

ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ ПРИ ОТРАБОТКЕ УГЛЕНАСЫЩЕННЫХ ЗОН НА РАЗРЕЗАХ КУЗБАССА

Л.И. Кантович¹, О.И. Литвин², А.А. Хорешок², Е.А. Тюленева²

¹ НИТУ «МИСиС», Москва, Россия, e-mail: kantovich70@yandex.ru,

² КузГТУ им. Т.Ф. Горбачева, Москва, Россия

Аннотация: Преимущества гидравлических лопат и, в частности, экскаваторов с оборудованием обратной лопаты, заключаются в независимости от стационарных источников энергоснабжения, мобильности, более высокой технологичности при производстве вскрышных и добычных работ, более высокой эксплуатационной производительности. Для разрезов Кузбасса, которые обрабатывают угольные месторождения со сложными горно-геологическими условиями, эти преимущества имеют большое значение. Ведение выемочно-погрузочных работ, в частности, в зоне залегания наклонных угольных пластов, усложняется вследствие ограничения высоты уступа высотой прочерпывания контакта «порода-уголь» как экскаваторами «мехлопата», так и гидравлическими экскаваторами. При ведении горных работ в сложных условиях (изменчивость мощности и угла залегания пластов, многочисленные пликативные и дизъюнктивные нарушения) особенно остро встает вопрос о целесообразности применения того или иного вида оборудования в конкретных горно-геологических условиях. Даны некоторые результаты количественного и качественного сравнения различных видов выемочно-погрузочного оборудования и обозначены перспективы дальнейших исследований.

Ключевые слова: мехлопаты, гидравлические лопаты, открытые горные работы, сложно-структурные угольные месторождения, технологические схемы, выбор выемочно-погрузочного оборудования.

Для цитирования: Кантович Л. И., Литвин О. И., Хорешок А. А., Тюленева Е. А. Опыт и перспективы применения гидравлических экскаваторов при отработке угленасыщенных зон на разрезах Кузбасса // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2019. – № 4. – С. 152–160. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-04-0-152-160.

Hydraulic excavators in coal-rich zones of open pit mines in Kuzbass: Experience and prospects

L.I. Kantovich, O.I. Litvin, A.A. Khoreshok, E.A. Tyuleneva

¹ National University of Science and Technology «MISIS», Moscow, Russia,
e-mail: kantovich70@yandex.ru,

² Kuzbass State Technical University named after T. Gorbachev, Kemerovo, Russia

Abstract: In recent years, countries with developed mining industry have actually passed from mechanical shoveling to more productive and advanced hydraulic excavation equipment which improves overall efficiency of open pit mining. An alternative to morally obsolete shovels in open pit mines under operation and construction is hydraulic excavators with working mass of 500 t and

© Л.И. Кантович, О.И. Литвин, А.А. Хорешок, Е.А. Тюленева. 2019.

more. The main advantages of hydraulic excavators, in particular, backhoe excavators, are freedom from stationary power sources, mobility, higher technological effectiveness both in stripping and extraction, and enhanced working capacity. For surface coal mines operating in complicated geological conditions in Kuzbass, the listed advantages are of concern. Excavation and loading in a zone of inclined coal seams is difficult as a bench height is limited by the height of dirt-coal interfaces digging both with power shovels and hydraulic excavators. In mining in complicated conditions (variable thickness and angle of occurrence of coal seams, multiple folds and disjunctions), it is of prime importance to select equipment effectually. This article presents some results of the quantitative and qualitative comparison of some excavation and loading machinery types and shows prospects for further research.

Key words: power shovels, hydraulic excavators, open pit mining, complex-structure coal deposits, process flow sheets, excavation and loading equipment selection.

For citation: Kantovich L. I., Litvin O. I., Khoreshok A. A., Tyuleneva E. A. Hydraulic excavators in coal-rich zones of open pit mines in Kuzbass: Experience and prospects. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2019;4:152-160. [In Russ]. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-04-0-152-160.

Введение

Обновление оборудования в крупных угледобывающих холдингах, например, в ОАО УК «Кузбассразрезголь», является частью долгосрочной программы технического перевооружения угледобывающих предприятий, действующей в настоящее время в компании, и направленной на увеличение объемов добычи угля более высокого качества. Количество вскрышных экскаваторно-автомобильных комплексов на базе обратных гидравлических лопат с геометрической вместимостью ковша более 4 м³ на конец 2015 г. составляло более 50. За этот год ими было отгружено и вывезено свыше ста миллионов кубометров горной массы. В ближайшие годы количество гидравлических лопат предполагается значительно увеличить, при этом средняя вместимость ковша составит более 14 м³.

