УДК 622.271

**С.П.РЕШЕТНЯК**, *д-р техн. наук, ведущий научный сотрудник, inpt@mail.ru*
*Горный институт Кольского научного центра РАН*

**S.P.RESHETNYAK**, *Dr. in eng. sc., leading research assistant, inpt@mail.ru*
*Mining Institute of the Kola Science Centre, RAS*

# ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАРЬЕРОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ

Эволюцию разработки месторождений полезных ископаемых с точки зрения затрат человеческого физического и умственного труда можно разделить на три периода: 1) примитивного труда, 2) механизации или физического освобождения и 3) автоматизации или интеллектуального освобождения. Этим периодам соответствуют три уровня познания горного производства: эмпирический, аналитический и информационный.

Переход к третьему периоду, происходящий в настоящее время, завершится созданием в обозримой перспективе безлюдных технологий горного производства. Соответственно необходимым станет создание теории и методики проектирования карьеров третьего поколения.

***Ключевые слова*:** эволюция горного производства, поколения горных предприятий, рабочая сила, управление, безлюдная технология.

# MAIN PROBLEMS OF NEW GENERATION OPEN PIT MINES DESIGN

Mining evolution is divided on the three phases in terms of the physical and intellectual activity: 1) primitive, 2) mechanization or physical liberation, and 3) automation or intellectual liberation. These phases correspond to the three levels of the mining cognition: empiric, analytic, and information technology (IT).

The transition to the third phase is going now and it will be finished by unmanned mining technology creation in the foreseeable future. So the development of the third generation's mine design will be the important task.

***Key words*:** mining evolution, mine generations, manpower, management, unmanned technology.

Открытый способ разработки месторождений твердых полезных ископаемых преобладает в горной промышленности уже более полувека, и в перспективе его доля будет оставаться доминирующей наряду с относительным ростом объемов добычи подземным способом. Путь эволюционного развития, пройденный к настоящему времени открытыми горными работами, соответствует общему прогрессу науки и техники человечества, в том числе и горной промышленности в целом.

С позиций использования человеком своих физических и интеллектуальных ресурсов нами выделены следующие исторические этапы развития горного производства.

**Этап I**. Изначально горные работы физически осуществлялись на основе использования энергии мускульных усилий (человека и животных) с применением простых механических приспособлений (рычаг, клин, винт, ворот и др.). Большой удачей с энергетической точки зрения было наличие вблизи

горных разработок рек и ручьев. Это позволяло использовать потенциальную энергию водных потоков (сил гравитации) в промышленных целях путем устройства плотины и водяного колеса.

Происходило постепенное накопление человеком знаний о горном деле, причем они были преимущественно эмпирическими, т.е. приобретались опытом, чаще всего методом проб и ошибок. Человек применял исключительно свои интеллектуальные возможности для планирования и управления горными работами. Этот этап развития горного производства и открытых горных работ в частности можно назвать примитивным или ручным.

**Этап II.** Качественные перемены в горном деле начались с изобретением и развитием на рубеже XVIII-XIX вв. парового двигателя и машин, использовавших энергию пара. Именно для добычи полезных ископаемых достаточно широко стали применяться предшественники паровозов, грузовых вагонов и были придуманы деревянные, а потом и металлические рельсы. Достаточно широкое распространение получили экскаваторы с паровыми двигателями. Значительное повышение эффективности горных работ произошло в результате изобретения двигателей внутреннего сгорания, а в последующем и электрических двигателей. Основные горные машины, имевшие тот или иной привод, постепенно заменили тяжелый физический труд человека и животных.

Достижения фундаментальных наук в течение этого периода находили все более широкое применение непосредственно в горном производстве. Происходило накопление и развитие научных знаний собственно о процессах горного производства. Уровень знаний человека о горном деле в это время можно охарактеризовать, как аналитический.

