

ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ ГОРНЫХ МАШИН – МИФ ИЛИ РЕАЛЬНОСТЬ?

Кононенко М.Н., к.т.н., доц., НТУ «Днепровская политехника», Украина
Проанализирован опыт крупных компаний-производителей, разрабатывающих и внедряющих новейшую технику на ведущих рудниках мира. Раскрыты аспекты использования различных типов буровых и погрузочных машин в современных условиях автоматизации и компьютеризации производства. Очерчены условия реализации ресурсосбережения при подключении парка горных машин к сети «забой-шахта-машиностроительная компания».

Введение

Современный этап развития горнодобывающей промышленности многих стран мира характеризуется концентрацией производства и усовершенствованием существующих технологий добычи, прежде всего за счет использования новейшей техники. Эффективное воплощение прогрессивных технологических решений возможно при использовании современных горных машин. Ведущие производители и большое количество малых фирм намерены разрабатывать проекты новых технологий, которые принесут реальную выгоду добывающим компаниям. Горные машины, которые с минимальным контролем или самостоятельно могут выполнять работы, считаются близкой перспективой горнорудной промышленности мира. Среди лидеров в области горного машиностроения считаются компании «Sandvik» (Финляндия) и «Atlas Copco» (Швеция).

Общая часть

Основным направлением решения технологических проблем, актуальных для горных областей разных стран, является внедрение высокоэффективного автоматизированного горного оборудования. Сегодня разрабатывается много проектов по автоматизации шахт, которые берут за основу обширное использование коммуникационной широкополосной сети. Внедрение таких технологий приведет к дистанционному управлению горными работами – рабочее место подземного рабочего сможет состоять из стула с несколькими джойстиком и большого цветного монитора. Последние нововведения в процессах погрузки и транспортировки могут значительно уменьшать эксплуатационные расходы при подземной добыче руды. Однако еще существует большой потенциал в развитии бурения и зарядания скважин или шпуров. Затраты ресурсов от неэффективного бурения и взрывания зарядов очень велики, поскольку увеличиваются затраты взрывных материалов и средств инициирования. Существующий уровень совершенствования подземного бурения способны реализовать современные машины, которые могут повысить производительность.

Сегодня большинство главных усовершенствований в подземном технологическом и разведочном бурении связано с гидравлическими перфораторами, хотя пневматическое оборудование все еще используется на некоторых шахтах Южной Африки. Следует также отметить, что разработка гидравлического ударника «Wassara» продолжается в «Sandvik» с

испытаниями, проводимыми в Канаде. Кроме «Atlas Copco» и «Sandvik» в направлении подземного бурения есть также другие активные разработчики и производители, которые создают и предлагают конкурентоспособные буровые установки, также заслуживают всестороннего изучения. Существует три основных направления совершенствования технологии бурения и применения буровых установок. Это использование более мощных перфораторов, модернизация буровых установок, разработка и установка современного электронного управления процессами бурения. Сложное оснащение аппаратурой гарантирует точное расположение скважин и шпуров, лучшее бурение и более эффективное использование мощностей перфораторов.

С последними буровыми установками цифрового управления операции могут производиться автоматически и обустройство забоя осуществляется с использованием информации от РСМ-карты, которая программируется заранее на поверхности. Несмотря на дополнительную электронику, эти буровые установки при покупке ненамного дороже, чем установки непосредственного наведения, тогда как высокая эффективность и более низкое содержание означают, что они быстро окупят себя. С целью объединения всей техники в одно целое и при включении в проект нескольких производителей бурового оборудования необходимо обеспечение гарантий на электронную совместимость ее элементов. Это позволяет горнодобывающим предприятиям подключать парки оборудования в общую систему программной поддержки и дает возможность каждой технологической единице подавать данные. Следовательно, первоочередной задачей руководителей и владельцев горнорудных предприятий является удачное распоряжение средствами, а именно точный подбор парка машин буровой и погрузочной техники, которая в дальнейшем будут совместима друг с другом, и могла бы компоноваться в общешахтную электронную сеть.

