# Успешное внедрение инновационной технологии в текущую горную разработку – разбор примера применения карьерных комбайнов

Внедрение новых технологий в уже ведущуюся разработку месторождения способно обеспечить быстрые положительные сдвиги и коммерческие преимущества. Такое внедрение сопровождается рядом сложностей, которые порой приводят к отказу от новой технологии. Поэтому при управлении процессом внедрения и устранении рисков важную роль играют такие аспекты, как детальное планирование, энергичное управление проектом, хорошие отношения с клиентами и точная оценка информативных показателей эффективности.

Важность структурированных процессов для достижения цели становится очевидной на примере добычи каменного угля открытым способом в карьере Нью-Экленд в штате Квинсленд/Австралия. Инновационный карьерный комбайн Wirtgen 4200 SM был успешно интегрирован в имеющийся парк оборудования этого объекта, после того как были доказаны его преимущества в отношении охраны здоровья и труда, воздействия на окружающую среду, производительности, фракционного состава при добыче, потерь и разубоживания угля при добыче, а также эксплуатационных расходов при добыче.

Далее представлено краткое изложение диссертации на тему «Сравнение непрерывной системы добычи карьерным комбайном и традиционного метода добычи на угольном карьере Нью-Экленд», написанной в сотрудничестве с угольным карьером Нью-Экленд, Рейнско-Вестфальским техническим университетом Ахена (RWTH) и Wirtgen GmbH.

«Если работает, не трогай»? Традиции в сравнении с инновациями Практика показала, что внедрение новых технологий в уже ведущиеся работы на горнодобывающем предприятии нередко терпит неудачу из-за того, что справиться с сопряженными с таким внедрением сложностями удается лишь частично. Вот почему рассчитанная на решение конкретных задач, профессиональная подготовка проекта является непременным условием для принятия новых технологий на горнодобывающем предприятии.

Горнодобывающая отрасль отличается четко выраженной профессиональной культурой, влияние которой необходимо обязательно учитывать для успешной реализации инновационных проектов. На многих горнодобывающих предприятиях работы ведутся по принципу «если работает, не трогай». Поэтому для внедрения новых технологий производители машин должны обеспечивать не только механическую мощность машин, но и другие аспекты. Хотя очень подробный процесс внедрения влечет повышенный расход ресурсов, важно доказать преимущества инновационной системы на практике. Интерес и доверие отрасли к новой технологии могут вырасти только после успешной интеграции системы на нескольких горнодобывающих предприятиях.

Далее описывается подход к внедрению карьерного комбайна Wirtgen 4200 SM в открытую разработку на угольном карьере Нью-Экленд.

Месторождение с повышенными требованиями к селективной добыче

Нью-Экленд – это открытый угольный карьер в штате Квинсленд/Австралия в 35 км на северо-запад от г. Тувумбы, эксплуатируемый компанией New Acland Coal Pty Ltd., входящей в группу компаний New Hope Group. С 2002 года на карьере добывают каменный уголь при годовом объеме добычи около 5 млн. тонн энергетического угля.

На этом участке в сельской местности задействовано более 300 сотрудников из окрестных населенных пунктов. В качестве одного из крупнейших работодателей компания NAC вносит значительный вклад в экономическое развитие региона. Поскольку в непосредственной близости от карьера расположены жилые районы, он разрабатывается в строгом соответствии с экологическими предписаниями. В первую очередь, критическое значение имеет эмиссия шума и пыли, поэтому для их минимизации прилагаются все усилия. Углеперерабатывающий завод расположен на территории месторождения. После переработки на месте энергетический уголь по железной дороге транспортируется в Брисбен и там в порту перегружается на корабли для экспорта.

Месторождение Нью-Экленд состоит из нескольких угольных пластов толщиной от 0,3 до 3 м, перемежающихся породными прослойками. В целом в районе добычи расположено более 40 пластов. Из-за большого количества пластов к селективной добыче выдвигаются повышенные требования. Ввиду свойств месторождения технология использования карьерных комбайнов Wirtgen обладала потенциалом для оптимизации технологической цепочки на угольном карьере Нью-Экленд. Основная идея заключалась в том, чтобы сократить количество добычных машин и тем самым достичь большего контроля над процессом добычи и повысить точность добычи угля.

