© И.Н. Савич, С.А. Кисиличин, 2006

УДК 622.272

И.Н. Савич, С.А. Кисиличин

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ С ПРИНУДИТЕЛЬНЫМ ОБРУШЕНИЕМ В УСЛОВИЯХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «АЙХАЛ»

Семинар № 17

В процессе ведения работ на опытно-промышленном участке рудника «Айхал» были поставлены вопросы по поводу целесообразности применения на руднике технологий с принудительным обрушением при подэтажном выпуске рудной массы.

В связи с этим в 2002 году был проведен ряд экспериментальных исследований с целью оптимизации параметров данной системы. Работы проводили на горизонте +180. На первом этапе осуществлялся выбор параметров БВР с учетом физико-механических свойств кимберлитов на северо-восточном участке месторождения. На рис. 1, 2 представлены варианты расположения зарядов при отбойке руды.

В начале к отбойке был подготовлен слой с изменяющейся по высоте толщиной. В верхней части подэтажа его толщина составляла 1,5 м, в нижней части – 3 м. Высота отбиваемого слоя составила 19 м, ширина – 14 м.

При подготовке слоя к взрыву было отмечено повышенное содержание влаги в массиве, о чем свидетельствовал буровой шлам, представленный влажной размокшей глиной. Кроме этого в процессе бурения заштыбовывался буровой инструмент.

Часть скважин (№ 4, 5, 6, 7) были пробурены с выходом в обрушенные породы верхнего подэтажа. Поэтому эти скважины были пересыпаны породой и при их зарядке имел место недозаряд, который составлял (по верху) от 0,5 м до 1,5 м.

Тем не менее, после производства массового взрыва верхняя часть слоя проработана полностью. В средней части слоя отбойка руды была некачественная, от середины и до нижней части подэтажа образовалась щель шириной около 1 м по всей плоскости взорванного веера. Необходимо отметить, что скважины не имели прожегов и прострелов. Среднюю и нижнюю часть слоя отодвинуло в сторону очистного пространства на расстояние ≈ 0,8–1 м, практически не нарушив при этом массив руды. Выпуск верхней части отбитой руды осуществлялся через образованную взрывом щель.

Это объясняется тем, что массив руды, под влиянием открытых горных работ в карьере нарушен и имеет широко развитую систему технологических трещин. По этим трещинам вода со дна карьера проникает в массив и оказывает неблагоприятное влияние на физико-механические свойства руды, повышая её вязкость и пластичность. Это в свою очередь ведет к снижению эффективности отбойки. Следует отметить, что на результаты отбойки повлияло и изменение Л.Н.С. по высоте веера.

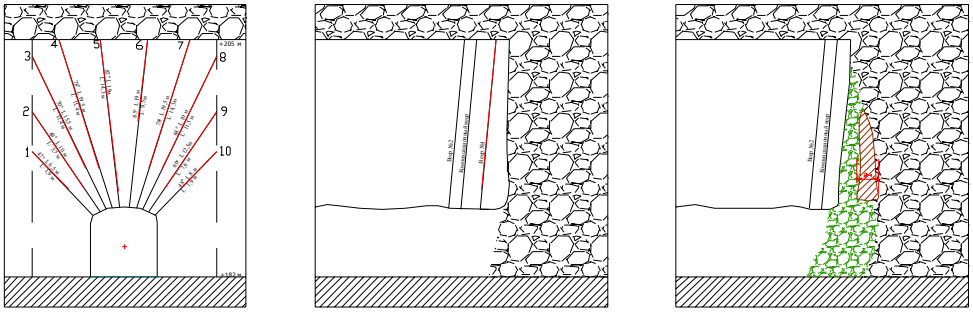


Рис. 1. Веер №1, гор. +180, орт №2

Анализируя показатель отбойки в рассматриваемом варианте можно сделать вывод о том, что при правильно рассчитанной Л.Н.С. возможно отделение руды от массива при минимальных расходах ВВ. Особенно отчетливо это проявляется при применении технологии с открытым выработанным пространством.

Как показывает практика ведения очистных работ и при наличии породно-рудной подушки ощущается влияние отрицательных температур.

На рис. 2 представлен вариант отбойки в присутствии рудной подушки минимальной (1,5–2 м) толщины. После предыдущего взрыва образовался промежуток между отбитой рудой и массивом с одновременным разрывом в налегающем слое. Образование разрыва со свободным пространством можно объяснить отсутствием достаточного количества материала в рудной подушке. Определенное влияние оказали и физико-механические свойства руды и вмещающих пород, имеющие глинистую основу. Поскольку материал подушки был представлен рудой, отбитой ранее на подэтаже 205-220 м, предположили, что при выпуске извлечение полезного ископаемого будет выше, при низком уровне разубоживания.

Толщина отбиваемого слоя в этом варианте составила 4 м, что несколько больше проектного, но наличие свободного компенсационного пространства предполагало хорошее качество взрыва.

В процессе зарядки вертикальные скважины № 3, 4, 6, 7, выбуренные в очистное пространство вышележащего подэтажа, были недозаряжены на 1-2 м, а скважина № 5 была заряжена полностью. Удельный расход составлял 1,3 кг/м^3 , что примерно в 1,5 раза меньше, чем в предыдущих взрывах (2,3 кг/м^3). После взрыва уходка по орту составила около 4 м, как в верхней, так и в нижней части. В верхней части подэтажа образовался козырек из смерзшейся ранее отбитой руды, которая не обрушилась. Выпуск руды сопровождался периферическими зависаниями, которые устранялись вторичным дроблением и фугасами.

Анализ результатов взрыва позволяет сделать следующие выводы:

- недозаряд скважин № 3, 4, 6, 7 мог сопровождать образование смерзшейся корки из руды на отметке +205 м;
- осложняющими выпуск факторами являются температурный режим и водопритоки в зону очистной выемки;
- при торцевом выпуске важное значение имеет выбор параметров отбойки;

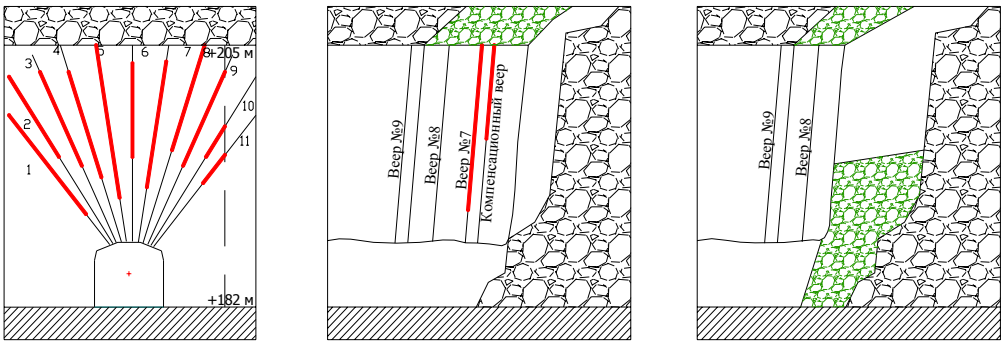


Рис. 2. Веер №7 + компенсационный веер, гор. +180, орт №3

- объем отбитой руды не должен превышать сменной производительности, что позволяет избежать её смерзания и зависания в очистном пространстве.

