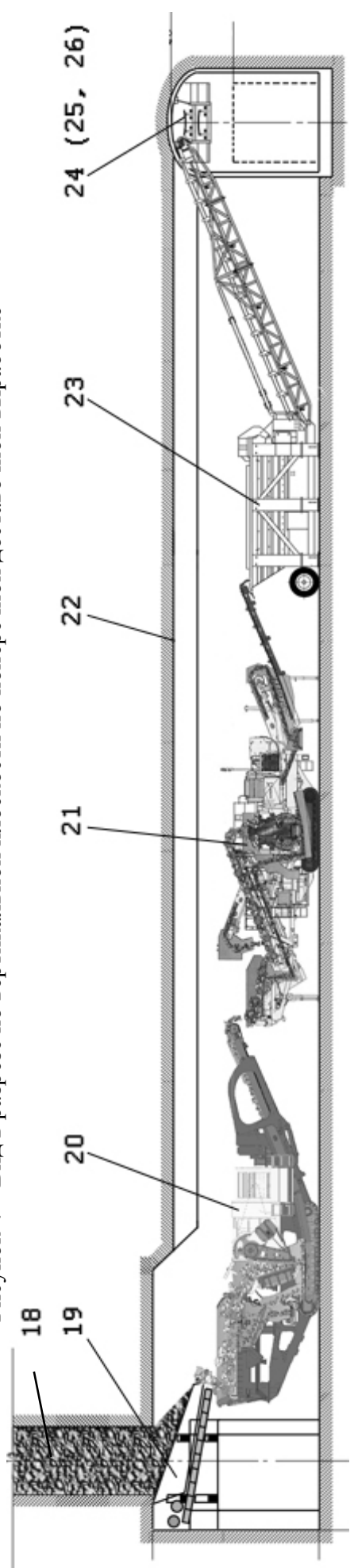


Рисунок 5 – Вид в разрезе по вертикальной плоскости по соединительной выработке.

Сооружение наклонного рудоподъемного ствола осуществляется основным (т.е. предназначенным для разработки месторождения) самоходным проходческим оборудованием – буровым, зарядным, выемочно-транспортным и отделочным. Сечение ствола подбирается с таким расчетом, чтобы в его верхней части поместить подъемный конвейер, а в нижней части могло бы свободно в полностью трудоспособном, в транспортном или в частично разобранном состоянии проезжать самоходное и передвижное основное и вспомогательное оборудования, которое будет работать на подземных работах. Транспортирование разрушенных взрывом пустых пород от проходческих забоев на поверхность месторождения осуществляется в ковшах погрузочно-доставочных машин, а при значительной длине наклонной выработки – в кузовах автосамосвалов.

При проходке наклонного ствола на уровнях будущих горизонтов создаются ответвления, от которых начинается проходка аналогичным оборудованием горизонтальных выработок соответствующего этажа. После завершения проходки ствола, выполняют отделочные работы и монтаж ленточно-канатного конвейера. Но, поскольку наклонный рудоподъемный ствол будет готов к эксплуатации раньше, чем будет завершена проходка горизонтальных выработок, межэтажных наклонных съездов, вентиляционных и рудоперепускных восстающих, необходимых для начала разработки месторождения, то для транспортирования горной массы из этих выработок на поверхность месторождения в указанный период используется ленточно-канатный рудоподъемный конвейер. Для этого также используются бункерно-конвейерные перегружатели, которые принимают горную массу от погрузочно-доставочных машин или автосамосвалов и перегружают ее на конвейер.

Между бункерно-конвейерными перегружателями и оборудованием подъема на поверхность – породными скипами и/или подъемным конвейером – при достаточной длине горизонтальной выработки может дополнительно применяться один или несколько соединительных ленточных конвейеров, которые при необходимости будут выполнять и функции аккумуляции и дозированной отгрузки горной массы.

Проветривание выработок в период строительства осуществляется автономными системами подачи и откачивания воздуха по воздухопроводам. Горизонтальные выработки, пройденные на разных этажах, соединяют с помощью вентиляционных восстающих, рудоспусков и съездов для самоходных машин. После завершения сооружения первоочередных горно-капитальных выработок вводится в действие главная вентиляционная система, которая обеспечивает проветривание рудника по постоянной схеме, а после завершения обустройства выработок необходимым оборудованием начинают промышленную разработку полезного ископаемого.