Simba M-4C – первая в ряду новых промышленных установок, установленных фирмой «Rocket Boomer models», типа M-2C и L-2C, которые введены в конце 1990-х. Сначала Simba пыталась выпустить промежуточную модель M-4C, а сейчас выпускают M-2C, M-BC, L-3C, M-6C, L-6C, M-7C с целью формирования линии из семи моделей. Средство управления типа CAN-BUS на этих буровых установках помогает максимизировать производительность и уменьшает требования к техническому обслуживанию, тогда как расширяется система управления буровым станком, что позволяет автоматически оперировать в течение коротких периодов. Более удачное размещение инструмента и лучшее его забуривание зависят от пропорциональной гидравлики, которая предотвращает утечки масла. Обширной возможностью предложений располагает Simba благодаря широкому ассортименту с большим отбором толкостей в заказах. Они оснащены водяным орошением для бурения нижних шпуров, различные конфигурации внешнего интерфейса и гидравлических двигателей и перфораторов COP-1838 или COP-4050, равно как и более раннего COP-1238 системы ИТН.

«Sandvik» полностью модифицировала подземный ассортимент по бурению разработками типа DD (Axera) установками Solo-200-Series. Буровые установки

типа DL (Solo) предлагаются в С и F вариантах и идут с выбором трех моделей перфораторов HL700LH, HL1000S и HL1500LH для скважин диаметром 64–127 мм. Сложные из этих буровых установок – Data, которые могут работать без оператора в течение перерывов или пересмен, с целью повышения общешахтной производительности. Система TMS с точным управлением способствует измерению угла и глубины шпуров, тогда как другие машины могут оснащаться еще и плавным управлением механической скорости бурения, защитой от помех, наличием устройств промывки, воздушным орошением аэрозолем т.д. Поскольку расположение гидравлики децентрализовано, ведущие специалисты фирмы говорят, что промывка струей минимизирована и это улучшает доступ к пунктам обслуживания и делает машину простой в конструктивном исполнении и ремонте. Проблема с обслуживанием усовершенствована благодаря встроенной диагностике, становится общей для новых типов оборудования на рынке. Тогда как большинство технологических изменений было разработано для гидравлического бурения, пневматическое оборудование все еще используется во всем мире. Ручное пневматическое бурение – главный метод в Южной Африке, но он также используется на некоторых шахтах Австралии, Канады, России и Украины. Пневматические буровые установки все еще производят в «Sandvik». Время от времени пневматические установки изготавливаются по специальным заказам России.

Самоходные передвижения от забоя к забою – особо важная функция для буровых установок, которые должны перемещаться на большие расстояния намного чаще, чем другие горные машины. Поэтому некоторые из современных буровых установок типа M/L фирмы «Atlas Copco» и DD (Axera) «Sandvik» специально спроектированы с учетом этого фактора. Оба производителя сосредоточили внимание на переносе центра тяжести, приблизив ее к середине установки и настолько низко, насколько возможно, что привело к новым особенностям конструкции. Наиболее существенной из них является подвешивание рабочей платформы вместе с гидравлической системой, адаптированной к Axera D-06 и новой D-05 в «Sandvik». Обустройство кабин на буровых установках частично привело к получению прямых преимуществ в рабочей зоне бурения. Основным положительным результатом, это комфортные условия для оператора, хотя там есть и некоторые преимущества по безопасности, что также очень хорошо. Оператор буровой установки получает улучшение условий труда от снижения негативного влияния звука, путем изоляции шума, вызванного процессом бурения, равно как и от кондиционирования воздуха с целью устранения влияния высоких температур и повышенной влажности воздуха на многих глубоких шахтах мира. Не все действия выполняются с использованием буровых установок с кабинами, хотя существуют различные типы машин с навесами, которые все еще популярны на главных мировых рынках, таких как Южная Африка, Латинская Америка и Австралия.

Современная технология продолжает приносить последовательные усовершенствования при выполнении работ по бурению в условиях

улучшенной надежности, уменьшенной потери времени и большей скорости бурения. Сложная электроника может непрерывно контролировать работу установок, а также фиксировать повреждения, происходящие в них. Если возникают проблемы, автоматическая сигнализация может предупредить оператора или обслуживающий персонал и даже остановить установку в случае существенной неисправности. Учитывая изложенное, основным преимуществом возможностей оборудования является точное бурение. Компьютерный контроль, предложенный ведущими производителями, помогает уменьшить ошибки в процессе работы, также сократить время на выполнение задания. Благодаря повышению уровня точности, компьютерный контроль помогает оптимизировать процесс взрывания, что уменьшает количество лишних шпуров для забоя. Уменьшение количества взрывчатых веществ, необходимых для каждого взрыва, является одним из факторов более рационального бурения. Сложная модель бурения контролируется буровой установкой, улучшает разработку большинства пакетов программного обеспечения для оптимизации каждого следующего цикла. В сочетании с уменьшенным отклонением скважин это приводит к увеличению эффективности взрывания до трех раз.