Следует отметить, что при определении параметров БВР были допущены ошибки, наиболее существенная из которых – завышенная толщина слоя отбиваемой за один прием руды.

Сравнительная оценка с опытом БВР на других предприятиях с учетом физико-механических свойств кимберлитов показывает, что удельный расход ВВ на отбойку может быть снижен не менее чем на 30 %.

Таким образом, оценивая в целом, результат опытно-промышленных экспериментов на руднике «Айхал» позволяет сделать вывод о целесообразности применения технологий с принудительным обрушением. При этом следует отметить, что для получения высоких показателей извлечения необходимо определить рациональные параметры отбойки. Это возможно за счет их корректировки в процессе исследований применительно к условиям рудника «Айхал».

Коротко об авторах

Савич И.Н. – профессор, доктор технических наук,
Кисиличин С.А. – студент,

Московский государственный горный университет.

© М.С. Котова, М.М. Хайрутдинов, 2006

УДК 622.271

М.С. Котова, М.М. Хайрутдинов

УСКОРЕННОЕ ВСКРЫТИЕ ПРИКАРЬЕРНЫХ ЗАПАСОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТРУБКИ «УДАЧНАЯ»

Семинар № 17

Высокая интенсивность отработки месторождений полезных ископаемых привела к необходимости своевременного перехода от открытых горных работ к подземным.

При разработки кимберлитовых руд алмазоносных трубок Якутии, как правило, ведется отработка месторождения карьером до максимальной глубины и только потом извлечение полезных ископаемых подземным способом. Это вызвано отсутствием опыта отработки кимберлитовых руд подземным рудником. Но в результате последовательной схемы отработки месторождения трубки «Удачная» комбинированным способом наблюдается большой разрыв во времени и, следовательно, увеличение капитальных затрат. От правильного выбора схемы вскрытия месторождения зависит эффективность работы рудника. При переходе от открытых работ к подземным, возможно максимально приблизить момент ввода в эксплуатацию подземного рудника, за счет своевременно вскрытых и подготовленных подкарьерных запасов.

В настоящее время разработка месторождения трубки «Удачная» ведется открытым способом и к 2010 году запасы трубки, предназначенные для отработки карьером, будут исчерпаны.

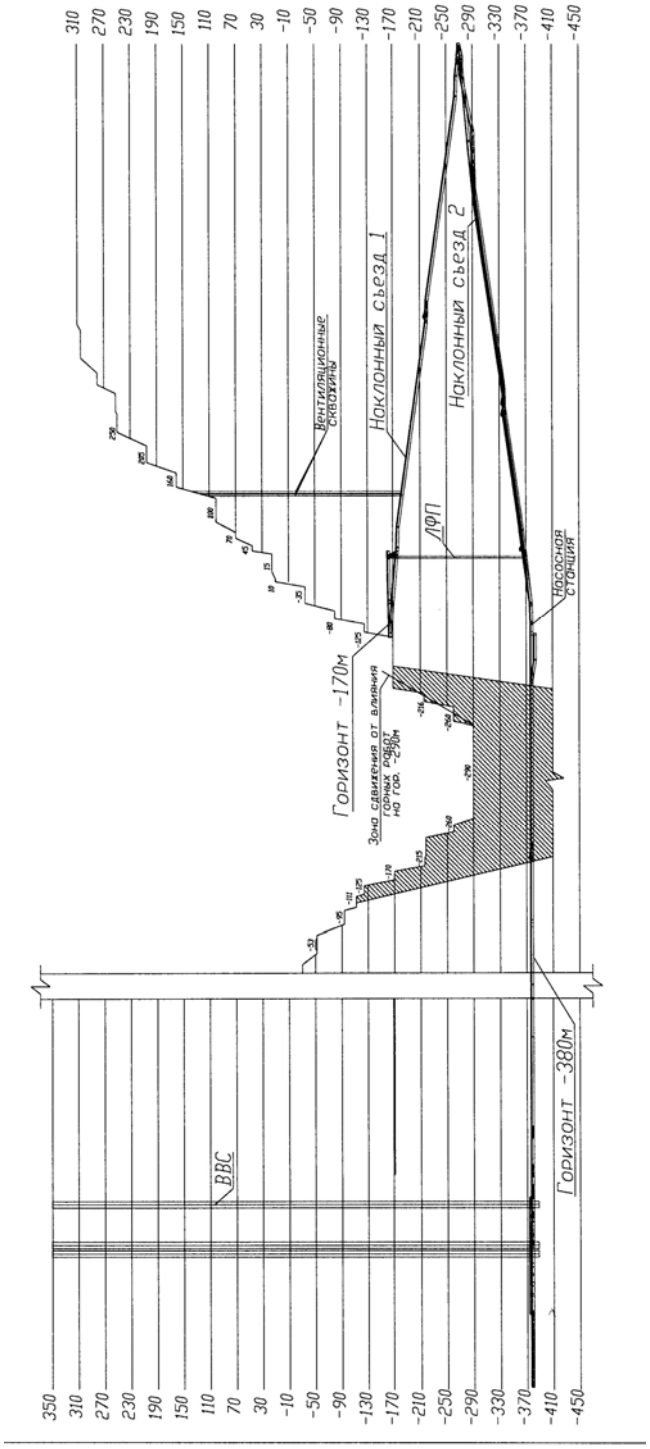
Для дальнейшей отработки подкарьерных запасов предусматривается строительство подземного рудника. Переход на подземный способ отработки месторождения предполагается только по достижению карьером конечной отметки.