Будучи относительно новым видом выемочного оборудования, обратные гидравлические экскаваторы требуют адаптации для условий разрезов Кузбасса в части обоснования рациональных технологических параметров в составе экскаваторно-автомобильных комплексов. При разработке скальных пород первоначальным и основным звеном технологической цепи является подготовка пород взрывом, которая в значительной

степени предопределяет технико-экономические показатели всех последующих технологических процессов, включая качество добываемого сырья. Взрывание вскрышных пород производится с целью их рыхления и подготовки к выемочным работам. Параметры буровзрывных работ при этом выбираются таким образом, чтобы обеспечивались минимальные затраты на бурение, взрывчатые материалы и экскавацию с учетом ограничений, связанных с безопасностью ведения взрывных работ и параметрами системы разработки.

Материалы и методы

В настоящее время на угледобывающих предприятиях Кузбасса имеются научно обоснованные и утвержденные нормативы удельных расходов ВВ для преобладавших типов одноковшовых экскаваторов — карьерных механических лопат (ЭКГ) и шагающих экскаваторов (ЭШ). Для обратных гидравлических лопат, доля которых в ближайшее время, как было уже сказано, значительно увеличится, такие рекомендации отсутствуют. Диаметр взрывных скважин является вторым по значимости технологическим параметром после удельного расхода взрывчатого вещества (ВВ), который влияет на качество дробления горной массы

при ее подготовке к экскавации на разрезах.

Экскаваторы типа обратной гидравлической лопаты (ЭГО), которые в настоящее время находят широкое применение на разрезах, более чувствительны к качеству взрывной подготовки горной массы по сравнению с прямыми механическими лопатами (ЭКГ). Поэтому имеющиеся рекомендации по выбору рациональных значений диаметра взрывных скважин не могут быть автоматически перенесены с экскаваторов ЭКГ на экскаваторы ЭГО. При обосновании типоразмеров буровых станков и, соответственно, диаметра скважин часто ориентируются на производительность станков по обуренной горной массе, которая возрастает по мере увеличения мощности и диаметра бурового инструмента. Именно поэтому на разрезах Кузбасса наряду с наиболее распространенным диаметром бурения 216 мм стали появляться станки для бурения взрывных скважин диаметром 240, 270 и даже 320 мм.

Учитывая тот факт, что для экскаваторов ЭГО требуется более качественная подготовка взорванной горной массы, высокую значимость такого параметра буровзрывных работ, как диаметр взрывных скважин, а также отсутствие в настоящее время соответствующих рекомендаций, автором выполнены исследования технико-экономических показателей буровзрывных работ при использовании экскаваторов ЭГО в части влияния на них диаметра взрывных скважин.

Результаты и обсуждение

Использование нового вида выемочного оборудования должно сопровождаться рекомендациями по рациональным параметрам технологических схем, которые бы в существующих горнотехнических условиях обеспечивали максимально возможную производительность непосредственно экскаватора и экска-

ваторно-автомобильного комплекса в целом. Основным из таких параметров является мощность слоя взорванного массива.

Увеличение мощности слоя до размеров, близких к максимальной глубине черпания экскаваторов, приводит, по оценкам производителей, к существенному снижению технической и эксплуатационной производительности.

Уменьшение мощности слоя до малых значений также связано с потерей производительности, по крайней мере, за счет увеличения потерь времени на передвижки экскаватора. Кроме того, неоднократные передвижки экскаватора по взорванной породе приводят к уменьшению коэффициента разрыхления по отношению к первоначальному его значению, что также негативно сказывается на производительности. Таким образом, существует такая мощность слоя, при которой производительность является максимальной. Существующие типовые технологические схемы не дают ответ на этот вопрос. Необходимыми и достаточными технологическими и организационными условиями эффективной эксплуатации экскаваторно-автомобильных комплексов являются качественная подготовка горной массы к выемке и рациональные технологические условия производства вскрышных работ.

Полагаться полностью на зарубежный опыт или очень небольшой опыт Российских карьеров нельзя в силу различных горно-геологических и организационно-экономических условий. В связи с этим установление рациональных параметров ведения горных работ и использованием того или иного вида выемочно-погрузочного оборудования в различных горно-геологических условиях является актуальной задачей.