Современные электронные буровые полуавтоматические установки имеют много других преимуществ. Шахты «LKAB's Kiruna» и «Maimberget» operations на севере Швеции еще несколько лет назад начали испытания полуавтоматических буровых установок и используют их при бурении эксплуатационных скважин. Эти установки управляются оператором дистанционно с другой части шахты. Сам же оператор отвечает за несколько машин одновременно. Технологии, позволяющие проводить такого рода работы, получают все большее распространение на многих шахтах, которые начинают внедрять похожее оборудование и получать повышенную эффективность. Увязывание полуавтоматических буровых установок с общешахтной системой управления, включающей шахтные вагонетки, рельсовые пути и дробилки, приводит к повышению эффективности производства в целом. Данные от современных электронных буровых установок могут быть представлены в шахтную систему управления с тем, чтобы информация об их состоянии, объемы выполнения и возможности могли быть прослежены более точно, чем когда-либо прежде. Пристальное наблюдение за обслуживанием, поддержкой и ремонтом оборудования может даже позволить некоторым современным шахтам уменьшить общий объем парка оборудования, тем самым уменьшив затраты на их содержание [1-78].

Выводы

1. Современное развитие систем автоматизации, компьютерной техники и программного обеспечения все чаще используется в горном машиностроении. Разнообразие горно-геологических условий подземной разработки месторождений руд цветных и черных металлов во многих странах мира требует применения современного высокопроизводительного, экономичного и совместимого оборудования. Одними из лидеров и законодателей спроса на

современном рынке горного машиностроения появились шведская «Atlas Copco» и финская «Sandvik» компании, создающие горное оборудование с возможностью дальнейшего объединения к сетям «забой – шахта – машиностроительная компания».

2. Как показывает практика, последние разработки буровой и погрузочной техники этих компаний применяются на шахтах и рудниках многих стран мира, таких как Канада, Южная Африка, Латинская Америка, Австралия, Польша, Россия и Украина. Основным современным направлением совершенствования горного оборудования компаний «Atlas Copco» и «Sandvik» является применение на буровых установках и погрузочных машинах компьютерной техники и программного обеспечения. В скором будущем применение прогрессивного горного оборудования при подземной разработке рудных месторождений Украины позволит повысить производительность труда, уменьшить травматизм рабочих и обеспечить внедрение безлюдной технологии добычи рудных полезных ископаемых в нашей стране.

References

1. Скорняков, Ю.Г. (1978). Системы разработки и комплексы самоходных машин при подземной добыче руд. М.: Недра.
2. Донченко, А.С., Донченко, В.А., & Соснин, А.А. (1978). Справочник механика рудной шахты. М.: Недра.
3. Нанаева, Г.Г., & Нанаев, А.И. (1982). Горные машины и комплексы для добычи руд. М.: Недра.
4. Яцких, В.Г., Спектор, Л.А., & Кучерявый, А.Г. (1984). Горные машины и комплексы. М.: Недра.
5. Скорняков, Ю.Г. (1986). Подземная добыча руд комплексами самоходных машин. М.: Недра.
6. Борисенко, С.Г. (1987). Технология подземной разработки рудных месторождений. К.: Вища школа.
7. Донченко, А.С., Донченко, В.А., & Соснин, А.А. (1991). Справочник механика рудной шахты. Кн. 1. М.: Недра.
8. Сафохин, М.С., Александров, Б.А., & Нестеров, В.И. (1995). Горные машины и оборудование. М.: Недра.
9. Steele, J., Debrunner, C., Vincent, T., & Whitehorn, M. (2001). Developing stereovision and 3D modelling for LHD automation. In 6th International Symposium on Mine Mechanization and Automation, South African Institute of Mining and Metallurgy.
10. Колоколов, О.В., Хоменко, О.Е., & Бондарев, В.Б. (2001). К обоснованию рациональной отработки законсервированных запасов подземного Кривбасса. Науковий вісник НГА України, (1), 7-10.
11. Whitehorn, M., Vincent, T., Debrunner, C. H., & Steele, J. (2003). Stereo vision in LHD automation. IEEE Transactions on Industry Applications, 39(1), 21-29.

12. Хоменко, О.Є., & Кононенко, М.М. (2003). До обґрунтування технології кріплення нарізних виробок в умовах ЗАТ «Запорізький ЗРК». Науковий вісник НГУ, (7), 15-17.