Этот этап развития горного производства составил около 150 лет и длился примерно до середины XX в. Его можно назвать периодом механизации или физического освобождения, поскольку к его завершению доля ручного труда в горном производстве была доведена до минимальной величины. Однако интеллектуальная часть труда по проектированию горных предприятий, планированию горных работ и управлению всеми этими сложными процессами попрежнему полностью лежала на человеке.

**Этап III**. Как раз примерно в середине XX в. началась разработка и создание компьютеров или электронно-вычислительных машин. Их мощность и скорость обработки информации постепенно росли с переходом от электронных ламп к транзисторам, а потом и уже непосредственно к интегральным схемам. Наряду с непрекращающимся ростом мощности и скорости обработки информации значительно выросла надежность информационных технологий.

В период 60-70-х гг. прошлого века появились первые устройства для автоматизации некоторых элементов технологических процессов. Позднее, в 70-80-е гг. были разработаны автоматизированные системы управления (АСУ), а затем и системы управления технологическими процессами в целом (АСУ ТП). Переход в 80-е гг. к применению микропроцессорной техники позволил использовать различного рода контроллеры для непосредственного использования на производстве. Однако говорить о каком-либо целостном управлении, как отдельными автономно передвигающимися машинами, так и процессами в целом без участия человека, не приходилось. В середине 90-х гг. было констатировано появление феномена персональных вычислений. И появилось главное качественное изменение в умственном труде – интеллектуальные способности человечества увеличились массово. Каждый специалист (инженер, научный сотрудник и управленец) получил возможность резко повысить производительность своего интеллектуального труда.

Достижения информационных технологий сразу и непосредственно сказались на развитии горного производства. Поскольку карьеры изначально являются сложными системами, к ним широко применялись методы системного анализа. Но решение ряда проблем оказалось не под силу и им, поэтому плохо или совсем не формализуемые задачи получили свое решение только с при-

менением информационных технологий. Теперь путем целенаправленного перебора большого числа вариантов можно найти оптимальное решение любой задачи, разумеется, по выбранным человеком критериям.

В настоящее время человечество в целом находится в состоянии перехода к новому качеству жизни в связи с колоссальными достижениями в области информационных технологий. Если в этом смысле, в частности, рассматривать подземные и открытые горные работы, как способы разработки полезных ископаемых, то они явно переходят в новый этап своего развития, – период полной автоматизации или интеллектуального освобождения. Ориентировочно он будет более коротким, чем предыдущий, и займет примерно 70-80 лет.

Таким образом, карьеры нового третьего поколения* представляют собой технологические комплексы, в которых машинами заменены не только физические усилия человека, но и в значительной степени интеллектуальные. За счет широкого использования компьютерной техники многократно увеличились возможности человека по проектированию, планированию горных работ и управлению горным производством.

Известно, что основой технического прогресса и укрепления конкурентоспособности любой отрасли промышленности является непрерывное развитие наукоемких технологий. Технологическое оборудование для горной промышленности, разработанное в советское время, не во многом уступало зарубежному, если не брать во внимание номенклатуру горной техники. Переход на рыночную экономику, как, к сожалению, это получилось во многих отечественных отраслях промышленности, во многом способствовал значительному отставанию нашего горного машиностроения от мирового уровня. Причин тому, как очевидных, так и скрытых от глаз, – несколько. Основными из них стали практическая ликвидация ведомственной и обескровливание академической науки, реальное отсутствие поддержки, а порой и создание искусственных препятствий для развития отечественного горного машиностроения со стороны правительства РФ, результатом чего стало широкое применение импортного технологического оборудования. Ориентированная (по крайней мере, пока) на экспорт сырого минерального сырья Россия практически стала заложником возможных политических нестабильностей в ее отношениях с развитыми странами, производящими качественные горные и транспортные машины.

Главной и реальной целью ближайших лет в России должно стать «безлюдное горное производство». В таких рудниках или карьерах в качестве основного и вспомогательного рабочего оборудования должны работать только машины-роботы. Присутствие человека в карьере должно носить исключительно инспекционный характер, в том числе при аварийных ситуациях.