4200 SM запущен в эксплуатацию в июне 2014 года и с тех пор применяется для селективной добычи угля и вскрышной породы. Обучение операторов началось еще при снятии покровных пород. Решение испытать карьерный комбайн на угольном карьере Нью-Экленд было связано с большими ожиданиями. Они включали в себя повышение производительности, снижение эксплуатационных расходов при добыче, повышение уровня разработки месторождения за счет снижения потерь угля при добыче, снижения разубоживания угля и повышения качества рядового угля, упрощения процесса добычи и снижения нагрузки на окружающую среду. Для подтверждения этих ожиданий на практике с июня по сентябрь 2014 года было проведено подробное и структурированное исследование. Цель исследования состояла в оценке производительности карьерного комбайна Wirtgen на основе анализа определенных показателей эффективности.

Карьерные комбайны Wirtgen: индивидуальная конфигурация для каждого проекта

Технология открытой разработки применяется в горнодобывающей промышленности уже более 30 лет. Компания Wirtgen, продав более 500 машин, является лидером и на рынке, и в сфере технологий. 4200 SM с устройством прямой погрузки срезает, измельчает и грузит материал за один рабочий проход. Он заменяет собой несколько операций традиционного метода. Если того требует проект, карьерный комбайн может отсыпать материал в отвал сбоку в режиме «Sidecast». Альтернативное исполнение «Cut-to-Ground» требует переоборудования карьерного комбайна. С другим корпусом барабана и без погрузочного конвейера 4200 SM выкладывает материал позади себя в продольный валик между гусеничными тележками. Предлагаемые Wirtgen модели 2200 SM/2200 SM 3.8, 2500 SM и 4200 SM охватывают три класса мощности, которые можно различным образом конфигурировать в соответствии требованиями проекта. Настоящий отчет посвящен модели 4200 SM, которая применяется на карьере Нью-Экленд.

Самый мощный (1623 л.с.) комбайн Wirtgen весит около 200 т. Его фрезерный барабан расположен по центру между передними и задними гусеничными тележками и оснащен резцами, которые срезают материал. Расположение монтированных на фрезерный барабан резцедержателей зависит от рабочих условий. Такие параметры, как количество резцов, линейное расстояние и конструкция резцов, специально адаптируются под соответствующие требования, напр., производительность, фракционный состав и т.д.

При разработке фрезерного барабана для проекта NAC необходимо было учесть, что карьерный комбайн должен добывать не только уголь, но и породную прослойку.

У карьерных комбайнов с устройством прямой погрузки резцы расположены по спирали. Это позволяет транспортировать материал в центральную часть фрезерного барабана. Глубина среза настраивается индивидуально до 830 мм в соответствии с угольным пластом. За фрезерным барабаном находится скребок, который передает срезанный материал на первичный (подборный) конвейер. По этому конвейеру материал подается на регулируемый по высоте и поворачиваемый на 180 градусов погрузочный конвейер. Этот конвейер не только облегчает загрузку большегрузных самосвалов класса до 220 т, но и позволяет оптимизировать коэффициент наполнения грузового транспорта. Кроме того, регулировка высоты погрузочного конвейера снижает до минимума выбросы пыли.

Традиционная система добычи на карьере Нью-Экленд

Традиционная система добычи на карьере Нью-Экленд работает с перерывами и включает в себя бульдозеры для рыхления и перемещения горной породы, а также колесный погрузчик для погрузки материала на большегрузный автотранспорт с полезной нагрузкой от 130 до 190 т, применяемый на объекте.

Ввиду сложного характера месторождения, требующего селективной добычи угля и вскрышной породы, бульдозеры-рыхлители играли раньше важную роль в процессе добычи. Эта традиционная система разработки разрабатывалась и улучшалась на протяжении многих лет. Водители бульдозеров очень опытные и добиваются низких потерь и низкого разубоживания угля при добыче. Тем не менее, эксплуатирующая организация стремилась повысить уровень разработки месторождения и сократить загрязнение вскрышными породами.

Традиционная система добычи связана с большими трудозатратами и требует большого количества техники. Из-за того, что работы ведутся с перерывами, в процессе добычи часто возникают задержки. Это снижает эффективность системы в сравнении с непрерывной системой добычи.