13. Хоменко, О.Є., Дичковський, Р.О., & Григор'єв, С.П. (2004). Німецький досвід удосконалення виконавчих органів прохідницьких та очисних комбайнів. Збірник наукових праць НГУ, (19), 250-254.

14. Хоменко, О., Русских, В., Нетеча, М., Кононенко, М., & Долгий, А. (2004). Синергетический подход в исследовании производственных процессов при добыче руд подземным способом. Науковий вісник НГУ, (7), 3-5.

15. Хоменко, О.Є., Кононенко, М.М., & Мальцев, Д. В. (2005). Огляд світового ринку бурової та навантажувальної техніки для розробки рудних родовищ. Науковий вісник НГУ, (12), 5-7.

16. Хоменко, О., Кононенко, М., & Мальцев, Д. (2005). Крепление подготовительных выработок вблизи выработанного пространства железорудной шахты. Науковий вісник НГУ, (3), 5-7.

17. Бондаренко, В.И., Хоменко, О.Е., & Кононенко, М.Н. (2005). Технология крепления подготовительных выработок в условиях Южно-Белозерского железорудного месторождения. Науковий вісник НГУ, (8), 3-6.

18. Хоменко, О.Є., Кононенко, М.М., & Долгий, О.А. (2006). Досвід використання бурового, навантажувального та допоміжного обладнання на рудних шахтах світу. Науковий вісник НГУ, (1), 18-21.

19. Хоменко, О., Владыко, А. & Кононенко, М. (2006). Пути ресурсосбережения при добыче железных и урановых руд в Украине. Форум гірників (pp. 122-124). Д.: НГУ.

20. Хоменко, О.Е., & Мальцев, Д.В. (2007). Ресурсосберегающая технология буровзрывных работ в условиях Ватутинского урановорудного месторождения. Науковий вісник НГУ, (1), 13-16.

21. Кононенко, М., & Мальцев, Д. (2008). Усовершенствование технологии очистных работ во вторичных камерах в условиях Южно-Белозерского месторождения. Науковий вісник НГУ, (4), 32-35.

22. Larsson, J., Appelgren, J., Marshall, J., & Barfoot, T. (2008). Atlas Copco infrastructureless guidance system for high-speed autonomous underground tramming. In Proceedings of international conference and exhibition on mass mining (pp. 585-594).

23. Marshall, J., Barfoot, T., & Larsson, J. (2008). Autonomous underground tramming for center-articulated vehicles. Journal of Field Robotics, 25(6-7), 400-421.

24. Кононенко, М.М. (2009). Технологія кріплення бурових виробок у зонах впливу очисних камер. Геотехническая механика, 1(81), 127-133

25. Хоменко, О., Кононенко, М., & Мальцев, Д. (2010). Гірниче обладнання для підземної розробки рудних родовищ. Д.: НГУ.

26. Kononenko, M., & Khomenko, O. (2010). Technology of support of workings near to extraction chambers. *New Techniques And Technologies In Mining*, 193-197.
27. Хоменко, О.Е., & Кононенко, М.Н. (2010). Технология крепления выработок для камерных систем разработки с закладкой. Д.: НГУ.
28. Кононенко, М. (2010). Технология крепления выработок вблизи очистных камер. *Форум гірників* (pp. 216-220). Д.: НГУ.
29. Larsson, J., Broxvall, M., & Saffiotti, A. (2010). An evaluation of local autonomy applied to teleoperated vehicles in underground mines. In *Robotics and Automation (ICRA), IEEE International Conference on* (pp. 1745-1752).
30. Khomenko, O., & Rudakov, D. (2010). The first Ukrainian corporative university. *New techniques and technologies in mining*, 203-206.
31. Хоменко, О., Кононенко, М., Владыко, А., & Мальцев, Д. (2011). Горнорудное дело Украины в сети Интернет. Д.: НГУ.
32. Khomenko, O., Rudakov, D., & Kononenko, M. (2011). Automation of drill and blast design. *Technical And Geoinformational Systems In Mining*, 271-275.
33. Хоменко, О., Кононенко, М., & Мальцев, Д. (2011). Горное оборудование для подземной разработки рудных месторождений. Д.: НГУ.
34. Хоменко, О., Рудаков, Д. & Кононенко, М. (2011). Автоматизация проектирования паспортов буровзрывных работ путем оптимизации размещения шпуров. *Форум гірників* (pp. 39-43). Д.: НГУ.
35. Табаченко, М., Владыко, О., Хоменко, О., Мальцев, Д. (2012). Фізико-хімічна геотехнологія. Д.: НГУ.
36. Владыко, А., Кононенко, М., & Литвинюк, Е. (2012). Имитационное моделирование работы проходческого оборудования при проведении горных выработок. *Школа підземної розробки* (pp. 284-293). Д.: НГУ.
37. Табаченко, М.М., Дичковський, Р.О., Фальштинський, В.С., В.Ю.Медяник, & Руських, В.В. (2012). Довідник з гірничого обладнання дільниць вугільних і сланцевих шахт. Д.: НГУ.
38. Zhanchiv, B., & Tsendzhav, L. (2013). Substantiation of Mining Parameters of Mongolia Uranium Deposits. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (4), 28-35.
39. Кононенко, М., Хоменко, О., & Усатий, В. (2013). Вибір і розрахунок систем підземної розробки рудних родовищ. Д.: НГУ.
40. Khomenko, O., Kononenko, M., & Myronova, I. (2013). Blasting works technology to decrease an emission of harmful matters into the mine atmosphere. *Mining of Mineral Deposits*, 231-235.
41. Горова, А.І., Колесник, В.Є., Миронова, І.Г. (2014). Підвищення рівня екологічної безпеки при видобутку залізних руд підземним способом. *Розробка родовищ*, 8(4), 473-479.