В качестве первого этапа вывода человека из опасных и вредных условий карьера может быть период применения дистанционного управления машинами, когда их операторы управляют ими из офиса или непосредственно из дома. На ряде подземных рудников за рубежом такая практика уже стала реальностью, операторы управляют, например, погрузо-доставочными машинами, работающими глубоко под землей, в том числе на расстоянии в сотни километров, из офиса рудника.

Разработка и внедрение в практику работы современных и проектируемых карьеров систем дистанционного управления карьерным оборудованием позволит значительно уменьшить количество людей, работающих во вредных и опасных условиях, и

---

* *Решетняк С.П.* Проблемы перехода к карьерам нового поколения // Проблемы открытой разработки глубоких карьеров: Тр. Междунар. симпозиума «Мирный-91». Удачный, 1991. С.153-157.

*Reshetnyak S.P.* The problems of transition to a new generation of careers // Problems of development of deep open pit: Proceedings of the International Symposium «World-HYDRATED-91. Udashnuj, 1991. P.153-157.

*Решетняк С.П.* Перспективы развития открытого способа разработки на основе эффективного применения информационных технологий // Открытые горные работы в XXI веке: Сб. мат. Междунар. науч.-практ. конф. Красноярск, 2011. С.207-213.

*Reshetnyak S.P.* Prospects of development of the open method of development based on the effective use of information technology // Open pit mining in the XXI century: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference. Krasnoyarsk, 2011. P.207-213.

соответственно повысить безопасность ведения горных работ. В настоящее время в России в соответствии с требованиями Единых правил безопасности дистанционно управляются только буровые станки при их наезде на первый ряд скважин взрывного блока.

На наш взгляд, уже сейчас дистанционно должны управляться экскаваторы и другое оборудование, работающее в опасных зонах под сдвоенными или строенными уступами, где возможны как их локальные деформации, так и падение отдельных камней с откосов. Работы по оборке высоких уступов целесообразно производить специальным скейлером, который также должен управляться дистанционно. Вышеотмеченные требования должны быть внесены в Единые правила безопасности при разработке месторождений полезных ископаемых.

К сожалению, отечественные машиностроители, выпускающие горную технику, пока только подступаются к оценке возможностей дистанционно управляемого оборудования, а о производстве горных машин, работающих совсем без операторов, похоже, что и не помышляют. Прогресс идет быстрыми темпами, и скоро безлюдное горное производство станет реальностью, по крайней мере, технически это достижимо уже в настоящее время.

Рассмотрим высказываемые идеи на примере промышленных тракторов. Необходимо уже сейчас реализовывать дистанционное управление, например, бульдозерами оператором, находящимся в офисе, где безопасно и комфортно. Следующим шагом должно стать создание полноценных бульдозеров-роботов. Такая техника может понадобиться не только для горной промышленности, но и для применения в иных экстремальных условиях (зоны бедствия, где очень опасно: наводнения, лесные пожары, угрозы оползней, камнепадов и прочих бед, включая радиоактивное, химическое или бактериологическое заражение местности). Вспомним, как мы оказались бессильны перед чернобыльской аварией.

Карьерный и рудничный транспорт продолжают оставаться наиболее опасным технологическим процессом горного производства. Одним из путей повышения безопасности на транспорте является разработка и внедрение самоуправляемых горных машин, в том числе карьерных автосамосвалов. При управлении такими автомобилями предлагается задействовать исключительно систему спутниковой навигации. Конечно, не простую, а особую навигационную программу, которая способна определять точность положения автомобиля с ошибкой не более первых сантиметров.

Специалисты Стэнфордского университета (США) довольно успешно разрабатывают систему управления автономным автомобилем на основе системы навигации GPS, отказавшись от использования лидаров или иной подобной техники. Кроме того, интенсивно развиваются программы применения автомобилей без водителей в сложных городских условиях.