Отработка запасов подземным способом предполагается в два этапа. Первый шаг вскрытия в отм.-290/-580 м, второй - -580/-1080 м. Производительность рудника определена: на I период 4 млн т руды в год, на II – 2,5 млн т.

Вскрытие трубки «Удачная» осуществляется с поверхности тремя вертикальными стволами круглого сечения, расположенными на единой промплощадке: клетьевым стволом (КС) диаметром в свету 8 м, вентиляционно-вспомогательным стволом (ВВС) диаметром 8 м, скиповым стволом (СС) диаметром 9 м.

Запасы рудных тел Западное и Восточное трубки «Удачная» вскрываются от стволов КС и ВВС четырьмя квершлагами. Выработки предусмотрены для транспортировки рудной массы от участковых рудоспусков до разгрузочных камер капитальных рудоспусков в районе скипового ствола и подачи или выдаче воздуха.

Срок строительства I очереди вскрытия составит порядка 7,5-8 лет. Проектной мощности рудник достигнет через 2-3 года с начала эксплуатации.



Согласно проекту ввод подземного рудника должен быть осуществлен к 2010 году, но связи со сложными горно-геологи-ческими и горнотехническими условиями срок строительства рудника увеличивается на несколько лет.

При данных условиях очевидным становится ускоренное вскрытие подкарьерных запасов гор.-380 м с использованием карьерного пространства. При таком вскрытии запасов горизонта в качестве транспортной и вентиляционной выработки используется пространство карьера.

Благодаря использованию пространства карьера возможно сокращение сроков строительства рудника, за счет проведения ряда горных выработок основной схемы вскрытия, через выработки, пройденные из карьера до окончания открытых горных работ.

Идея вскрытия из карьера заключается в следующем, на берме северного борта карьера с отм.-170м организуется проходка двух штолен и перегрузочной площадки.

Далее предусматривается проходка наклонного съезда №1 из штольни №1. Одновременно с проходкой съезда для вентиляции выработок организуется бурение двух вертикальных вентиляционных скважин. Скважины обсажены трубами и служат для подачи свежего воздуха

необходимого при проветривании проходческих забоев наклонного съезда.

Основная промплощадка гор. –170 м (порталы и начальные участки вскрывающих штолен), расположенная в зоне сдвижения от влияния горных работ в карьере, находится под постоянным маркшейдерским инструментальным контролем.

Борт с отм. +35 м до отм. –170 м закреплен тросами с затяжкой сеткой.

Съезд длиной 1950 м и сечением в проходке 19,6 м^2 проводится до поворота и далее разветвляется на два уклона. Уклон съезда на прямолинейных участках составляет 8°, на закруглениях 1°.

Сечения съездов принимаются исходя из минимально необходимых зазоров обеспечивающих безопасность работы бурового и погрузо-доставоч-ного оборудования. Для безопасного передвижения людей предусмотрены ниши безопасности через 25 м.

Съезды №1 и №2 служат для подачи свежего воздуха по нагнетательному воздуховоду, выдачи горной массы, доставки людей, материалов и оборудования.

После окончания строительства первого этапа вскрытия организуется проходка восточного и западного квершлагов, до сбойки со стволами ВВС, СС и КС. Направление и сечение выработок приняты в соответствии с проектом института «Гипроникель».

Дальнейшее строительство гор. –380 м до сбойки с ВВС осуществляется только после проходки камерных выработок (трансформаторная подстанция, камера ожидания, стоянки машины 1ВЛГА), комплекса временного водоотлива, вентиляционной скважины и лифтового подъемника.

Транспортировка породы из забоя предусматривается на ПДМ (коротком расстоянии) или подземными автосамосвалами на отм.-170 м с дальнейшей перегрузкой в карьерную технику.

Вид, тип и параметры временно принимаются по проекту «Гипроникель», в зависимости от горно-геоло-гических условий, физико-механичес-кие свойства пород и исследований по устойчивости металлов, бетона к агрессивной среде.

Благодаря данной схеме вскрытия мы:

- сокращаем до минимума разрыв во времени между работой карьера и подземного рудника;
- используем пространство карьера при подъеме, вентиляции и размещения временных пунктов хранения руды и рудной массы;
- до ввода в эксплуатацию всего рудника проводим наблюдения за состоянием массива и реакцию бетона и металла к агрессивной среде;
- имеем возможность к использованию высокопроизводительного карьер-ного транспорта.

Коротко об авторах

Котова М.С., Хайрутдинов М.М. – Московский государственный горный университет.

© М.В. Тишков, 2006

УДК 622.273.2

М.В. Тишков

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЗАКЛАДОЧНОЙ СМЕСИ С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕЗИНОКОРБОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

На сегодняшний день в мире существует множество технологий по переработке резиносодержащих и резокордовых материалов. Основная задача всех этих технологий заключается в переводе резины в псевдохрупкое состояние посредством охлаждения до температур стеклования, так как, в противном случае процесс измельчения является крайне энергозатратным и продолжительным во времени за счет пластичных свойств резины.

Влияние температуры и скорости деформации на разрушение полимеров

Энергозатраты на разрушение полимерного материла могут быть условно представлены как сумма двух величин:

$A_{полн} = A_{хр} + A_{ву}$,

где $A_{хр}$ - энергия, необходимая для разрушения материала, являющегося твердым телом; $A_{ву}$ - энергия, дополнительно затрачиваемая при разрушении вследствие специфического поведения полимерного тела в вязкоупругом состоянии; ($A_{хр}$) затрачивается на упругую деформацию тела и на образование новых поверхностей, происходящих за счет реализации имеющихся в теле микродефектов, роста размеров первичных трещин до критических под действием сил, вызывающих перенапряжение в теле. ($A_{ву}$) является суммой механических энергий, затрачиваемых на эластические и пластические деформации тела, на внутреннее трение в полимерном теле, вызываемое деформационными и релаксационными свойствами, на преодоление дополнительных связей, препятствующих разрушению полимерного тела в результате молекулярной ориентации цепей макромолекул в процессе деформации, на разрыв межмолекулярных связей в полимере при сохранении геометрической формы и на механодеструкцию.

Обобщенное уравнение энергетических затрат при единичном акте измельчения полимерного тела формулируется таким образом:

$A_{полн} = \kappa f(D,\delta,E,\tau,\iota,n,V,T)$

т.е. энергозатраты при измельчении полимерного тела зависят от его физико-механических свойств (δ,E), количественного результата измельчения (ι), размеров тела и условий проведения процесса (τ, n,V,T),

где τ – длительность измельчающих воздействий; n – кратность испытанных до разрушения деформаций; V – скорость воздействия механических сил (скорость деформации); T – температура.