**Решающая роль детального планирования для процесса внедрения**

Чтобы обеспечить возможность измерения преимуществ карьерного комбайна Wirtgen для открытой разработки на карьере Нью-Экленд, важно учесть его положительное влияние на отдельные процессы в рамках всей технологической цепочки. Для достижения наилучших результатов необходимо адаптировать технологические процессы под эксплуатацию карьерного комбайна. Для карьера Нью-Экленд это означало, что 4200 SM заменит в существующей технологической цепочке не только машину для разработки, но намного больше, что приведет к изменению всей технологической цепочки. При этом могут возникнуть риски и неопределенность.

По этой причине была проведена четырехмесячная пробная эксплуатация 4200 SM, чтобы выявить и проконтролировать влияние карьерного комбайна на технологическую цепочку. Управление проектом было организовано с применением методологии Деминга, более известной как цикл Деминга или принцип PDCA (Plan-Do-Сheck-Act). Управление проектом состояло из следующих этапов:

1. Планирование – детальное планирование проекта;

2. Выполнение – опытная эксплуатация: измерение и мониторинг данных по производительности;

3. Проверка – выявление влияния на весь процесс (положительного и отрицательного): определение преимуществ для горных работ;

4. Воздействие – внесение изменений и улучшений в производительность машины: распознавание проблем на ранней стадии и работа над их разрешением.

Горнодобывающие предприятия часто имеют тенденцию к так называемому «замкнутому мышлению». Этот термин описывает коммуникационные барьеры между различными отделами (добычи, планирования, обслуживания, перерабатывающим заводом, штаб-квартирой организации). Для успешного внедрения новой технологии, тем не менее, важно иметь целостную картину протекающих процессов. Для этого требуется совместная работа отдельных подразделений предприятия. Устранение потенциальных препятствий для успеха на ранней стадии проекта крайне важно для достижения максимального успеха проекта. Планирование резкого изменения технологического процесса начинается задолго до ввода машины в эксплуатацию.

**Ключевая роль тесного командного взаимодействия между карьером Нью-Экленд и Wirtgen**

Прежде всего, на угольном карьере Нью-Экленд была создана проектная группа, состоящая из горного инженера, менеджера перерабатывающего завода, менеджера по обслуживанию и ремонту, менеджера по добыче и ответственного за охрану здоровья и труда. Создание проектной группы обеспечило постоянную коммуникацию между подразделениями с самого начала проекта. Важной задачей группы была разработка информативных показателей эффективности для проекта по карьерному комбайну. Благодаря совместной работе подразделений показатели эффективности не ограничивались только производительностью и эксплуатационной готовностью, но охватывали всю технологическую цепочку. Фракционный состав, например, был включен в показатели эффективности, чтобы оценить возможное влияние на перерабатывающий завод и на количество зерна мелкой фракции в рядовом угле.

Во время ввода в эксплуатацию карьерного комбайна NAC и Wirtgen провели совместными усилиями обширное сравнение фракционного состава добываемого угля. Для этого Wirtgen предоставила гусеничный трехъярусный грохот MS 19 производства Kleemann для анализа фракций от 150 мм до 5 мм и лабораторный грохот для анализа фракций от 0,5 до 5 мм. В общей сложности было проанализировано 100 проб по 30 тонн, традиционные добычные машины и 4200 SM отбирали пробы на идентичных выемочных полях, которые были разделены для этих целей на две части.

Проектная группа карьера Нью-Экленд тесно сотрудничала с проектной группой Wirtgen, в состав которой входил руководитель проекта с многолетним опытом работы в горнодобывающей отрасли, консультант по послепродажному обслуживанию, менеджер по сервисному обслуживанию, а также студентка-магистрантка, пишущая работу по горному делу. Группа также получала поддержку от руководства компании на головном заводе Wirtgen в Виндхагене и Wirtgen Австралия.

Подробное консультирование с самого начала проекта, широко представленная основная группа, а также присутствие на месте позволило Wirtgen снизить риски при внедрении на карьере Нью-Экленд.

**Спецификации карьерного комбайна**

Карьерный комбайн Wirtgen был адаптирован под конкретные условия эксплуатации и в мае 2014 года прибыл на карьер Нью-Экленд. Комбайн был поставлен в соответствии с местным отраслевым стандартом «Guideline for mobile and transportable Equipment for Use in Mines» («Руководство по мобильному и транспортируемому оборудованию для использования в горной добыче»). Через две недели после прибытия в карьер Нью-Экленд карьерный комбайн был запущен в эксплуатацию.

**Идеальные условия эксплуатации как предпосылка высокоточного планирования добычи** Для эффективного внедрения нового процесса необходимо было адаптировать традиционный блочный метод добычи.

