

2. При гидроимпульсном рыхлении объем жидкости, закачанной в пласт и время нагнетания снижаются более чем на 50%.

3. Гидроимпульсное воздействия на угольный пласт позволяет интенсифицировать газовыделение из угольного пласта в атмосферу выработки, что свидетельствует о повышении эффективности дегазации краевой части пласта.

4. Комплекс проведенных исследований позволил установить преимущества гидроимпульсного воздействия над нормативной технологией гидрорыхления и сделать качественную оценку его эффективности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила ведения горных работ на пластах, склонных к газодинамическим явлениям : утв. Минуглепром Украины. – К.: 2005. - 224 с.

2. Модель придельного состояния угольного пласта при нагнетании жидкости / В.В. Зберовский, Ю.Е. Поляков, А.В. Пазынич, А.А. Ангеловский [и др.] // Сборник научных трудов НГУ. – Днепропетровск: 2011. – № 36. том 1 – С. 194-200.

УДК 622.261.27

О.В. Рябцев, к.т.н., ст.науч.сотр.,

С.Ю. Процак, мл.науч.сотр.,

И.Ю. Аля-Брудзинский, вед. инж.

(ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины)

### **ОХРАНА И ПОДДЕРЖАНИЕ ВЫЕМОЧНОГО ШТРЕКА ПОЗАДИ ЛАВЫ ПРИ ПОВТОРНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ**

Наведено результати досліджень геомеханічного стану вміщуючих порід навколо підготовчої виробки, на підставі яких розроблено комплекс практичних рекомендацій для її охорони і підтримки з метою забезпечення вентиляції, безпечного виходу людей, доставки матеріалів і устаткування. Приведено порівняння розрахункових і фактичних значень залишкової висоти виробки в умовах ВП «Шахта «Харківська» ТОВ «ДТЕК Свердловантрацит».

### **PROTECTION AND MAINTENANCE OF ROADWAY EXCAVATION BEHIND LAVA WHEN REUSING**

The results of investigations of geomechanical state of the host rocks in the vicinity of the excavation formulation, which was developed on the basis of a set of practical recommendations for its protection and support in order to provide ventilation, safe exit of people, delivery of materials and equipment. The comparison of calculated and actual values of the residual height of formulation in conditions in LE "Mine "Kharkovskaya" LLC "DTEK Sverdlovanratsit."

На сегодняшний день уголь является единственным в Украине энергетическим сырьем, необходимыми объемами и количеством которого страна может обеспечить себя сама, не прибегая к экспорту. По прогнозам международных экспертов Европейского Союза потребление угольной продукции народным хозяйством нашей страны будет увеличиваться. К 2020 году уровень

потребления угля вырастет по сравнению с 2011 годом более чем в 1,5 раза и составит порядка 60 млн. т. При этом весомую долю займет энергетический уголь, потребление которого увеличится почти в 2 раза: 23 млн. т в 2020 году по отношению к 12 млн. т в 2012 году [1].

Расчеты, выполненные отечественными экспертами, прежде всего ДонУ-ГИ и Институтом экономики и прогнозирования НАН Украины, показали, что достижение показателей, представленных международными экспертами, при комплексном подходе к дальнейшему развитию угольной промышленности являются вполне реальными.

Одним из направлений, позволяющих получить максимально возможный уровень добычи угля при сохранении безопасных условий ведения горных работ, является уменьшение капитальных и эксплуатационных затрат на подготовку выемочных столбов к отработке. Основным сдерживающим фактором для достижения этого является, по большей части, неудовлетворительное состояние подготовительных выработок, которое объясняется нерационально выбранными средствами крепления и охраны. Причиной этого является недостаточная степень изученности процессов, происходящих в массиве горных пород, что наряду с ухудшением горно-геологических условий на больших глубинах не дает возможности адекватно определить величины конвергенции пород по контуру подготовительной выработки и нормальной нагрузки, которую будет воспринимать крепь выработки.

Для обоснованного выбора максимально эффективного комплекса технических средств, направленных на крепление, охрану и поддержание подготовительной выработки, необходимы знания геомеханического состояния угленосного массива, которые основаны на конкретных горно-геологических условиях ведения горных работ, а не на обобщенных статистических данных [2, 3].