42. Симанович, Г., Хоменко, О., & Кононенко, М. (2014). Руйнування гірських порід вибухом. Д.: НГУ.

43. Горовая, А.И., Миронова, И.Г., Кононенко, М.Н., & Павличенко, А.В. (2014). Технология повышения экологической безопасности при добыче железных руд подземным способом. Д.: Литограф.

44. Хорольский, А.А., Гринев, В.Г., & Сынков, В.Г. (2015). Рациональный выбор состава механизированных комплексов в условиях эксплуатации забоев Донбасса. Форум гірників (pp. 58-68). Д.: НГУ.

45. Хоменко, О., Кононенко, М., & Зубко, С. (2015). Процессы при подземной разработке рудных месторождений. Д.: НГУ.

46. Хорольский, А.А., Гринев, В.Г., & Сынков, В.Г. (2015). Рациональный выбор очистного оборудования для шахт Донбасса. Вісті Донецького гірничого інституту, (1-2), 130-136.

47. Хоменко, О., & Кононенко, М. (2016). Вскрытие и подготовка рудных месторождений при подземной разработке. Д.: НГУ.

48. Сынков, В.Г., Гринев, В.Г., & Хорольский, А.А. (2016). Оценка уровня взаимосвязи очистного оборудования в составе механизированного комплекса. Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка, (1), 124-131.

49. Хорольский, А. А., Гринев, В. Г., & Сынков, В. Г. (2016). Совершенствование технологии механизированной добычи угля на основе рационального выбора комплектаций очистного оборудования. Форум гірників (pp. 158-167). Д.: НГУ.

50. Хоменко, О.Є. (2016). Геоэнергетика подземной разработки рудных месторождений. Д.: НГУ.

51. Хорольский, А.О., Гринев, В.Г., & Сынков, В.Г. (2016). Выбор комплексов горно-шахтного оборудования на основе теории графов. Вісник Національного технічного університету України Київський політехнічний інститут. Серія: Гірництво, (31), 57-64.

52. Сынков, В.Г., Гринев, В.Г., & Хорольский, А.А. (2016). Применение базовых алгоритмов оптимизации для выбора очистного оборудования. Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка, (2), 117-124.

53. Хорольский, А.А., Гринев, В.Г., & Сынков, В.Г. (2016). Обоснование возможности применения классической теории графов для выбора комплексов горного оборудования. Современные инновационные технологии подготовки инженерных кадров для горной промышленности и транспорта, (3), 57-64.

54. Khomenko, O., Kononenko, M., & Astafiev, D. (2017). Effectiveness of geo-energy usage during underground mining of deposits. Advanced Engineering Forum, (22), 100-106.

55. Kononenko, M., Khomenko, O., & Astafiev, D. (2017). New classification of ore deposits mining methods. *Advanced Engineering Forum*, (25), 71-79.

56. Хорольський, А.О., & Гриньов, В.Г. (2017). Системні принципи та оціночний критерій надійності при оптимізації технологічних схем вугільних родовищ. *Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія: Технічні науки*, (2 (80) Т. 1), 225-233.

57. Khomenko, O., Kononenko, M., & Myronova, I. (2017). Ecological and technological aspects of iron-ore underground mining. *Mining of Mineral Deposits*, 11(2), 59-67.