Карьерный комбайн добывает материал параллельными полосами. В конце каждой полосы он срезает рампу и разворачивается на ровной площадке для добычи на новой полосе. Длина выемочного поля является решающим параметром с точки зрения производительности. Чем больше длина выемочного поля, тем меньше рабочего времени в процентном соотношении тратится на развороты и больше тратится на выемку. Для эффективного применения карьерного комбайна Wirtgen рекомендуется, чтобы 4200 SM работал на выемочном поле длиной более 300 м.

Размер обычного блока на карьере Нью-Экленд составляет 150 x 150 м. По этой причине несколько традиционных блоков были обнажены в один ряд, чтобы при длине выемочного поля до 600 м карьерный комбайн можно было испытывать при идеальных эксплуатационных условиях.

**Тщательная проверка карьерного комбайна в течение четырехмесячной пробной эксплуатации**

Еще один ключевой момент для успешного внедрения карьерного комбайна Wirtgen состоял в том, чтобы доказать преимущества комбайна на практике. Для этого требовалось выполнить подробный и структурированный анализ его эффективности.

Карьер Нью-Экленд и Wirtgen согласовали соответствующие информативные показатели эффективности (см. рис. Оценочный лист), которые были зафиксированы в договоре. Многие показатели эффективности касаются системы непрерывной добычи, напр. показатель доли зерна мелкой фракции в рядовом угле: «Производство угля с зерном мелкой фракции менее 2 мм не должно превышать предел для системы бульдозер/погрузчик».

Показатели можно разбить на категории в соответствии с влиянием на производительность машины, воздействие на окружающую среду, охрану здоровья и труда, экономичности, а также на транспортировку и переработку. Для того чтобы учесть фазу обучения неопытных операторов машин в рамках фазы внедрения, показатели эффективности в течение первых трех месяцев фазы освоения производства умножались на процентный коэффициент наращивания темпов производства.

В течение четырех месяцев эффективность обеих систем добычи измерялась и сравнивалась друг с другом, для чего использовались:

* исследование литературы,
* теоретические расчеты,
* исторические эксплуатационные данные,
* испытания на шум и вибрацию,
* анализ распределения фракционного состава,
* система отчетности,
* анализ временных затрат,
* полевые испытания и
* разборы на собраниях и опросы.

**Результаты: карьерный комбайн повышает экономичность и безопасность**

Технология открытой разработки Wirtgen привела к значительному сокращению количества необходимой для добычи техники. Благодаря непрерывности рабочего процесса карьерный комбайн обеспечивает более высокий уровень производительности. Анализ обеих систем добычи при различных эксплуатационных условиях выявил, что для технологии использования карьерных комбайнов требуется до 70% меньше машин, чем при традиционной системе добычи, при которой задействованы бульдозеры и колесные погрузчики.

Оценка охраны здоровья, труда и окружающей среды для обеих систем выявила, что 4200 SM снижает воздействие на окружающую среду. Это в основном вызвано использованием меньшего количества машин, что одновременно ведет к сокращению вибрационной, шумовой, пылевой эмиссии и эмиссии углекислого газа. Потребление топлива на единицу добытого материала при использовании карьерного комбайна сокращается прибл. на 65%. Кроме того, оказывается положительное воздействие на эргономику кабины оператора. Кабина оператора карьерного комбайна является поворотной и изолирована от шума и вибрации. Кресло оператора поворачивается на 220 градусов. Это сокращает воздействие вибрации на все тело оператора, поэтому ему не нужно вертеться в кресле.

Исследование экономичности показало сокращение расходов на добычу при использовании карьерного комбайна в сравнении с традиционной системой добычи. Здесь решающим фактором также является сокращение количества добычных машин, которое ведет к сокращению потребления топлива и расходов по заработной плате. Таким образом, при применении карьерного комбайна – с учетом различных эксплуатационных условий – расходы на добычу снижаются прибл. на 60%. Экспертное исследование потерь и загрязнения угля при добыче выявило, что карьерный комбайн лучше разрабатывает месторождение, генерируя тем самым дополнительный оборот.

С точки зрения фракции добываемого угля карьерный комбайн показал значительные преимущества. Представительные результаты показали, что при новом методе добычи образуется более чем на 10% меньше мелких частиц по сравнению с традиционным методом. Кроме того, добытый с помощью карьерного комбайна материал имеет значительно более высокую долю фракции конечного продукта. В результате затраты на дробление зерен избыточной крупности уменьшаются, что позволяет экономить электроэнергию и еще больше уменьшить долю мелких частиц по сравнению с традиционными методами добычи.

