

Южноафриканский институт горнодобывающей промышленности и металлургии Узкие жилы и рифы 2008 Дж. Уиллс

ГИДРАВЛИКА И БОРОВЫЕ ДОБЫЧНЫЕ СИСТЕМЫ - ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЙ ПОДХОД - Дж. Уиллс, Директор компании Novatek Drills (Pty) Ltd

Аннотация

Ограничение поставок электроэнергии в Южной Африке всё больше заставляет шахты действовать энергоэффективнее, не снижая объёмы производства. Компрессорные системы шахт известны своей неэффективностью эксплуатации и значительным потреблением энергии. Однако две доступные и проверенные технологии могут применяться на новых и существующих шахтах для замены или оптимизации имеющихся компрессорных установок, обеспечивая значительное снижение потребления электрической энергии:

- Гидравлическое бурение и добыча значительно эффективнее пневматического метода и обеспечивает скорость бурения вдвое быстрее.
- Стендовые бурильные установки, использующие пневмо- или водяные инструменты, позволяют дополнительно экономить энергию.

В статье рассмотрены обе технологии и предложена общая стратегия их выборочного совместного применения.

1. Ограничения подачи электроэнергии - дополнительная проблема для южноафриканской добычи полезных ископаемых

Недавний энергетический кризис существенно повлиял на энергозатратные горнодобывающие операции, показывая, что ограничения энергопотребления могут серьёзно затруднить развитие этой ключевой отрасли. Очевидно, что эта проблема носит долгосрочный характер. Горнодобыча использует около 15% всей производимой в ЮАР электроэнергии, и промышленность получила распоряжение снизить потребление на 5-10%, чтобы избежать перебоев в подаче нагрузки. По оценкам Южноафриканского института горнорудной промышленности, принудительное сокращение потребления электроэнергии на 10% могло бы привести к снижению производительности глубоких шахт на 20%, серьёзно влияя на занятость и прибыльность.

Несмотря на высокие затраты энергии, использование сжатого воздуха сохранялось, поскольку технология была знакома и широко применялась в отрасли. Эти расходы принимались как неизбежные вплоть до января 2008 года, когда электричество внезапно ограничили, поставив добычу под угрозу. Хотя кризис решается путем запланированных отключений, вероятных повышения тарифов и других мер энергосбережения, очевидно, что стоимость электроэнергии возрастёт и/или поставки будут нарушены. Правительство поддерживало низкие тарифы на электроэнергию, однако в ближайшем будущем ожидается резкое повышение цен ввиду решения кризиса. Стоимость добычи увеличится для тех шахт, которые выберут сохранение прежних методов, либо за счёт увеличения стоимости электроэнергии, либо из-за потери продукции. Оба варианта имеют значительные последствия для прибыли предприятия.

2. Технология гидроэнергетики в добыче полезных ископаемых

Технология разрабатывалась с начала 1980-х годов специально для глубокой золотодобычи совместно с Южноафриканским институтом горнорудной промышленности и его партнёрами. Её элегантность заключается в использовании доступной гравитации воды для прямого питания оборудования, минимизируя потери и создавая мощный источник энергии. Были разработаны водо-рок-дрели и позже целый ряд оборудования, которое постепенно доказывало свою эффективность как система добычи. Темпы внедрения были ограничены замедлением строительства новых глубоководных шахт в 1990-е годы и сопротивлением производителей платины внедрению технологий, связанных с использованием воды.

Преимущества гидродобычных систем заключаются главным образом в гораздо большей энергетической эффективности по сравнению с системами сжатого воздуха, более высоких скоростях бурения и значительном повышении производительности, особенно если используются очистительные водяные струи и персонал организован соответственно. Система также интегрируется с охлаждением шахт и вопреки ожиданиям обычно потребляет меньше охлаждающей воды, чем обычные добывающие комплексы. Поскольку утечки высоконапорной воды недопустимы, управление системой лучше организовано, чем в системах сжатого воздуха.

3. Сравнительная характеристика гидравлических систем с другими источниками питания

Доступные шахтерам источники питания включают:

- Сжатый воздух.
- Гидроэнергетика, подаваемая самотёком или насосами.
- Электропитание через централизованные сети или автономные генераторы.
- Масляные гидравлические системы, обычно используемые дизельными двигателями внутреннего сгорания или подключаемыми электрическими агрегатами при выполнении буровых работ.