Разработка полезного ископаемого осуществляется основным самоходным проходческим, отделочным, буровым, зарядным и выемочно-транспортным оборудованием, которое заводится на рабочие горизонты по наклонному стволу в полностью собранном и готовом к работе состоянии. Выемочно-транспортное оборудование доставляет руду из забоев очистных камер рудных тел (15, 16 и 17) к расположенным неподалеку рудоспускам (18). Количество рудоспусков определяется из условий минимизации затрат на транспортирование взорванной рудной массы, на бурение рудоспусков и прохождение вспомогательных выработок. По рудоспускам, которые выполняют также и функции аккумуляции складов, рудная масса под действием гравитации перемещается на концентрационный горизонт, где выпускными устройствами (19) равномерно подается в приемные бункера самоходных или передвижных дробильно-перегрузочных комплексов, каждый из которых состоит, например, из двух последовательно соединенных дробильно-сортировочных установок первой (20) и второй (21) стадий измельчения (рис. 5). Количество комплексов определяется необходимой производительностью рудника.

Дробильно-перегрузочные комплексы размещаются в соединительных выработках (22) между рудоспусками и откаточными выработками концентрационного горизонта и имеют заданную длину. Измельченная к необходимому размеру руда подается в бункерно-конвейерный перегружатель (23), дальше попадает на конвейер откаточной выработки.

Конвейеры откаточных выработок (24, 25 и 26) соединяются между собой, и с конвейером наклонного рудоподъемного ствола (см. рис. 1) в перегрузочных камерах (27 и 28). Конвейером наклонного рудоподъемного ствола руда транспортируется на поверхность месторождения.

Пустые породы, которые будут извлекаться из массива при проходке горизонтальных выработок в процессе разработки месторождения при освоении, например, новых блоков, горизонтов или рудных тел, будут доставляться к расположенным поблизости вертикальным или наклонному стволам и транспортироваться на этаж, из которого осуществляются закладочные работы. Оборудованием подъема в вертикальных стволах будут служить породные скипы, а в наклонном стволе – автосамосвалы. Выгружаться со скипов и автосамосвалов породы будут с помощью бункерно-конвейерных перегружателей. По этажу к закладываемой камере породы будут транспортироваться одним из известных способов, например, погрузочно-доставочными машинами, самоходными вагонами, конвейерами или автосамосвалами, в том числе и теми, которыми они поднимались по наклонному стволу. Доставленные известными способами породы могут выгружаться, как в камеры второй очереди в качестве сыпучей закладки, так и в камеры первой очереди, которые будут выполнять несущие функции, в качестве дополнительного наполнителя к твердеющей закладочной смеси. При необходимости здесь также могут применяться бункерно-конвейерные перегружатели.

Эффект от реализации способа интенсивного вскрытия и высокоэффективной подземной разработки рудных месторождений можно оценить на примере сложного железорудного месторождения, состоящего из трех рудных тел распространенных на значительную глубину, разрабатываемого одним рудником (см. рис. 1).

Месторождение вскрывается тремя фланговыми вентиляционными и центральным вспомогательным стволами, наклонным рудоподъемным стволом-съездом и горизонтальными выработками концентрационного (абс. отм. -450 м), подготовительного (абс. отм. -300 м) горизонтов и подэтажными нарезными (буровыми) выработками с шагом по вертикали 50 или 75 м.

Глубина вентиляционных стволов № 1, № 2 и № 3 составляет, соответственно: 530, 545 и 504 м, вспомогательного – 537 м. Объем вынимаемых горных пород при проходке с учетом сопряжений составляет: для вентиляционных стволов, соответственно: 25403, 26065 и 10641 м<sup>3</sup>; для вспомогательного ствола – 25712 м<sup>3</sup>. Расчетная продолжительность проходки стволов с учетом их армировки составляет: для вентиляционных стволов, соответственно: 34,7, 35,0 и 30,8 месяцев, для вспомогательного ствола – 34,6 месяца. Расчетная продолжительность сооружения стационарных копров, надшахтных и машинных зданий, установки подъемных машин, вентиляционного, водоотливного и прочего оборудования составляет: для вентиляционных стволов, соответственно: 12, 12 и 10 месяцев, для вспомогательного ствола – 16 месяцев. Таким образом, общая продолжительность строительства и ввода стволов в эксплуатацию составляет: для вентиляционных стволов, соответственно: 46,7, 47,0 и 40,8 месяцев, для вспомогательного ствола 50,6 месяцев.