Для уменьшения энергозатрат, эластической и пластической деформацией, а также затратами на разрушение дополнительных связей, вызванных молекулярной ориентацией, необходимо уменьшить температуру процесса (T) при повышении оптимальной скорости

(V). Для снижения затрат энергии, вызванных деформационными и релаксационными свойствами, уменьшить кратность деформации (n) до разрушения материала при оптимальной скорости (V), для снижения затрат энергии, затрачиваемой на разрыв межмолекулярных связей в полимере и механодеструкцию, уменьшить до минимума время воздействия измельчающих сил (τ), понизить температуру (T) при оптимальной скорости (V).

Таким образом, энергозатраты на измельчение зависят помимо свойств материала от двух групп параметров, одна из которых отражает режим измельчения, другая – влияние конструктивных факторов.

Считают, что в качестве основного параметра, по которому должен быть оптимизирован процесс измельчения, нельзя брать только энергозатраты. С учетом кинетики измельчения, фракционного состава образующейся полидисперсной системы, энергозатараты следует относить к единице вновь получаемой поверхности:

$$K = \frac{A}{\Delta F},$$

где А - удельный расход энергии, кВт*ч/т; ΔF -вновь полученная удельная поверхность, $м^2$/т.

По мере понижения температуры в зоне перехода от высокоэластичного состояния к стеклообразному состоянию происходит рост удельных затрат на разрушение материала и в связи с этим рост параметра измельчения (К).

После прохождения максимума в связи с переходом полимера в застеклованное состояние начинается уменьшение работы разрушения и параметра (К).

В связи с переходом к механизму хрупкого разрушения полимерного материала энергозатраты на разрушение минимальны, что выражается в минимуме на кривой К = f(T). При дальнейшем понижении температуры хрупкие свойства полимера практически не меняются, происходит монотонное увеличение прочностных свойств полимера, параметр (К) увеличивается.

На описанную зависимость накладывается изменение работы измельчения, связанное со свойствами рабочей среды: по мере увеличения скорости воздействия происходит сдвиг оптимальной температуры в зону более высоких температур, что объясняется явлением механического стеклования.

Процесс измельчения резины необходимо вести при условиях, обеспечивающих минимальное значение гистерезисных потерь. Последнее связано с интенсивностью межмолекулярного воздействия и соответствует условиям, при которых достигается минимальное значение дополнительной ориентации.

Таким образом, минимум в работе разрушения связан с резким снижением деформируемости полимера.

Следовательно, затраты энергии на разрушение можно снизить понижением температуры или увеличением скорости деформации, т. е. переходом к деформации ударного типа. Что касается реализации механизма хрупкого разрушения вязкоупругих полимеров путем повышения только скорости взаимодействия рабочих органов без применения охлаждения, то она сильно затруднена, так как связана с большими конструктивными осложнениями и дополнительным резким увеличением тепловыделений, что в свою очередь вызывает необходимость более интенсивного теплоотвода.

Низкотемпературное (криогенное) измельчение позволяет перевести измельчаемый полимер в псевдохрупкое состояние и сохранить его в течение всего процесса измельчения. При этом

измельчение полимера, находящегося в хрупком состоянии, происходит не только с поверхности, но и по всему объему из-за наличия микродефектов, которые при переводе полимера в хрупкое состояние будут первичными очагами разрушения.

Поскольку для разрушения эластомеров при температуре глубокого холода оказываются справедливыми основные закономерности измельчения хрупких тел, степень дисперсности получаемого продукта возрастает с увеличением энергонапряженности аппарата, используемого для измельчения.

Так как положение минимума на кривых, изображающих температурную зависимость энергетических затрат, разрушающего напряжения и максимального удлинения зависит не только от скорости деформации, но и от интенсивности межмолекулярного взаимодействия, то положение этих максимумов для каучука и волокнообразующих полимеров при одинаковых условиях деформации не должно совпадать. Следовательно, при соблюдении условий, соответствующих наиболее легкому разрушению резины (температура, скорость деформации), волокнообразующий полимер почти не будет разрушаться, что позволит получить сравнительно малоповрежденные волокна.

С понижением температуры уменьшается адгезия одного полимера к другому, что облегчает процесс разделения измельченного вулканизата и текстильного волокна. В случае металлокорда также происходит ослабление связей между металлическим кордом и резиной за счет различия коэффициентов термического расширения, последнее приводит к растрескиванию и частичному отделению резины от металлокорда.

Охлаждение с использованием готовых хладореагентов

В качестве хладореагентов могут применяться жидкий азот, аргон, воздух, метан, фреон (предварительное охлаждение до -20 ^{0}С с применением фреона, а затем до -60 ^{0}С с жидким азотом), твердая и жидкая углекислота, метанол с твердой углекислотой, твердая углекислота с ацетоном, фреоном.

Считают, что хладоагенты должны соответствовать следующим требованиям: создание в рабочей зоне низких температур; возможно большая поверхность контакта с измельчаемым материалом; удобство в хранении и дозировании; минимальная стоимость; отсутствие токсичности; инертность в химическом отношении, что предотвращает окисление и деструкцию полимера; безопасность процесса измельчения (наличие инертной среды устраняет пожаро- и взрывоопасность).

Исходя из этого, практически непригодны фреоны, особенно учитывая их токсичность и высокую стоимость. Жидкая и твердая углекислота малопригодна, так как позволяет охлаждать материал лишь до -70 ^{0}С, неудобна в обращении, дорога.

В наибольшей мере указанным выше требованиям к хладореагентам отвечает жидкий азот, позволяющий охлаждать резину до -196 ^{0}С, безопасный в обращении, инертный в химическом отношении. Применение жидкого азота обеспечивает быструю теплопередачу от продукта к охладителю, в течение 10 минут температура в рабочей зоне может быть снижена с +60 ^{0}С до -90 ^{0}С и, как следствие этого, - резкое увеличение производительности, повышение степени измельчения материала.

Затраты на жидкий азот зависят от способа охлаждения, использования энтальпии паров; конечной дисперсности продукта.

Расход жидкого азота при получении тонкого помола в несколько раз больше, чем при получении грубого помола: 0,3–0,5 кг/кг при грубом измельчении; 1–2 кг/кг при тонком измельчении. В зависимости от степени помола расход жидкого составляет от 0,5 до 2 кг/кг измельчаемого материала.