Масляные гидравлические системы чаще всего применяются в самоходных машинах, предназначенных для работы в относительно плоских рудах с хорошим доступом, где мобильность оправдывает высокую капитальную стоимость. Такие машины часто неприменимы для крутых пластов с обширной поддержкой; требуют лучшего проветривания и учитываются дополнительные факторы разбавления руды. Автономная выработка электричества обычно экономически невыгодна; установленная стоимость дизельных генераторов составляет примерно 2000-3000 рандов за киловатт, а эксплуатационные расходы находятся в пределах 2,40 ранда за киловатт-час (по сравнению с нынешним тарифом Южноафриканских электросетей около 0,15-0,55 рандов за киловатт-час).

Другие системы сравниваются далее по показателям расхода энергии и фактической производительности.

3.1 Соотношение мощности и массы

Электроэнергия является наиболее эффективным источником энергии, широко используемым для питания электродвигателей всех типов. Это обстоятельство обосновывает её применение для непосредственного снабжения переносимых горных инструментов, особенно учитывая широкий ассортимент электроинструментов промышленного назначения. Показатель соотношения мощности к массе полезен для сравнения технологий, так как он подчёркивает технические ограничения. Этот показатель важен в горнодобывающих условиях, потому что долота и оборудование должны обладать большой мощностью, оставаясь лёгкими и компактными для эффективной работы в стеснённых пространствах.

Таблица 1 и рисунок 2 показывают, что гидравлические и пневматические машины обладают значительно большим показателем отношения мощности к массе, чем электрические дрели. Таблица также показывает потерю производительности вследствие работы пневматических долот при неоптимальных давлениях.

3.2 Энергетическая эффективность и реальная производительность бурения

Таблица 2 демонстрирует сравнение различных долот в лабораторных и полевых испытаниях. Для лабораторных испытаний используется норит благодаря своим стабильным характеристикам буримости и доступности. Результаты бурения кварца обычно ниже из-за повышенной твёрдости материала. Полевые тесты проводятся на участке UG2; платиновые месторождения менее твердые, но отличаются устойчивостью в поведении при бурении. Данные таблицы 2 показывают, что сами пневматические сверла являются эффективными с точки зрения затрат энергии (заглушённые сверла менее эффективны из-за повышенного обратного давления), тогда как электрические сверла демонстрируют аналогичные показатели. Стоит отметить, что именно водяные дрели потребляют наибольшую мощность при изолированном тестировании. Однако эти результаты не отражают реальную ситуацию на практике.

Таблица 3 показывает, что в реальных добывающих системах ситуация совершенно иная. Электрическое бурение остаётся наиболее энергоэкономичным, теряя лишь около 8% энергии на передачу (Источник 11). Следует учитывать, что расход энергии, возможно, занижён, так как не включены затраты на питание вспомогательного оборудования. Бурение водой в самотечной конфигурации является следующим по экономичности вариантом, за ним следуют насосные системы. Пневматические системы действующих шахт печально известны расточительностью из-за утечек и неправильного использования; реальный уровень потребления энергии достигает почти 12 кВт/ч на метр в золотых шахтах и 8 кВт/ч на метр в платиновых шахтах (источники таблиц). Обнаружение и устранение утечек представляют собой серьёзную проблему в обширных и стареющих сетях трубопроводов большинства наших шахт - утечки трудно обнаружить визуально, и отсутствует ощутимый эффект для операторов, злоупотребляющих ресурсами. Обычно считается, что компрессоры работают впустую вне рабочих смен исключительно для поддержания приемлемых уровней давления в системе с утечками. Проблемы управления сетью сжатых воздушных трубопроводов усугубляются наличием старых и протекающих труб из-за коррозии, а также невозможностью контролировать неправильное использование сжатого воздуха для местной вентиляции и других целей.

Микрогидроэнергетика имеет преимущество в том, что такие системы эксплуатируются при оптимальном давлении, позволяя в полной мере воспользоваться высоким отношением мощности к массе водных долот.

4. Механизация стенных площадок с применением соответствующих технологий

подавляющее большинство бурильных операций в южноафриканском узкореежимом рудодобывающем секторе по-прежнему выполняется вручную с использованием ручных дрелей (джекбуров). Джекбур в руках опытного оператора представляет собой чрезвычайно эффективный и универсальный инструмент, особенно подходящий для крутопадающих и узких участков рудников, где бурение часто осуществляется среди лабиринта опор. Однако реальность состоит в том, что рабочие бригады становятся быстро стареющими (средний возраст оценивается более 45 лет), а молодые работники не хотят заниматься тяжёлым физическим трудом.

Безопасность в отрасли постоянно находится под пристальным вниманием; случаи падения породы и ударов породой составили 43% смертельных случаев и приблизительно 26% травм в 2006 году (источник 2). Рабочие, выполняющие бурение, подвергаются наибольшему риску, работая близко к поверхности породы и подвергаясь воздействию шума, теплового стресса, выбросов пыли и вибрации.