На разрезах Кузбасса в основном применяется экскавационное оборудование, представленное прямыми и обрат-

ными гидравлическими лопатами, прямыми мехлопатами, а также в меньшей степени драглайнами и фронтальными погрузчиками [1]. Меньшая распространенность последних обусловлена следующими причинами: для драглайнов — относительная узость горно-геологических условий их рационального применения (пологое залегание пластов и т.д.), погрузчики же по устоявшемуся положению дел используются на вспомогательных работах, на угольных складах и пр. В последние годы экскаваторный парк разрезов Кузбасса пополняется в основном за счет обратных гидравлических лопат. Однако целесообразность их применения в некоторых случаях не обоснована.

Неоднократно отмечено [2—6], что механические лопаты более производительны, чем обратные гидравлические лопаты с одинаковой вместимостью ковша, более ремонтпригодны, долговечнее, в эксплуатации дешевле. Но при этом они тяжелые и недостаточно маневренные. Также к недостаткам относится необходимость переключения кабеля, более высокий уровень потерь, чувствительность к изменению высоты уступа.

В свою очередь, обратные гидравлические лопаты имеют ряд преимуществ перед мехлопатами, которые достаточно широко освещены в специальной литературе [9—11]. Помимо этого, гидравлические экскаваторы характеризуются более высокой надежностью [12, 13].

Зарубежные гидравлические экскаваторы имеют как электрический, так и дизельный привод, благодаря которому обеспечивается высокая мобильность. Также эти выемочно-погрузочные машины весьма надежны и высокопроизводительны, но по истечении либо ближе к концу нормативного срока их работы затраты на обслуживание и поддержание исправного технического состояния значительно возрастают.

Все угольные месторождения бассейна, разрабатываемые разрезами, представлены свитами пластов угля от пологого до крутого залегания и относятся, в соответствии с существующей классификацией, к сложноструктурным [7]. Геологическая сложность обусловлена частым чередованием пластов угля и междупластий породы в пределах как карьерного поля в целом, так и отдельных его участков — количество отдельно извлекаемых частей угля и породы на отдельных горизонтах достигает 75—90.

Для всех месторождений характерно наличие угленасыщенной зоны, в которой имеет место частое чередование пластов угля и породных междупластий [20], а также зоны «чистой» вскрыши (в бортах разрезов — на крутопадающих месторождениях или расположенной выше кровли верхнего пласта свиты — на пологих и наклонных месторождениях) (рис. 1). Доля угленасыщенной зоны в общем объеме горной массы достигает 70% на месторождениях севера и юга бассейна и 80—84% на месторождениях западной части Центрального Кузбасса.

Почти половина угольных пластов Кузбасса имеет сложное строение. Кроме того, значительная часть пластов имеет мощность до 10 м, т.е. меньше требуемых значений ширины заходки и высоты уступа (например, для пологих и слабонаклонных месторождений), которые необходимы для производительной работы применяемых на разрезах экскаваторов. При этом пласты угля малой мощности (менее 5 м) имеются на всех месторождениях. Их долевое соотношение от общего числа пластов составляет 57,5%. Пласты угля мощностью более 20 м (их доля составляет около 2%) встречаются только на месторождениях Западной части Центрального Кузбасса [7, 8].

Как следует из анализа рис. 1, постоянное чередование породных и угленасыщенных зон весьма характерно для