Более высокое качество рядового угля с более низким загрязнением вскрышными породами и более равномерным фракционным составом, включающим в себя меньшее количество зерна мелкой фракции и избыточной крупности, также обеспечивает сокращение энергопотребления на перерабатывающем заводе.

**Карьерные комбайны зарекомендовали себя как альтернативный метод добычи**

Четырехмесячное испытание карьерного комбайна прошло успешно, и пригодность 4200 SM для селективной добычи угля и вскрышной породы в сложных условиях месторождения была доказана на практике. Проектное планирование началось заранее, задолго до того, как добычная машина прибыла на карьер в Австралии. Хорошая коммуникация и тесное сотрудничество между New Hope Group, проектной группой карьера Нью-Экленд, Wirtgen Австралия и Wirtgen GmbH в Германии послужили ключевыми элементами для раннего устранения потенциальных проблем и достижения максимального успеха проекта. Детальный анализ важных показателей эффективности позволил Wirtgen и карьеру Нью-Экленд выявить положительное влияние на всю технологическую цепочку. Результаты исследования привели к тому, что NAC приняла решение внедрить карьерные комбайны в работу компании New Acland Coal или заменить ими существующие методы добычи

Фотографии:

|  |  |
| --- | --- |
|  | 4200SM\_02582\_HI Июнь 2013 г.: Представитель New Hope Group вместе со специалистами Wirtgen осматривает условия на карьере Нью-Экленд. Функциональный принцип технологии открытой разработки Wirtgen идеально подходит для селективной добычи до 27 – в основном тонких – слоев угля, перемежающихся породными прослойками. |

|  |  |
| --- | --- |
|  | W\_photo\_4200SM\_02653\_HI Август 2013 г.: На угольном карьере компании North American Coal в штате Миссисипи имеются сходные природные условия. Демонстрация производи­тельности Wirtgen 4200 SM при угледобыче на этом карьере убедила New Hope Group провести пробную эксплуатацию 4200 SM на карьере Нью-Экленд. |

|  |  |
| --- | --- |
|  | 4200SM\_02670\_HI Июль 2014 г.: Карьерный комбайн прибыл, операторы обучены, добыча началась. Для проверки производительности карьерного комбайна Wirtgen 4200 SM в идеальных эксплуатационных условиях приготовлено выемочное поле  длиной 600 метров. |

|  |  |
| --- | --- |
|  | 4200SM\_02663\_HI Декабрь 2014 г.: Для еще более точной добычи различных породных пластов была монтирована новая система теленаблюдения Wirtgen. Две камеры, установленные слева и справа за фрезерным барабаном, передают изображение поверхности в масштабе 1:1 на двойной монитор в кабине оператора и позволяют оператору карьерного комбайна точно регулировать глубину резания. |

|  |  |
| --- | --- |
|  | 4200SM\_02656\_HI Январь 2015 г.: 2500 часов проработал Wirtgen 4200 SM, прежде чем New Hope Group приняла решение о его покупке. Убедительным аргументом стала потенциальная экономия. |

|  |  |
| --- | --- |
|  | Расход топлива Оценка сравнительных данных с карьера Нью-Экленд показывает сокращение потребления топлива почти на 65% при применении карьерного комбайна Wirtgen 4200 SM. |

|  |  |
| --- | --- |
|  | Система учета Успех по всем фронтам: карьерный комбайн Wirtgen 4200 SM отличился не только производительностью, но и безопасностью, требуемым размером зерна, а особенно – экономичностью. |

*Указание: Настоящие фотографии служат лишь для ознакомления. Для перепечатки в публикациях используйте, пожалуйста, фотографии с разрешением 300 dpi, которые доступны для скачивания на вебсайтах Wirtgen GmbH/Wirtgen Group.*

|  |  |
| --- | --- |
| Более подробную информацию можно получить у:  WIRTGEN GmbH  Corporate Communications  Michaela Adams, Mario Linnemann  Reinhard-Wirtgen-Straße 2  53578 Windhagen  Deutschland  Telefon: +49 (0) 2645 131 – 0  Telefax: +49 (0) 2645 131 – 499  E-mail: presse@wirtgen.com  www.wirtgen.com |  |