Недостаточные навыки бурения и дисциплина приводят к ошибкам при проведении бурения, что вызывает плохие темпы продвижения, повреждение свода кровли, плохое регулирование ширины площадки, образование неровных поверхностей забоя, что сильно влияет на прибыль и представляет собой пустую трату ресурсов и энергии. Источник 3 даёт статистический анализ проблемы.

Различные методы механизации стеновых площадок использовались в ЮАР на протяжении многих лет с переменным успехом. Широкомасштабное внедрение часто тормозилось страхом перед потерей рабочих мест профсоюзными сотрудниками, отсутствием приверженности руководства технологиям или несоответствием техники конкретной ситуации добычи (источник 4). Угроза сокращения занятости обычно необоснованна, так как другие задачи становятся необходимыми для поддержки новых систем и роста производства. Использование сложных самоходных машин в крутых наклонных участках с ограниченными возможностями является экономически неприемлемым и несовместимым с квалификациями работников и условиями среды добычи. «Соответствующая» форма механизации в таких ситуациях предполагает простое и прочное оборудование, снижающее риск воздействия на работников, уменьшая физические усилия до приемлемого уровня и способствующее повышению производительности. Благодаря своей природе механизированные системы обычно более энергоэффективны, и этот аспект также следует учитывать при оценке расходов энергии.

Использование приводных механизмов бурильного инструмента с продольным усилием позволяет повысить темп проникновения на 50% по сравнению с ручной работой. Практически два бурильных механизма способны заменить работу трёх. Вместе с энергосберегающим эффектом воздействие на безопасность снижается на 50%; обратите внимание, что операторы располагаются под защитой и вдали от зоны наивысшей опасности вблизи забоя (см. рис. 4). Несмотря на отсутствие подробной статистики, исследование автора ранее опубликованных материалов свидетельствует о том, что риск воздействия на операторов мог бы снизиться на 75% за счёт нахождения на расстоянии 2,5 метра от забоя. Опыт эксплуатации настенной роботизированной системы Novatek поддерживает данное утверждение; несмотря на

многочисленные сейсмические события и обвалы породы, пострадавших среди операторов не было.

В продаже имеется большое количество бурильных роботов различного уровня сложности и стоимости, удовлетворяющих требованиям большинства методов добычи, включая гидроэнергетику. Изображённая на рисунке 5 водная буровая система Novatek работает в узком штреке. Применение станковых бурильных систем заслуживает серьёзного рассмотрения с точки зрения экономии энергии; они обеспечивают значительную экономичность и несомненные преимущества для здоровья и безопасности персонала.

4.1 Капитальные затраты на систему

Капитальные и операционные издержки внедрения гидроэнергетики зависят от конкретных условий расположения шахты, состояния инфраструктуры и управленческих решений; однако ориентировочные цифры приведены в качестве ориентира в таблицах 4 и 5.

5. Стратегия применения гидроэнергетики и механизации стеновых площадок

Гидроэнергетика в самотечной или насосной форме является испытанной технологией, применяемой на шахтах Нортэм Платинум, Тау-Лекоа, Клооф, Беатрикс Голд Майнс, многочисленных Англо-Платинум майнах и ряде других предприятий. Потенциальные проблемы, связанные с использованием воды в тиксотропных рудах и потерей золота, решаемы правильным проектированием шахт и контролем над сбросом отработанных вод. Приведённые стратегии призваны создать общую основу для практического применения этих технологий.

5.1 Новые горнодобывающие объекты

Система питания должна обеспечивать достижение целевых показателей производства в рамках ограничений по поставке энергии. Она также должна служить платформой для повышения производительности и эффективности на весь срок службы шахты. Самотечная гидроэнергетика является самой эффективной гидравлической системой. Для объектов глубиной менее 1500 метров может потребоваться повышение давления. Многочисленные исследования показали, что такие установки обычно дешевле пневматических систем. Затраты на эксплуатацию гидроэнергетических систем немного ниже, чем у пневматических систем; значительная экономия на трудовых ресурсах и электроэнергии компенсируется повышенным уровнем обслуживания. Учитывая, что цены на электроэнергию значительно вырастут, а рост заработной платы опережает прирост производительности, перспектива длительного развития указывает на привлекательность выбора гидроэнергетики. Механизация, соответствующая условиям добычи и квалификации сотрудников, также может использоваться для усиления эффекта системы. Планировка и проектирование шахты должны использовать преимущества этих систем, обеспечивая ускоренное развитие, повышенные скорости проходки стенок, управление водоснабжением и интегрированное охлаждение. Вопросы труда и сопротивления изменениям легче управляются на новых объектах, хотя обучение менеджеров и производственного персонала является важной частью процесса управления технологиями и должно проводиться эффективно для достижения успеха.