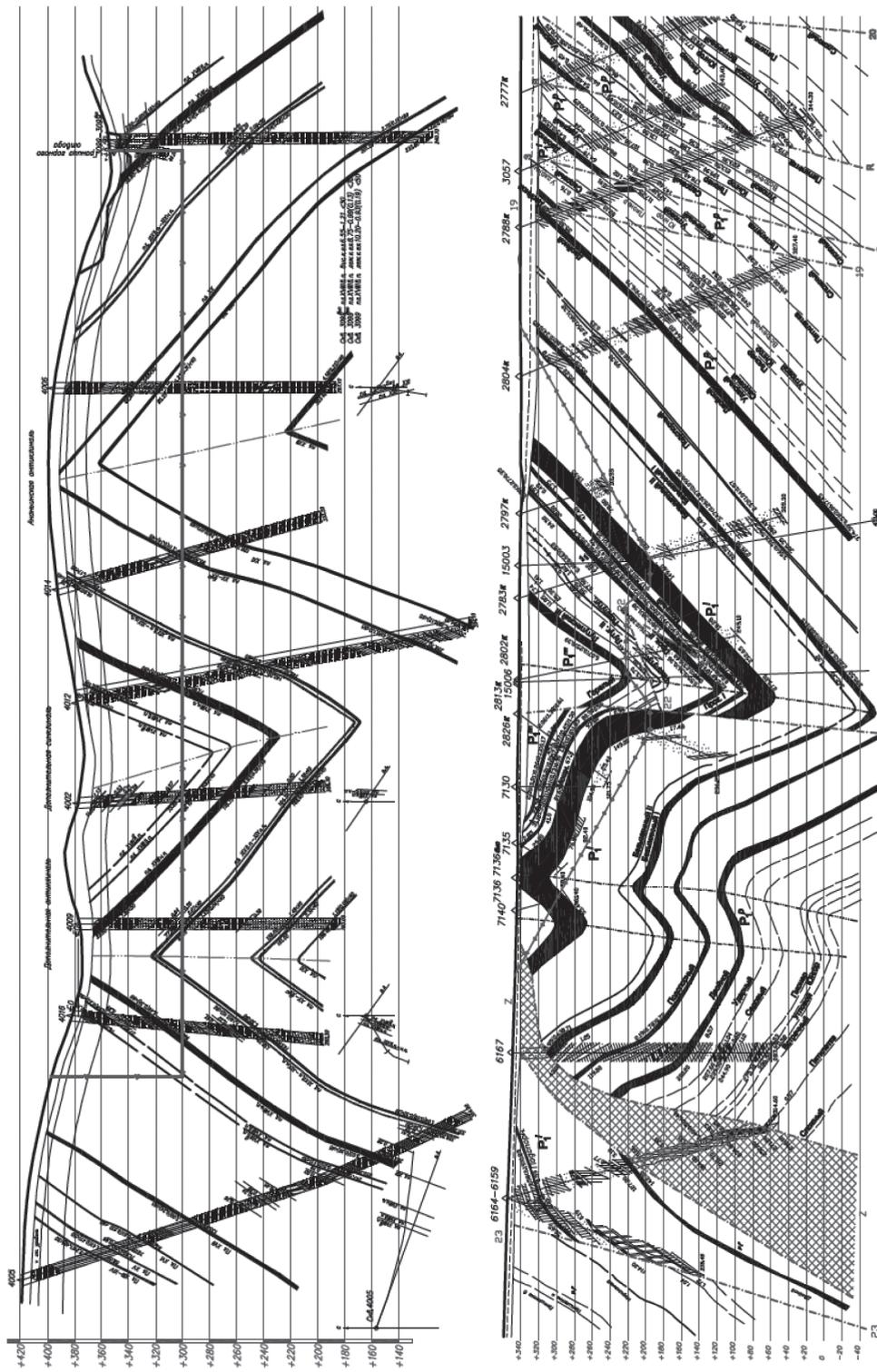


Рис. 1. Характерные геологические разрезы угольных месторождений Кузбасса
 Fig. 1. Typical geological cross-sections of Kuzbass coal deposits

Результаты расчета необходимого радиуса черпания
Results of necessary digging radius' calculation

Угол падения пласта, град.	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Необходимый радиус черпания, м	22,8	21,6	20,6	19,7	18,9	18,1	17,5	16,8	16,3	15,8

угольных месторождений Кузбасса. Рельеф местности имеет подчиненное значение и не столь сильно влияет на применяемую технологию и оборудование, в основном это влияние проявляется при разработке месторождений южного Кузбасса с гористым рельефом, расчлененным логами, распадками, долинами рек и ручьев и т.д. Весьма часто такие участки имеют наиболее сложное геологическое строение, что значительно осложняет их разработку.

Условия, перечисленные выше, требуют более детального подхода к определению параметров системы разработки [19, 20], в частности, высоты уступа.

Если после выемки породы угольный пласт обнажается, то для его отработки экскаватор устанавливается на безопасном расстоянии от верхней бровки. Из этого положения может быть обеспечена раздельная выемка пласта, начиная от нижней бровки, если радиус черпания фактический больше необходимого радиуса черпания (рис. 2).

На рис. 2: $R_ч$ — радиус черпания экскаватора, м; B — берма между гусеничным ходом и бровкой уступа, м; $Ш_х$ — ширина гусеничного хода экскаватора, м;

h_y — высота обрабатываемого уступа, м; $R_{ч,необ}$ — необходимый радиус черпания по условию полного прочерпывания пласта.