Так, например, для получения резинового порошка, содержащего не менее 98 % частиц 500 мкм из крошки с размерами частиц 0,5–4 мм, требуется 1,2–1,5 кг азота на кг исходного материала. Для получения из кусков покрышек размерами 150×150 мм резиновой крошки 8 мм помола требуется 0,45 кг жидкого азота на килограмм измельчаемых кусков покрышек (или 0,67 кг азота на кг крошки) и 1.25 кг жидкого азота на 1 кг крошки 8 мм помола при получении из нее крошки, содержащей 15 % частиц размерами более 1,65 (мм), 70,6 % частиц размерами от 0,37 до 1,65 мм и 14,4 % частиц размерами менее 0,37 мм. При измельчении легковых шин в стержневой мельнице с производительностью 325 кг/ч и получении резиновой крошки, содержащей 96 % частиц размерами менее 500 мкм, в том числе 83 % частиц менее 315мкм, расход жидкого азота составил 0,9 кг/кг. При отсеве частиц размерами менее 315 мкм расход азота – 1,13 кг/кг. При получении за один проход 99 % частиц размерами менее 315 мкм (без просева) и производительности менее 150 кг/ч необходимо израсходовать 1,5 кг азота/кг. Расход жидкого азота при дроблении шинной резины составляет 0,55–0,6 кг/кг резины, но и о степени получаемого помола не сообщается. Источниками потерь хладоагента являются: превращение хладоагента в газ без контакта с охлаждаемым материалом. Эти потери зависят от давления, при котором хранится хладоагент. Чем меньше давление, тем меньше эти потери; проход тепла через стенки холодильной камеры и трубопровод подачи хладоагента; проникновение теплого воздуха в камеру при выходе охлажденного материала из нее, это может приводить не только к расходу хладоагента, но и к образованию льда внутри камеры вследствие конденсации и замораживания паров воды); низкая температура хладоагента, выходящего из камеры вследствие плохого теплообмена в камере. Потери пропорциональны разнице между этой температурой и температурой окружающей среды;потери при начале работы установки, т.е. перерывы в ее работе; замораживание шин или их отдельных участков до более низких температур, чем это необходимо для перевода резины в псевдохрупкое состояние; захват некоторого количества жидкого хладоагента шинами, если они измельчаются не в виде кусков, или не имеют перфорации.

Для экономии жидкого азота необходимы высокоэффективная теплоизоляция камер и трубопроводов, предотвращение попадания воздуха в камеры, применение вместо целых шин кусков шин, ввод жидкого хладоагента в холодильную камеру таким образом, чтобы обеспечить максимальный контакт между хладоагентом и резиной.

В качестве дополнительного источника экономии хладоагента предлагается пропускать нагретый газообразный азот, выходящий из холодильной камеры, через холодный раздробленный материал, после чего охлажденный таким образом азот используется для предварительного охлаждения материала, подлежащего измельчению. С этой целью после лопастного шлюзового затвора, расположенного поле дробилки, устанавливается сборник измельченного материала, устроенный как противоточный теплообменник. Однако для таких сбор-

ников необходимо много места, они дороги из-за затрат на изоляцию. Кроме того, их применение не позволяет осуществлять непрерывный процесс дробления.

С аналогичной целью предложено сжижать газообразный азот, выходящий из холодильной камеры.

Охлаждение с использованием холодильных машин

Наиболее распространенными являются фреоновые, аммиачные и другие холодильные машины. Однако для того, чтобы создать температуры ниже – 80 ^{0}С, необходимые для эффективного замораживания резины, и обеспечить большие хладопроизводительности для переработки амортизованных шин в больших масштабах, требуется сделать подобные холодильные установки многоступенчатыми, очень громоздкими, сложными в обслуживании. При этом эффективность их использования будет мала.

Считают, что наиболее пригодными для подобных целей могут быть трубовоздушные холодильные машины.

Принцип действия воздушной трубохолодильной машины состоит в том, что засасываемый из атмосферы воздух проходит через холодильный регенератор, где предварительно охлаждается до – 50 ^{0}С. Затем дополнительно охлаждается до – 80 ^{0}С вследствие расширения в турбодетандере, после чего может быть напрвлен в технологический процесс. Нагретый до – 50 ^{0}С воздух с помощью переключающих клапанов направляется по второй, параллельный регенератор, охлаждая его, после чего с помощью турбокомпрессора горячий воздух выбрасывается в атмосферу. Через некоторое время происходит переключение потока воздуха – он направляется в охлажденный регенератор, происходит порционное предварительное охлаждение воздуха.

Воздушная турбохолодильная машина (ТХМ) отличается высокой холодопроизводительностью, компактностью, не требует ни хладоагента, ни охлаждающей воды.

НИИ шинной промышленности, Чеховским регенераторным заводом, СКБ турбохолодильных машин и ВНИИРТМАШ в опытно-промышлен-ных условиях были проведены опыты дробления кусков изношенных шин с текстильным кордом размерами 60*60 мм с применением холодного воздуха, генерируемого турбохолодильной машиной ТХМ-1-25.

Куски резины, охлажденные в вертикальной холодильной камере до – 85 ^{0}С, дробили в молотковой дробилке при частоте вращения ротора 1000об/мин. Установленная колосниковая решетка дробилки имела щели шириной 10 мм. Производительность дробилки составила 1920 кг/ч по загружаемой резине, а удельный расход электроэнергии на дробление при получении резиновой крошки, содержащей 18 % частиц размерами 5-10 мм и 82 % размерами 0-5 мм, составил 58 кВт*ч/т.

На получение из кусков 60×60 мм одной тонны резиновой крошки близкого фракционного состава на дробильных вальцах при комнатной температуре было израсходовано 142 кВт*ч электроэнергии, т.е. в 2,5 раза больше.

На основании этих данных был сделан вывод, что дробление изношенных шин с текстильным кордом (после вырезки бортовых колец) при использовании для охлаждения резины не только жидкого азота, но и холодного воздуха, генерируемого ТХМ, экономически неэффективно по сравнению с обычным методом их измельчения на дробильных вальцах. Основная причина – высокая стоимость ТХМ и жидкого азота.

Комбинированное охлаждение с использованием хладоагентов и холодильных машин

Стоимость резиновой крошки, получаемой криогенным способом, а следовательно, конкурентоспособность ее применения по отношению к первичному сырью в значительной степени определяется расходом жидкого азота.