58. Хорольський, А.О., Гриньов, В.Г., & Каліущенко, О.П. (2017). Вдосконалення структури технологічних ланцюжків очисного обладнання на основі оптимізації мережевих моделей. *Форум гірників* (pp. 55-62). Д.: НГУ.

59. Хоменко, О.Е., Кононенко, М.Н., Миронова, И.Г., Юрченко, К.О. (2017). Пути снижения техногенной нагрузки на горнодобывающие регионы Украины. *Збірник наукових праць НГУ*, (51), 77-83.

60. Хорольський, А.А. (2017). Исследование структуры горно-шахтного оборудования с применением графов и сетевых моделей. *Матеріали міжнародної конференції «Сучасні інноваційні технології підготовки інженерних кадрів для гірничої промисловості і транспорту*, 17-18.

61. Хоменко, О.Е., & Ляшенко, В.И. (2017). Повышение безопасности добычи руд на основе использования геоэнергии. *Безопасность труда в промышленности*, (7), 18-24.

62. Khomenko, O., Tsendjav, L., Kononenko, M., & Janchiv, B. (2017). Nuclear-and-fuel power industry of Ukraine: production, science, education. *Mining of Mineral Deposits*, 11(4), 86-95.

63. Хоменко, О.Е., & Ляшенко, В.И. (2017). Геоэнергетические основы подземной разработки рудных месторождений. *Известия высших учебных заведений. Горный журнал*, (8), 10-18.

64. Хорольський, А.А., & Гринев, В.Г. (2017). Сетевые модели как инструмент повышения организационно-технологической надежности производства. *Инновационные технологии в образовании, науке и производстве*. Минск: БНТУ.

65. Хоменко, О.Е. (2018). *Украинский ядерный университет*.

66. Хоменко, О.Е., Кононенко, М.Н., & Ляшенко, В.И. (2018). Повышение безопасности горно-подготовительных работ на рудных шахтах. *Безопасность труда в промышленности*, (5), 53-59.

67. Кононенко, М.Н. (2018). *Современная техника на рудниках мира*.

68. Khomenko, O., Kononenko, M., Myronova, I., & Sudakov, A. (2018). Increasing ecological safety during underground mining of iron-ore deposits. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, (2), 29-38.

69. Хоменко, О.Е., Кононенко, М.Н., & Ляшенко В.И. (2018). Повышение безопасности горно-подготовительных работ на рудных шахтах. Безопасность труда в промышленности, (5), 53-59.

70. Хоменко, О.Е., Кононенко, М.Н., & Ляшенко, В.И. (2018). Эволюция принципов поддержания подземных выработок. Збірник наукових праць НГУ, (53), 113-127.

71. Khomenko, O., Kononenko, M., & Bilegsaikhan, J. (2018). Classification of Theories about Rock Pressure. Solid State Phenomena, 277, 157-167.

72. Хоменко, О.Е., & Кононенко, М.Н. (2018). Безопасная разработка декоративных джеспилитов в энергетически нарушенных горных массивах¹. Безопасность труда в промышленности, (8), 15-23.

73. Khomenko, O., Kononenko, M., Kovalenko, I., & Astafiev, D. (2018). Self-regulating roof-bolting with the rock pressure energy use. E3S Web Of Conferences, 60, 00009.

74. Хоменко, О.Е., Кононенко, М.Н., & Дронов, А.П. (2018). Рационализация бурения глубоких скважин в условиях ЧАО «Запорожский ЖРК». Физико-технические проблемы горного производства, (20), 103-112.

75. Хоменко, О.Є., Кононенко, М.М., & Савченко, М.В. (2018). Технологія підземної розробки рудних родовищ.

76. Хоменко, О.Е., & Ляшенко, В.И. (2018). Ресурсосберегающие технологии добычи руд на больших глубинах. Известия высших учебных заведений. Горный журнал, (8), 23-33.

77. Kononenko, M., Khomenko, O., & Myronova, I. (2018). Parameters of drilling-and-blasting operations for the use emulsion ex-plosives. In Materials of the internatijnal scientific and practical conference «Physical & Chemical Geotechnologies» (pp. 39-40). Dnipro.

78. Khomenko, O., & Kononenko, M. (2018). Geo-energetics of Ukrainian Shield. In Materials of the internatijnal scientific and practical conference «Physical & Chemical Geotechnologies» (pp. 65-66). Dnipro.