Согласно результатам расчета для наклонных пластов, необходимый радиус черпания превышает фактические радиусы черпания экскаваторов, применяемых на разрезах Кузбасса. Результаты расчетов необходимого радиуса черпания экскаваторов для пластов с углами залегания 15–24° представлены в таблице. Расчеты проводились для высоты обрабатываемого слоя, равной 5 м, методика частично приведена в [17, 18].

Таким образом, отработка простым забоем слабонаклонных пластов слоями высотой 5 м практически невозможна.

Анализ применяемых в Кузбассе способов организации выемочно-погрузочных работ показал, что при невозможности отработки пласта простым забоем, применяют послойную отработку уступа. Например, на Евтинском, Задубровском, Белорусском разрезах слабонаклонные пласты с углами падения 12–22° обрабатываются уступами высотой 10 м слоями по 2,5 м. При этом увеличиваются потери полезного ископаемого при за-

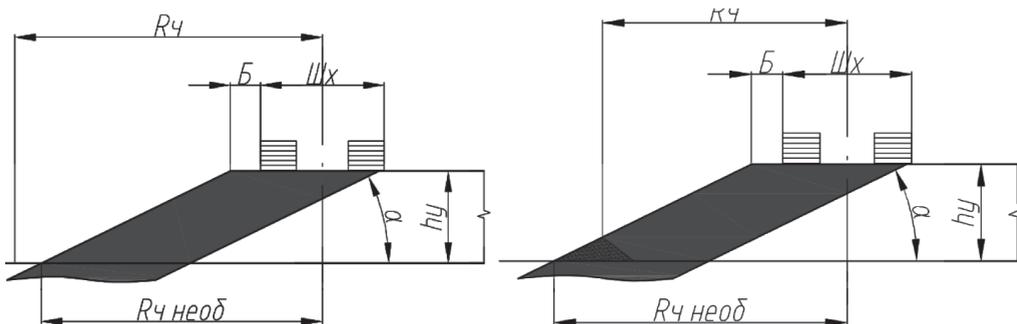


Рис. 2. Условия отработки угольного пласта с полным и неполным его прочерпыванием (по [16])
 Fig. 2. Conditions of coal bed mining with its full and incomplete scrape

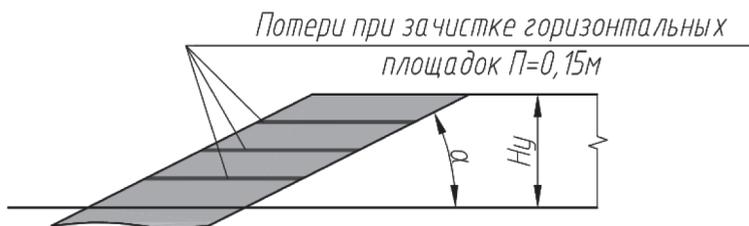


Рис. 3. Схема к расчету потерь при многослойной разработке угля
Fig. 3. Scheme to coal losses calculation by multilayer mining

чистке каждого слоя: согласно «Указаний по нормированию, планированию и экономической оценке потерь угля в недрах по Кузнецкому бассейну (Открытые работы)», величина потерь при зачистке составляет 0,15 м (рис. 3).

Соответственно, чем больше слоев — тем больше потери.

Выводы

Учитывая все вышеизложенное, для эффективного применения мехлопат и обратной гидравлики необходимо определить их «рабочую зону», учитывая достоинства и недостатки каждого типа экскаваторов. При соблюдении ряда технологических особенностей будет обеспе-

чена максимальная производительность экскаватора.

При отработке слабонаклонных пластов угля применение мехлопат практически исключено из-за неоправданного роста потерь угля вследствие несовпадения траектории движения режущей кромки зубьев ковша экскаватора и угольного пласта.