5.2 Действующие горнодобывающие объекты, использующие сжатый воздух

Основная неэффективность систем сжатого воздуха связана с управлением системой и контролем утечек, потерь и неправильным использованием, а не с самим оборудованием и инструментами. Сложность заключается в поддержании обширных сетей трубопроводов сжатого воздуха, зачастую устаревших и подверженных утечкам из-за коррозии, а также контроле неправильного использования сжатого воздуха для локальной вентиляции и других нужд.

5.2.1 Консолидация использования сжатого воздуха для максимизации эффективности

При возможности ретикуляционная система должна быть консолидирована для обслуживания ограниченной области, где она может быть лучше управляемой и обслуживаемой. Сокращение зон обслуживания позволит увеличить давление воздуха, что, в свою очередь, обеспечит возможность эксплуатации бурилок при повышенных давлениях и увеличении скоростей бурения. Производительность может быть дополнительно увеличена, а потребление энергии сокращено путём применения соответствующей механизации.

5.2.2 Переход выбранных производственных зон на гидроэнергетику

Насосная гидроэнергетика наилучшим образом подходит для удалённых, разбросанных районов или там, где инфраструктура сжатого воздуха неудовлетворительна. Развитие новых районов с использованием гидроэнергетики устраняет необходимость монтажа служб сжатого воздуха. Применение механизации также целесообразно. Обучение производственного персонала и взаимодействие с профсоюзами критически важны для успешного перехода без сопротивления. Особенно важно разяснять вопросы сохранения рабочих мест и улучшение охраны здоровья и безопасности работников.

6. Заключение

Гидроэнергетические технологии добычи и «соответствующая» механизация являются доказанными методами, обеспечивающими значительные возможности снижения энергопотребления в горнодобывающей промышленности. Помимо немедленного удовлетворения потребности в снижении потребления электроэнергии на шахтах на 10%, эти технологии предлагают преимущества повышения производительности, что ещё больше выгодно отразится на отрасли. Преимущества охраны здоровья и безопасности, такие как уменьшение риска травматизма и шумового воздействия, также играют важную роль в защите работников. Ожидается, что гидроэнергетические методы добычи и «соответствующая» механизация станут гораздо более распространёнными в южноафриканской горнодобывающей промышленности. Они представляют собой практические и проверенные технологии, способные удовлетворить текущие и будущие вызовы.

Список литературы

1. Сайт Южноафриканского института горнорудной промышленности, Обзор горнодобывающей промышленности Южной Африки 2006 г., www.bullion.org.za/Publications/Facts&Figures/F&F2006.pdf
2. Годовой отчёт 2006/2007 Инспекции здравоохранения и безопасности шахт, CIOMAnnualReport_06_07[1].pdf

3. Тар Р.Г., Как усилить рентабельность бизнеса посредством качественного бурения и взрывных работ, Коллоквиум Южноафриканского института горнорудной промышленности – новые методы и системы добычи в узких жилах, 29 июля 1999 г.
4. Уилс Дж. и Байенс М., Внедрение систем бурения стеновых площадок на шахтах ЮАР – обзор успехов и неудач, пути дальнейшего развития, Коллоквиум Южноафриканского института горнорудной промышленности – передача знаний и технологий, 26 февраля 2002 г.
5. Тарифы и сборы Eskom 2007/8 гг., www.eskom.co.za/tariffs
6. Харпер Г.С., Критерии выбора рокдриллов, Доклад для Англо Платинум, октябрь 2005 г.
7. Отчёт о развитии устойчивого развития 2007 г., [http://www.angloplatinum.com, англо_sdr_2007.pdf](http://www.angloplatinum.com/англо_sdr_2007.pdf)
8. Харпер Г.С., Бурение, Школа Южноафриканского института горнорудной промышленности: Добыча тонких табличных месторождений, 21 и 22 октября 1999 г.
9. Уилс Дж. и Ваймер Д.Г., Сравнение потребностей в энергии пневматических и гидравлических рокдриллов, Отчёт COMRO июль 1989 г.
10. Петит П.Ж., Электрическая система бурения в платиновых операциях, Международная конференция Южноафриканского института горнорудной промышленности по платине, 2006 г.
11. Петит П.Ж., Финансовая оценка электрических рокдриллов для подземного бурения в платиновых операциях, Международная конференция Южноафриканского института горнорудной промышленности по платине, 2006 г.
12. Намного больше, чем 6900 рабочих мест, Редакционная статья, Mail & Guardian 29 февраля - 6 марта 2008 г.