С целью сокращения расхода жидкого азота фирма Linde AG разработала способ, основанный на комбинированном применении обычных холодильных машин и жидкого азота. Получаемая при этом экономия затрат на азот перекрывает затраты на холодильную установку и теплообменник и производственные затраты. Так, расход азота при получении крошки 25 мм помола из целых шин или шин, разрезанных на шесть частей, с 0,5 кг/кг шин снижается до 0,22 кг/кг шин. При этом возрастает потребность в электроэнергии на 0,06 кВт*ч/кг шин для обеспечения работы холодильной машины.

Сущность процесса заключается в следующем. Жидкий азот, поступающий из емкости *1* в холодильную камеру *2* через распылитель *3*, соприкасаясь с находящимся на транспортере *4* охлаждаемым материалом, испаряется. Выходящий из тоннеля газообразный азот, имеющий повышенную температуру, поступает в испаритель *5* обычной холодильной машины, служащей теплообменником. Охладившийся в теплообменнике газ поступает в холодильный тоннель. Последний может быть разделен на три зоны: А, Б и В. Зона А – предварительного охлаждения, зона Б – смешения, зона В – дополнительного охлаждения.

На подходе к границе зоны Б пары азота, поступающие из зоны В, имеют более низкую температуру, чем газообразный азот после теплообменника (температура азота около – 63 ^{0}С, другие температуры могут быть достигнуты при использовании в холодильной машине других хладоагентов или применения абсорбционной холодильной машины). Наиболее рациональной является такая система, при которой газ, поступающий из теплообменника, смешивается в зоне Б в точке, где такую же температуру имеет газ, поступающий из зоны В. Газ, поступающий из зоны Б в зону А, служит для предварительного охлаждения материала, подлежащего дроблению. Стабильность газового потока в системе обеспечивается за счет

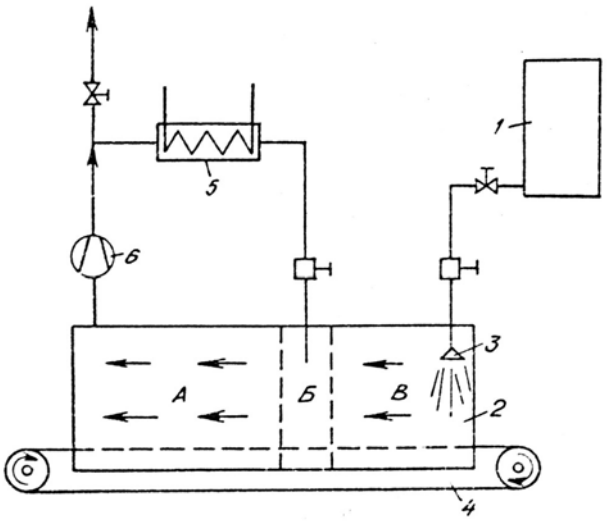


Рис. 1. Схема комбинированного охлаждения с использованием жидкого хладоагента и холодильной машины: *1* – емкость для жидкого азота, *2* – холодильная камера, *3* – распылитель, *4* – транспортер, *5* – испаритель холодильной машины, *6* – компрессор

компрессора *6*, а частично за счет давления, создаваемого азотом в емкости *1*. В случае необходимости для поддержания газового потока могут использоваться вентиляторы, устанавливаемые в холодильном тоннеле или вне его.

Холодильные устройства непрерывного действия

Запатентовано устройство для охлаждения предварительно измельченных изношенных покрышек с транспортирующим шнеком. Это устройство (рис. 3.) состоит из наклонно установленного цилиндра *1* с рубашкой *2*, заполняемой жидким хладоагентом, трубопровода для подвода хладоагента *3*, загрузочного *4* и разгрузочного *5* устройств.

Куски материала, подлежащего замораживанию, при открытой заслонке *6* поступают в загрузочное устройство. Заслонки *7* и *8* при этом закрыты. В дальнейшем заслонка *6* закрывается, а *7* открывается, и кусок материала поступает в пространство между заслонками *7* и *8*. Затем заслонка *7* закрывается, *8* открывается, и кусок поступает в цилиндр, где захватывается шнеком *9* и транспортируется к разгрузочному устройству. По пути через форсунки *10* на этот материал разбрызгивается хладоагент, что приводит замораживанию материала. Выгрузка осуществляется через разгрузочное устройство, снабженное тремя заслонками *11, 12, 13*. Это устройство может быть выполнено таким образом, чтобы можно было одновременно обслуживать две дробилки *18*. Закрытие и открытие заслонок осуществляется с помощью пневмоцилиндров *14, 15, 16*. Система заслонок и пневмоцилиндров предотвращает потери хладоагента.

Следующий холодильный агрегат (рис. 4.) представляет собой камеру *1*, изолированную для предотвращения потерь холода слоем пенополиуретана *2* толщиной 100 мм, в которой расположен конвейер *3*, состоящий из пластин V – образной формы с канавками (для сбора жидкого азота, стекающнго с охлаждаемого материала). Охлаждение материала производится путем распыления на него жидкого азота через распылительное устройство *4*. С целью ускорения испарения хладоагента и его контакта с охлаждаемым материалом в камере устанавливается несколько вентиляторов *5*.

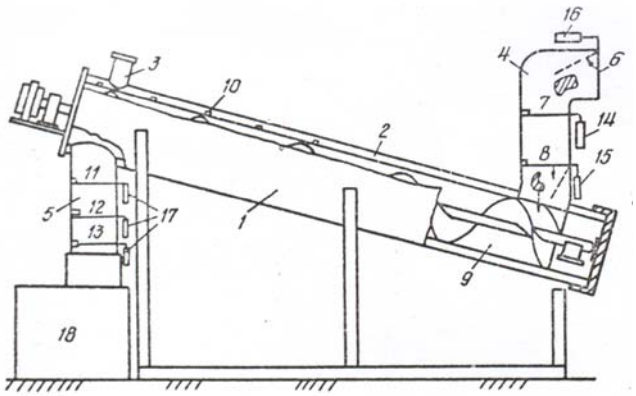


Рис. 2. Непрерывно действующее шнековое холодильное устройство: *1* – цилиндр, *2* – рубашка, *3* – трубопровод для подачи хладоагента, *4* – загрузочное устройство, *5* – разгрузочное устройство, *6, 7, 8* – заслонки, *9* – шнек, *10* – форсунки, *11, 12, 13* – заслонки, *14, 15, 16, 17* – пневмоцилиндры, *18* – дробилка