При расчете количества слоев отработки угольного пласта с использованием обратных гидролопат необходимо минимизировать их число для уменьшения потерь угля при зачистке горизонтальных площадок. Также рекомендована установка автосамосвалов под погрузку на нижней площадке уступа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Репин Н. Я., Репин Л. Н. Выемочно-погрузочные работы: Учебное пособие. 2-е изд., стер. — М.: Изд-во «Горная книга», 2012. — 267 с.
2. Анистратов Ю. И., Анистратов К. Ю. Технологические процессы открытых горных работ. — М.: ООО «НТЦ «Горное дело», 2008. — 448 с.
3. Колесников В. Ф., Корякин А. И., Стрельников А. В. Технология ведения выемочных работ с применением гидравлических экскаваторов. — Кемерово: Кузбассвуиздат, 2008. — 144 с.
4. Анистратов К. Ю. Карьерные экскаваторы — гидравлика или канат? // Уголь. — 2010. — № 6. — С. 31—35.
5. Мартыанов В. Л. Оценка сложности отработки карьерных полей угольных месторождений Кузбасса // Техника и технология горного дела. — 2018. — № 1. — С. 35—41.
6. Litvin O., Tuuleneva E., Kolesnikov V., Dobrov A. Coal-bearing zone transformation into a coalless one at the open pit / E3S Web of Conf., 2018. — Vol. 41. — 01020. DOI: 10.1051/e3sconf/20184101020.
7. Литвин О. И. Обоснование рациональных технологических параметров производства вскрышных работ обратными гидравлическими лопатами на разрезах Кузбасса: дис. ... канд. техн. наук. — Кемерово, 2012. — 119 с.
8. Ковалев В. А., Литвин О. И. Рациональный диаметр скважин при подготовке вскрышных пород при использовании обратных гидравлических лопат // Вестник Кузбасского государственного технического университета. — 2012. — № 5. — С. 15—18.

9. Kolesnikov V. F., Cehlár M., Tyuleneva E. A. Overview of excavation and loading operations in the coal-bearing zones at Kuzbass open pit mines // *Journal of Mining and Geotechnical Engineering*. — 2018. — № 2. — Pp. 36–49.

10. Ванеев А. В. Схема вскрытия участка с использованием транспортных перемычек для сокращения расстояния транспортирования вскрыши и угля в условиях разреза «Аршановский» // *Техника и технология горного дела*. — 2018. — № 2. — С. 13–35.

11. Самолазов А. В., Паладеева Н. И., Беликов А. А. Основные тенденции развития экскаваторно-автомобильных комплексов // *Горная Промышленность*. — 2009. — № 4. — С. 20–23.

12. Мерзляков В. Г., Слесарев Б. В., Штейнцайг В. М. Опыт применения карьерных гидравлических экскаваторов Komatsu Mining Germany на предприятиях России // *Горное оборудование и электромеханика*. — 2013. — № 5. — С. 15–20.

13. Подэрни Р. Ю. Мировой рынок поставок современного выемочно-погрузочного оборудования для открытых горных работ // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. — 2015. — № 2. — С. 148–167.

14. Кацубин А. В., Макридин Е. В. Систематизация технологических схем экскаваторных забоев на разрезах центрального Кузбасса // *Техника и технология горного дела*. — 2018. — № 1. — С. 81–88.

15. Ермолаев В. А., Селюков А. В. Сравнение горно-геологических условий горных работ карьеров // *Техника и технология горного дела*. — 2018. — № 2. — С. 50–64.

16. Тюленев М. А., Проноза В. Г., Стрельников А. В. Матричный метод идентификации схем забоев обратных гидравлических лопат // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. — 2011. — № S10. — С. 34–41.

17. Tyulenev M., Zhironkin S., Tyuleneva E., Abay A., Anyona S., Hellmer M. The calculation of coal losses in open pit faulted areas. *Coal International*. — 2017. — Vol. 265(3). — Pp. 30–34.

18. Федотов А. А., Гарина Е. А., Кокурин Д. А. Некоторые результаты расчета потерь угля при отработке дизъюнктивных нарушений // *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. — 2016. — № 6 (118). — С. 15–24.

19. Tyulenev M. A., Garina E. A., Zhironkin S. A. The method of coal losses reducing at mining by shovels. *International Journal of Mining and Mineral Engineering*. — 2016. Vol. 7(4). — P. 363–370.

20. Demirel N., Taghizadeh A. et al. Optimization of the Excavator-and-Dump Truck Complex at Open Pit Mines — the Case Study. *E3S Web Conf.*, 41 (2018), 01006. [IACS](#)

REFERENCES

1. Repin N. Ya., Repin L. N. *Vyemochno-pogruzochnye raboty: Uchebnoe posobie*. 2-e izd. [Excavation and loading: Educational aid, 2nd edition], Moscow, Izd-vo «Gornaya kniga», 2012, 267 p.

2. Anistratov Yu. I., Anistratov K. Yu. *Tekhnologicheskie protsessy otkrytykh gornykh rabot* [Open pit mining processes], Moscow, OOO «NTTS «Gornoe delo», 2008, 448 p.

3. Kolesnikov V. F., Koryakin A. I., Strel'nikov A. V. *Tekhnologiya vedeniya vyemochnykh rabot s primeneniem gidravlicheskiikh ekskavatorov* [Winning technology with hydraulic excavators], Kemerovo, Kuzbassvuzizdat, 2008, 144 p.