Точные карты карьерных (и рудничных) трасс и упомянутая система спутниковой навигации позволят автосамосвалам с ювелирной точностью проходить сложные виражи на предельной скорости. Возможно увеличение средней скорости движения карьерных автосамосвалов до 30-40 км/ч. На автомобиле должны быть установлены компьютеры, которыми рассчитываются оптимальные траектории входа и выхода из поворотов, а также – гироскоп, отслеживающий положения автомобиля по трем плоскостям. На основе исходных данных система управления постоянно оценивает текущее положение автомобиля, сравнивает его с картой трассы и прогнозирует дальнейшее движение машины. Особое внимание необходимо уделять сохранению стабильности при движении карьерного автосамосвала, поскольку движение происходит по дорогам с поперечными и продольными уклонами. Выдаются соответствующие команды сервоприводам для необходимого поворота рулевого колеса, нажатия педали газа или тормоза. В перспективе такие автомобили могут и совсем не иметь ручных органов управления (рулевого колеса, педалей и прочих тумблеров и кнопок).

Разумеется, в систему управления должен входить блок, который исключает

столкновения автомобилей и наезды их на препятствия. В необходимых случаях уполномоченные специалисты могут дать дистанционную команду на остановку отдельных машин или всего комплекта оборудования. Бортовые компьютеры, установленные на горно-транспортном оборудовании, в этом случае должны обеспечить безопасное прекращение движения.

Промышленные эксперименты по применению карьерных автосамосвалов фирмы Катерпиллер без водителей начались в штате Техас в конце 80-х гг. прошлого века на модели Cat785 и в 1994 г. на двух машинах Cat777. Самосвал HD-785 фирмы Комацу грузоподъемностью 77 т был испытан на одном из карьеров еще в 1992 г. Имеются конкретные примеры современных испытаний и опытно-промышленной эксплуатации автономных карьерных самосвалов Комацу (грузоподъемность 290 т) и Катерпиллер (грузоподъемность 218 т) в Чили и Западной Австралии. Катерпиллер работает над превращением в робота своего самого мощного самосвала CAT797 грузоподъемностью 363 т. Автономными самосвалами регулярно с 2009 года вывозятся из карьеров десятки миллионов тонн горной массы в год.

Затраты на переделку автосамосвалов относительно невелики, а эффекты весьма значительны. Помимо роста уровня безопасности, средняя скорость движения и, следовательно, производительности автономных автосамосвалов вдвое выше, чем для машин с водителями. Технологии, подобные предлагаемой, уже не первый год находится в разработках для военных и общегражданских целей, но не применяются на наших горных предприятиях.

В настоящее время стало необходимым создание крупных отечественных или международных (но с обязательным значимым участием российского капитала) машиностроительных корпораций, объединяющих в рамках одной компании производство всего комплекта карьерного оборудования (широкие линейки буровых станков, экскаваторов и автосамосвалов). За рубежом такая тенденция отмечается в течение последних 10-15 лет. В России только ООО «ИЗ-КАРТЭКС» (Ижорский завод) наряду с разработкой новой линейки карьерных экскаваторов пытается наладить производство шарошечных буровых станков. Отметим в очередной раз, что в России нет ни одного завода по производству карьерных автосамосвалов.

Большинство выводов, сделанных в настоящей работе, можно впрямую распространить и на подземный способ разработки полезных ископаемых. Но автор, как специалист в области открытых горных работ, счел целесообразным проиллюстрировать свои выводы на конкретном примере открытого способа разработки.

Резюмируя все вышесказанное, можно утверждать, что необходима разработка, финансирование и выполнение федеральной научно-исследовательской программы в области роботизированной техники и основанной на ней технологии горных работ. Выполнение программы позволит отечественному горному оборудованию, а, следовательно, и технологиям горных работ находиться на необходимом передовом уровне. Соответственно, применение автономных технологий потребует разработки новой методики проектирования таких карьеров, карьеров третьего поколения.