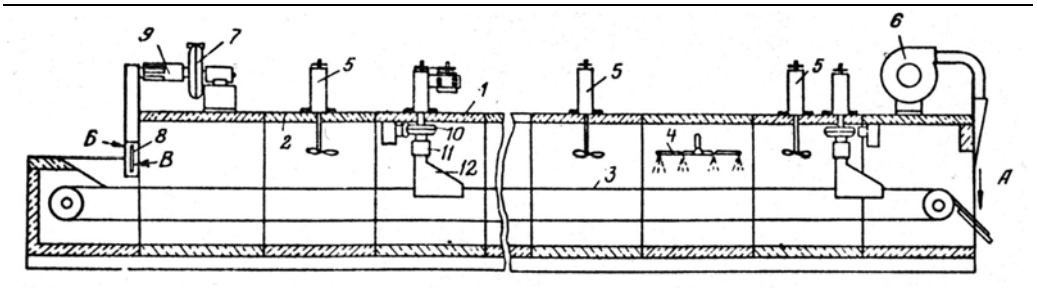


Рис. 3. Холодильный агрегат камерного типа: *1* – камера, *2* – изоляция, *3* – конвейер, *4* – распылительное устройство, *5, 6, 7, 10* – вентиляторы, *8* – вентиляционная камера, *9* – теплообменник, *11* – труба, *12* – патрубок

Для предотвращения потерь холодного воздуха вовнутрь камеры двумя воздушными центробежными вентиляторами *6* создается воздушная завеса (А) – положительная.

На входе в камеру воздушная (отрицательная) завеса формируется двумя вентиляторами *7* по принципу всасывания. Вентиляционная камера *8* имеет всасывающее отверстие U – образной формы. Поток воздуха с большой скоростью идет в направлении (Б), а потом охлаждающего газа в направлении (В). Перед вентиляторами стоят теплообменники *9*, предотвращающие образование инея в вентиляторах за счет влаги, содержащейся в наружном воздухе. В камере создаются центробежными вентиляторами *10* промежуточные завесы. При этом один поток движется поперек сечения камеры, что обеспечивается за счет соответственно расположенной трубы *11* с рядом параллельных отверстий. Одни отверстия, снабженные заслонками, непосредственно связаны с верхней частью тоннеля, другие соединены с патрубками *12*, спускающимися по бокам ниже ленты конвейера. В результате отсасывать охлаждающий газ из верхней части камеры и из нижней из-под конвейера и регулировать эти потоки.

Выход газовой струи из вентилятора *10* направляется с большой скоростью в низ камеры по всей ее ширине. Это позволяет не только создавать несколько температурных зон от температуры окружающего воздуха до температуры испарения хладоагента за счет варьирования угла каждой из завес и увеличивать скорость переноса тепла и циркуляции газа, но и способствует испарению жидкого теплоносителя, находящегося в нижней части тоннеля. В результате обеспечивается экономия хладоагента за счет его более эффективного использования. Одновременно при этом в камере создается несколько большее давление по сравнению с наружным воздухом.

Заключение

При проведении экспериментов по возведению закладочного массива с использованием измельченной резины (резиновой крошки) от автопокрышек были выявлены следующие недостатки:

- неравномерное рассредоточение резиновой крошки по объему закладочного массива;
- всплытие (выталкивание резиновой крошки) ближе к верхней поверхности закладочного массива за счет более низкой плотности.

Экспериментальным путем было доказано, что для предотвращения всплытия резиновой крошки ее необходимо

предварительно смочить и перемешать с вяжущим веществом. Проникая в поры резиновой крошки, вяжущее вещество тем самым увеличивает ее удельный вес, в связи с чем резиновая крошка становится более тяжелой, и процесс ее всплытия (выталкивания) существенно замедляется. Отсюда следует вывод, что при производстве закладочной смеси необходимо совмещать процессы подачи вяжущего вещества и резиновой крошки еще до подачи компонентов закладочной смеси в смесительный барабан.

Также следует заметить, что после проведения смешивания вяжущего со смоченной резиновой крошкой ее рассредоточение по закладочному массиву становится также более однородным, так как повышается плотность резиновой крошки за счет внедрения в ее поровое пространство вяжущего компонента.

На основании вышесказанного можно сделать вывод о том, что использование переработанной, измельченной резины от карьерных автосамосвалов и другой горно-шахтной техники на пневмоходу позволяет частично использовать ее в качестве заполнителя в закладочной смеси.

Также применение резиновой крошки не потребует существенных изменений в технологической схеме приготовления закладочных смесей и ее последующей транспортировке до места проведения закладочных работ.

Коротко об авторах

Тишков М.В. – аспирант, кафедра «Технология, механизация и организация подземной разработки руд», Московский государственный горный университет.

© Э.А. Балдин, 2006

УДК 622.272

Э.А. Балдин

ОСОБЕННОСТИ ОСВОЕНИЯ АЛМАЗНОЙ

ТРУБКИ «ИНТЕРНАЦИОНАЛЬНАЯ» ПОДЗЕМНЫМ СПОСОБОМ

Семинар № 17

В последнее время в нашей стране и за рубежом наблюдается тенденция к увеличению масштабов добычи полезных ископаемых. Это объясняется тем, что в современных условиях из года в год значительно повышается потребность всех отраслей промышленности и сельского хозяйства в черных и цветных металлах, минеральном и химическом сырье. К тому же большинство запасов с высоким содержанием полезного компонента у нас и за рубежом отработаны, и в ряде случаев осуществляется их повторная выемка. Поэтому для удовлетворения потребностей в необходимом сырье вводятся в эксплуатацию мощные залежи с большими запасами бедных руд, а также залежи, расположенные на значительной глубине и в сложных горно-геологических условиях.

Если раньше некоторые месторождения считались неперспективными, нерентабельными, а также сложными для отработки по своим условиям залегания, то при сложившемся положении они приобретают иное значение. В число таких месторождений входят кимберлитовые залежи Якутии, где разрабатываемые карьеры достигли критических глубин и в связи с этим осуществляется переход на подземную добычу. Разработку данных месторождений осуществляет акционерная компания «АЛРОСА» являясь на сегодняшний день в России практически единственным поставщиком алмазов.