4. Anistratov K. Yu. Open pit mine excavators—hydraulics or rope? *Ugol'*. 2010, no 6, pp. 31–35. [In Russ].

5. Mart'yanov V. L. Complexity estimation in open pit-field coal mining in Kuzbass. *Tekhnika i tekhnologiya gornogo dela*. 2018, no 1, pp. 35–41. [In Russ].

6. Litvin O., Tyuleneva E., Kolesnikov V., Dobrov A. Coal-bearing zone transformation into a coalless one at the open pit / *E3S Web of Conf.*, 2018. Vol. 41. 01020. DOI: 10.1051/e3s-conf/20184101020.

7. Litvin O. I. *Obosnovanie ratsional'nykh tekhnologicheskikh parametrov proizvodstva vskryshnykh rabot obratnymi gidravlicheskimimi lopatami na razrezakh Kuzbassa* [Justification of rational technological parameters for stripping with hydraulic backhoe excavators in open pit mines in Kuzbass], Candidate's thesis, Kemerovo, 2012. 119 p.

8. Kovalev V. A., Litvin O. I. Rational diameter of blastholes for overburden preparation to stripping with hydraulic backhoe excavators. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2012, no 5, pp. 15–18. [In Russ].

9. Kolesnikov V. F., Cehlár M., Tyuleneva E. A. Overview of excavation and loading operations in the coal-bearing zones at Kuzbass open pit mines. *Journal of Mining and Geotechnical Engineering*. 2018, no 2. Pp. 36–49.

10. Vaneev A.V. Coal accessing scheme with haulage bridges to shorten coal and dirt load distance in the conditions of Arshanovsky open pit mine. *Tekhnika i tekhnologiya gornogo dela*. 2018, no 2, pp. 13–35. [In Russ].
11. Samolazov A.V., Paladeeva N.I., Belikov A.A. Basic trends in development of truck-and-excavator systems. *Gornaya promyshlennost'*. 2009, no 4, pp. 20–23. [In Russ].
12. Merzlyakov V.G., Slesarev B.V., Shteyntsayg V.M. Operation experience of hydraulic excavators manufactured by Komatsu Mining, Germany, in open pit mines in Russia. *Gornoe oborudovanie i elektromekhanika*. 2013, no 5, pp. 15–20. [In Russ].
13. Poderni R.Yu. Global market of modern excavation and loading equipment for open pit mining. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2015, no 2, pp. 148–167. [In Russ].
14. Katsubin A.V., Makridin E.V. Systematization of face excavation flow charts in open pit mines in Kuzbass. *Tekhnika i tekhnologiya gornogo dela*. 2018, no 1, pp. 81–88. [In Russ].
15. Ermolaev V.A., Selyukov A.V. Comparison of geological conditions in open pit mines. *Tekhnika i tekhnologiya gornogo dela*. 2018, no 2, pp. 50–64. [In Russ].
16. Tyulenev M.A., Pronoza V.G., Strel'nikov A.V. Matrix method for identification of hydraulic backhoe face charts. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2011, no S10, pp. 34–41. [In Russ].
17. Tyulenev M., Zhironkin S., Tyuleneva E., Abay A., Anyona S., Hellmer M. The calculation of coal losses in open pit faulted areas. *Coal International*. 2017. Vol. 265(3). Pp. 30–34.
18. Fedotov A.A., Garina E.A., Kokurin D.A. Some calculated results on coal loss in mining at disjunctions. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2016, no 6 (118), pp. 15–24. [In Russ].
19. Tyulenev M.A., Garina E.A., Zhironkin S.A. The method of coal losses reducing at mining by shovels. *International Journal of Mining and Mineral Engineering*. 2016. Vol. 7(4). P. 363–370.
20. Demirel N., Taghizadeh A. et al. *Optimization of the Excavator-and-Dump Truck Complex at Open Pit Mines — the Case Study*. E3S Web Conf., 41 (2018), 01006

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кантович Леонид Иванович¹ — доктор технических наук, профессор,
 Литвин Олег Иванович² — кандидат технических наук, зав. кафедрой,
 Хорешок Алексей Алексеевич² — доктор технических наук, профессор,
 директор Горного института КузГТУ, e-mail: haa.omit@kuzstu.ru,
 Кузиев Дильшад Алишерович¹ — кандидат технических наук, доцент,
 Кацубин Александр Викторович² — аспирант,
 директор разрезоуправления АО «СУЭК-Кузбасс»,
 Тюленева Екатерина Александровна² — аспирант,
¹ НИТУ «МИСиС»,
² Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачева (КузГТУ).