Длина наклонного ствола-съезда составляет 1900 м, сечение в проходке – 23,4 м<sup>2</sup>, объем горных работ – 44460 м<sup>2</sup>, расчетная продолжительность строительства – 27 месяцев. Продолжительность чистого времени (т. е. без учета времени частичного совмещения работ) монтажа канатно-ленточного конвейера – 6 месяцев. Общая продолжительность строительства наклонного ствола-съезда – 33 месяца.

Горно-капитальные и горно-подготовительные выработки концентрационного горизонта (абс. отм. -450 м) имеют длину, соответственно: 7038 и 21445 м, объем: 98166 и 305097 м<sup>3</sup>, подготовительного горизонта (абс. отм. -300 м) длину: 6821 и 19788 м, объем: 95772 и 277114 м<sup>3</sup>. Соединительные выработки для размещения дробильных комплексов имеют длину по 55 м, общую протяженность 990 м сечение 26 м<sup>2</sup>, объем 25770 м<sup>3</sup>. Общая длина горизонтальных выработок гор. -450 м составляет 25483 м, горизонта -350 м – 26609 м, общий объем, соответственно 403263 и 372886 м<sup>3</sup>. Два межэтажных наклонных съезда имеют

длину по 650 м, объем 16380 м<sup>3</sup>. Общая длина всех горно-капитальных и горно-подготовительных выработок составляет 53392 м, общий их объем – 792529 м<sup>3</sup>.

Современное проходческое оборудование способно обеспечить проходку наклонных стволов-сездов с темпами 140 м/мес., а горизонтальных выработок – с темпами 200 м/мес.

При расчетной продолжительности строительства наклонного ствола 27 месяцев, уже начиная с 23 месяца (момент достижения наклонным стволом горизонта -300 м) возможна организация проходческого забоя для проходки горизонтальных выработок на этом горизонте. Через 2 месяца работ появляется возможность организации второго проходческого забоя, а еще через 2 месяца в работе на этом горизонте будет находиться уже 4 проходческих комплекса. На момент завершения проходки наклонного ствола (достижение горизонта -450 м на окончании 27-го месяца работ) на горизонте -300 м будет пройдено уже 2000 м горизонтальных выработок. В течение 4 последующих месяцев на горизонте -450 м будет введено в работу еще 4 новых проходческих комплекса. На этот момент (32 месяца работ) всеми проходческими комплексами будет пройдено уже 6400 м горизонтальных выработок. За последующие 15 месяцев работ, которые остаются до ввода в эксплуатацию вентиляционных стволов № 1 и № 2 (окончание 47 месяца) 8-ю проходческими комплексами будет пройдено еще 24000 м. С вводом в эксплуатацию вентиляционных стволов № 1 и № 2, оборудованных породными скипами будут введено в работу еще 4 проходческих комплекса. На момент ввода в эксплуатацию вспомогательного ствола (окончание 51-го месяца) с его породоподъемным комплексом 12-ю проходческими забоями будет пройдено 39200 м выработок. Оставшиеся 14188 м выработок будут пройдены этим же количеством проходческих комплексов за 6 месяцев. Выдача пустых пород в этот период будет осуществляться по четырем направлениям – скипами по вспомогательному и вентиляционным стволам № 1 и № 2 и автосамосвалами или погрузочно-доставочными машинами по наклонному стволу. Следовательно, на 58-й месяц работ все необходимые горно-капитальные и горно-подготовительные выработки будут пройдены.