Принимая во внимание данные об оценке спроса на алмазы в основных гранильных центрах и прогнозируемые объемы производства необработанных алмазов в мире, был оценен спрос на российские алмазы. Исходя из этого компания «АЛРОСА» при соответствующей инвестиционной политике, развитии сырьевой базы и производственных мощностях может наращивать объем добычи алмазов в ближайшем пятилетнем периоде на сумму до 2 –2,2 млрд долл.

Якутские алмазоносные месторождения относятся к наиболее сложным по условиям эксплуатации. При суровом климате и мощной толще вечной мерзлоты их разработка значительно осложнена наличием большого количества высокоминерализованных химически-агрессивных вод, а также нефтебитумогазоносностью вмещающих пород, предопределяющих категорию подземных рудников как опасных по газу. Все это не позволяет однозначно использовать опыт горных предприятий других стран (ЮАР, Индия, Австралия и др.), где добыча алмазов осуществляется в более благоприятных условиях. Также коренные кимберлитовые месторождения Якутии по своим геологическим и гидрогеологическим условиям резко отличаются от кимберлитовых месторождений Южной Африки, Индии и других южных стран мира. Этот фактор существенно затрудняет и практически не позволяет полностью использовать накопленный многолетний опыт вскрытия, подготовки и подземной разработки кимберлитовых трубок этих стран, при проектировании и практической деятельности отечественных подземных алмазных рудников.

Первым подземным рудником АК «АЛРОСА» стало месторождение трубки «Интернациональная». Это уникальный объект, разрабатываемый в сложных условиях вечной мерзлоты и не имеющий аналогов в мировой практике.

Наибольшую опасность при отработке запасов данного месторождения подземным способом представляет метегероичерский водоносный горизонт, расположенный в интервале абсолютных отметок +40/-129 м. Подземные воды горизонта минерализованы и содержат растворенные в них газы - азот, метан, сероводород, углекислый газ. Учитывая это, при ведении горных работ принимаются меры, исключающие возможность обрушения и сдвижения как вмещающих пород, так и рудного тела, а также возможность прорыва воды через геологоразведочные скважины. В настоящее время на отм. -265 м проводится комплекс работ по поиску и тампонажу указанных скважин. Перед началом отработки запасов руды в этаже -200/-290 м необходимо также произвести аналогичный комплекс работ, для чего потребуется составление специального проекта на основе опыта, накопленного при работе на гор. -286 м.

В таких условиях переход к подземным работам должен обеспечить надежную защиту рудника от поступления в него вод, содержащих ядовитые газы, и самих ядовитых газов, попадания в рудник пресных вод, способных разрушать вмещающие месторождения соляные толщи, по возможности исключить потери полезного ископаемого, обеспечить максимальную интенсификацию горных работ. Переход с открытой на подземную разработку также является достаточно сложной и энергоемкой задачей. Для этого требуется более тщательный подход к рассмотрению возможных вариантов схем и конструктивных параметров вскрытия, системы и технологии разработки, календарного плана подготовки и собственно переходного периода.

Влияние такого количества негативных факторов конечно осложняет технологию разработки, что ведет к увеличению капитальных затрат и делает себестоимость добычи 1 т руды одной из самых высоких в мире, но ценность и качество якутских алмазов имеет устойчивый спрос на рынке алмазов, что и делает освоение этого месторождения рентабельным. В общей сложности на рудниках компании добываются шесть различных категорий алмазов (таблица).

Первоочередной проблемой на сегодняшний день при отработке подземным способом трубки «Интернациональная» является комплексная отработка подкарьерных запасов в пределах метегероичерского водоносного горизонта, составляющая наибольшую сложность на данном месторождении. В настоящее время ведется поиск оптимальных вариантов отработки трубки на этом участке. На данном периоде функционирования рудника отработка запасов, находящихся в этих отметках, представляет определенные трудности и предусматривается в третьей стадии отработки месторождения. Специалистами компании, а также научными сотрудниками кафедры ТПР Московского Государственного Горного Университета в последнее время было предложено большое количество оригинальных технологических решений, но при проведении лабораторных эксперементов, построении математических моделей, апробации и т.д. многие из них оказались не перс-пективными, а остальные требуют более тщательного рассмотрения, уточнения расчетов и т.д.

Структура добычи алмазов компанией «АЛРОСА» в 2000 г. *

№ п/п	Категория алмазов	Кол.-во, млн. кар.	Стоимость, млн. долл. США	Долл. за кар.
1	Технические	13	65	5
2	- 9	7	245	35
3	+ 9	4	260	65
4	+ 11 – 3 GR	5	450	90
5	4 – 6 GR	2	300	150
6	+ 1,8	1	480	480
Итого		32	1 800	

* оценочные данные бельгийской фирмы «Terracousult»

Являясь полигоном для испытания и отработки параметров технологии подземной добычи руды, проверки работы технологического оборудования, уточнения решений по креплению выработок, отработки способов борьбы с газами, рудничной пылью и т.д., также большое значение на руднике имеет организация наблюдений за неизученными процессами с целью использования полученных данных при проектировании и строительстве подземных рудников на других кимберлитовых трубках.

Коренное алмазное месторождение трубка «Интернациональная» является уникальным месторождением не имеющего аналогов в мировой практике. Это уникальный объект по своим параметрам, имеющий большие перспективы на будущее и это уже интересно для его подробного рассмотрения. Кроме того, разработка данного месторождения - это уникальный технологический опыт, имею-щий неоспоримую ценность для алмазодобывающей промышленности. По содержанию ювелирных алмазов и их качеству рудник считается одним из лучших алмазных месторождений в мире.

Шахта «Интер» это уникальный объект по сложности горно-геологи-ческих условий: 350 м вечной мерзлоты, мощные пласты каменной соли, обширные водоносные горизонты и плюс к этому залежи нефти и природного газа. Эти условия дают возможность для создания автономного обеспечения деятельности рудника и региона.

Опираясь на передовой международный опыт, на опыт современной горнодобывающей промышленности в проект разработки месторождения заложены самые современные решения, опирающиеся на использование высокопроизводительного оборудования и современные способы добычи руды. Кроме этого специалистами АК «АЛРОСА» произведено несколько уникальных разработок в области горного дела и технологии обогащения алмазосодержащего сырья, что позволит эффективно использовать имеющийся потенциал и рационально отработать все месторождение.

Учитывая, что подземный способ добычи будет осваиваться и на других месторождениях разрабатываемых АК «АЛРОСА» опыт «Интера» бесценен.

Коротко об авторах

Балдин Э.А. – аспирант, кафедра «Технология, механизация и организация подземной разработки руд», Московский государственный горный университет.