Для контактов: Кантович Л.И., e-mail: kantovich70@yandex.ru.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

L.I. Kantovich¹, Doctor of Technical Sciences, Professor,
 O.I. Litvin¹, Candidate of Technical Sciences, Head of Chair,
 A.A. Khoreshok², Doctor of Technical Sciences, Professor,
 Director of a Mining Institute, e-mail: haa.omit@kuzstu.ru,
 D.A. Kuziev¹, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,
 A.V. Katsubin², Graduate Student, Director of the Surface Mining Office,
 JSC «SUEK-Kuzbass», Leninsk-Kuznetskiy, Russia,
 E.A. Tyuleneva², Graduate Student,

¹ National University of Science and Technology «MISIS», 119049, Moscow, Russia,

² Kuzbass State Technical University named after T. Gorbachev,
 650000, Kemerovo, Russia.

Corresponding author: L.I. Kantovich, e-mail: kantovich70@yandex.ru.

**АНАЛИЗ ПРИЧИН ВЗРЫВОВ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ТРУДА УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ
ПРЕДПРИЯТИЙ**

(2018, № 12, СВ 61, 16 с.)

Воробьева Оксана Владимировна — кандидат технических наук, НИТУ «МИСиС»;
Костеренко Виктор Николаевич — кандидат физико-математических наук, АО «СУЭК»;
Тимченко Александр Николаевич — АО «СУЭК».

Представлена краткая информация о взрывах в горных выработках, произошедших в угольных шахтах Российской Федерации с 1989 по 2017 гг. Информация взята из карт учета аварий ВГСЧ, ежемесячных информационных бюллетеней «Аварийность и противоаварийная готовность предприятий угольной промышленности», издаваемых ВГСЧ, годовых отчетов Ростехнадзора и средств массовой информации. Проведен анализ распределения удельных показателей количества взрывов и пострадавших по годам, представлено распределение взрывов по шахтам, а так же число пострадавших во время взрывов. Проведен анализ взрывов по шахтам, в зависимости от категории шахты по метану, а так же распределение количества взрывов по шахтам, в зависимости от типа схемы проветривания аварийного участка. Представлено распределение взрывов по месту их возникновения, по причинам образования взрывоопасных концентраций метана и распределение взрывов по источникам воспламенения метана. Выявлены основные ошибки действий рабочих и руководителей. Предложены рекомендации по повышению эффективности системы управления безопасностью труда угледобывающих предприятий.

Ключевые слова: промышленная безопасность, аварийность, травматизм, угледобывающее предприятие, ошибки персонала, причины аварий и травм, система управления безопасности труда.

**ANALYSIS OF THE CAUSES OF THE EXPLOSIONS WITH THE AIM OF INCREASING
EFFECTIVENESS OF THE SYSTEM OF OCCUPATIONAL SAFETY MANAGEMENT
OF COAL ENTERPRISES**

O.V. Vorob'eva, Candidate of Technical Sciences,
National University of Science and Technology «MISIS», 119049, Moscow, Russia,
V.N. Kosterenko, Candidate of physical and Mathematical Sciences, JSC «SUEK»,
A.N. Timchenko, JSC «SUEK».

A brief information about the explosions in the mine workings that occurred in the coal mines of the Russian Federation from 1989 to 2017 is presented. Information is taken from the maps of accounting of accidents of VGSC, monthly newsletters «accident Rate and emergency preparedness of the enterprises of the coal industry» published by VGSC, annual reports of Rostekhnadzor and mass media. The analysis of the distribution of specific indicators of the number of explosions and victims by year, the distribution of explosions in the mines, as well as the number of victims during the explosions. The analysis of explosions in mines, depending on the category of the mine methane, as well as the distribution of the number of explosions in mines, depending on the type of schemes of ventilation of the emergency station. The distribution of explosions at the place of their occurrence, for the reasons of formation of explosive concentrations of methane and distribution of explosions on sources of ignition of methane is presented. The basic mistakes of actions of workers and managers are revealed. Recommendations for improving the efficiency of the management system of safety of coal mining enterprises are proposed.

Key words: industrial safety, accident rate, traumatism, coal mining enterprise, personnel errors, causes of accidents and injuries, occupational safety management system.