При традиционном способе вскрытия месторождения вертикальными рудоподъемным, вспомогательным и вентиляционными стволами приступить к проходке горизонтальных выработок становится возможным только после ввода в эксплуатацию породоподъемного комплекса вспомогательного ствола (окончание 51-го месяца работ). С учетом очередности ввода в эксплуатацию проходческих комплексов (каждые 2 месяца водятся в работу два новых комплекса) при том же их конечном количестве на строительство горизонтальных выработок потребуется еще 34 месяца. Общая продолжительность сооружения всех горно-капитальных и горно-подготовительных выработок при традиционном способе составит 85 месяцев, что на 49 % больше по сравнению с предлагаемым способом.

#### **Выводы.**

Предложенным способом достигается:

- сокращение срока вскрытия месторождения на 32,9 % по сравнению с традиционным способом вскрытия за счет проходки горизонтальных выработок непосредственно в ходе строительства, как от фланговых вентиляционных и вспомогательного вертикальных, так и от наклонного рудоподъемного стволов с момента достижения ими соответствующих горизонтов, как на одном этаже, так и на группе этажей, как навстречу выработкам, которые проходятся от других стволов, так и самостоятельно;

- высокий темп вскрытия месторождения за счет поддержания высоких скоростей сооружения выработок по мере отдаления проходческих забоев и увеличения расстояния доставки пород в подъемные устройства вентиляционных и вспомогательного стволов;

- сокращение объемов горно-капитальных работ на 7 – 10 %, затрат времени и средств на вскрытие месторождения за счет отказа от сооружения отдельного съезда с поверхности месторождения на рабочие горизонты для самоходной техники;

- уменьшенное потребление энергии за счет отказа от транспортирования на поверхность месторождения пустых пород от проходки выработок непосредственно в ходе разработки месторождения;

-упрощение схемы механизации работ и сокращение капитальных вложений за счет отказа от обустройства увеличенного количества рудоспусков соответствующим количеством комплексов стационарного дробильного, сортировочного и перегрузочного оборудования;

- существенное сокращение капитальных вложений и эксплуатационных затрат от уменьшения количества выемочно-транспортных машин, машинистов и ремонтного персонала в кратности к количеству рабочих смен за счет уменьшения расстояния доставки рудной массы из забоев очистных камер к рудоспускам при разработке месторождения;

- возможность эффективного применения погрузочно-доставочных машин с электроприводом, которые будут работать на коротком плече доставки с питанием по электрическому кабелю;

- возможность создания экономически целесообразного количества капитальных рудоспусков, не ограниченных количеством дробильно-сортировочных комплексов, и накопление в них значительных запасов готовой к измельчению рудной массы;

- возможность оперативной переустановки дробильно-сортировочных комплексов под другие рудоспуски с достаточными накопленными запасами или с перспективой систематического их наполнения;

- увеличение равномерности работы рудника через уменьшение его чувствительности к постановке на плановые ремонты или через неплановые простои отдельных машин и комплексов;

- улучшение качества воздуха в выработках через уменьшение его запыленности, поскольку места выделения пыли от перегрузки пустых пород в скипы вынесены к вентиляционным стволам и значительное количество пыли будет выдаваться на поверхность вместе с исходящим потоком воздуха.

#### Список литературы

1. Горная энциклопедия. Г., «Советская энциклопедия», т. 4, 1989, с. 623.
2. Патент Украины № 100101, МПК E21C41/22 Способ вскрытия и подземной разработки рудных месторождений полезных ископаемых / Филатов Ю.В., Ильяшов М.А., Воловик В.П. и др. Оpubл.12.11.2012.Бюл. 21.

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ ГЛУБОКИХ УГЛЕМЕТАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ ГАЗИФИКАЦИИ**

*А.Н. Шашенко, Е.В. Кухарев, ГВУЗ «Национальный горный университет», Украина  
А.Ю. Еременко, ГП «Донуглереструктуризация», Украина*

В угленосных массивах ниже предельных глубин разработки возможно создание техногенным путем полноценных газовых месторождений с соответствующими запасами метана.

Достигнутая к настоящему времени на Украине средняя глубина разработки угольных пластов составляет около 700 м. Современная угледобывающая техника позволяет обеспечить достаточно высокие нагрузки на очистные забои и постоянно совершенствуется. Однако общий технологический уровень горных работ далеко не всегда соответствует условиям глубоких горизонтов, не говоря уже о безопасности и комфорте, о чем, в