Лавой №102 ОП «Шахта «Харьковская» ООО «ДТЭК Свердловантрацит» отрабатывается пласт  $k_2^1$  (рис. 1). Выемочный столб лавы, имеющий длину порядка 2000 м, отрабатывается по комбинированной системе разработки – от капитальных уклонов к границе шахтного поля. Вентиляционный ходок №100 пласта  $k_2^1$  был проведен еще при отработке лавы №100 пласта  $k_2^1$  частично при помощи проходческого комбайна КСП-32, частично при помощи буровзрывных работ с подрывкой преимущественно пород кровли. От влияния очистных работ лавы №100 пласта  $k_2^1$  выработка охранялась угольным целиком шириной 50 м, что позволило сохранить выработку в хорошем рабочем состоянии.

Моделирование напряженно-деформированного состояния пород в окрестности вентиляционного ходка №100 пласта  $k_2^1$  осуществлялось при помощи программно-технологического комплекса «Технология ...» [3, 4], которая на сегодняшний день является единственным продуктом такого рода, учитывающим весь комплекс факторов и условий, определяющий процесс ведения горных работ на конкретном добычном участке.



Рис. 1 – Выкопировка из плана горных работ по пласту  $k_5^1$  ОП «Шахта «Харьковская»

Учитывая, что выработку необходимо поддерживать по всей длине при отработке лавы №102 пласта  $k_2^1$  для вентиляции, вывода людей при вступлении в действие плана ликвидации аварий и доставки материалов и оборудования, характерными условиями ее эксплуатации и поддержания будут следующие: в массиве вне зоны влияния лавы №102 пласта  $k_2^1$ ; в зоне влияния движущегося очистного забоя; на сопряжении с лавой и позади очистного забоя лавы №102 пласта  $k_2^1$  на всю длину выемочного столба.

Прогнозные расчеты выполнялись в два этапа. На первом этапе определялось геомеханическое состояние вмещающих пород в окрестности вентиляционного ходка №100 пласта  $k_2^1$  вне зоны влияния лавы №102 пласта  $k_2^1$  с учетом времени, прошедшего с момента проведения выработки, и состояние пород в зоне влияния лавы. На втором этапе определялось геомеханическое состояние пород в окрестности вентиляционного ходка №100 пласта  $k_2^1$  на сопряжении с лавой №102 пласта  $k_2^1$  и в выработанном пространстве по мере отхода лавы №102 пласта  $k_2^1$  с учетом фактора времени. В результате расчетов были получены величины мощностей расслоившихся породных пачек по кровле и почве, параметры опорной зоны для каждого слоя породы, высота свода обрушения и вес обрушенных пород, который должна воспринимать крепь выработки, величину опусканий пород кровли, поднятий пород почвы и сближений боков. Проведенный комплекс исследований подтвердил данные о практическом негативном опыте шахты в поддержании подготовительных выработок позади забоя лавы в аналогичных условиях.

Установленные особенности изменения геомеханического состояния вмещающих пород в окрестности вентиляционного ходка №100 пласта  $k_2^1$  вне зоны влияния лавы №102 пласта  $k_2^1$  с учетом времени, прошедшего с момента проведения, и в зоне влияния лавы №102 пласта  $k_2^1$  говорят о том, что в мас-

сиве вне зоны влияния лавы ожидаются следующие величины смещения пород на контуре выработки: опускания пород кровли составят 90 – 120 мм при поддержании выработки в этих условиях в течении 200 суток, поднятия пород почвы составят 170 – 300 мм при сближении боков выработки до 100 мм. В зоне влияния лавы №102 пласта  $k_2^1$  опускания пород кровли составят 240 – 300 мм с учетом поддержания вне зоны влияния, поднятия пород почвы составят 270 – 340 мм при сближениях боков выработки до 280 мм и с учетом поддержания выработки вне зоны влияния лав.

Моделирование напряженно-деформированного состояния горных пород в окрестности вентиляционного ходка №100 пласта  $k_2^1$  на сопряжении с лавой №102 пласта  $k_2^1$  и по мере отхода лавы №102 пласта  $k_2^1$  с учетом фактора времени показали, что по мере отхода лавы №102 пласта  $k_2^1$  с учетом фактора времени опускания пород кровли составят 1000 – 1200 мм (рис. 2) с учетом наличия жесткого охранного сооружения, поднятия пород почвы составят до 700 мм при сближениях боков выработки порядка 400 мм. Свободные опускания слоев пород кровли (без охранного сооружения) после отхода лавы №102 пласта  $k_2^1$  на 300 м достигнут своей максимальной величины до 1600 мм (рис. 2).

Комплекс проведенных исследований показал, что остаточное сечение выработки в свету составит не менее 10,0 м<sup>2</sup>, что будет достаточным для выполнения ею технологического предназначения. Величина давления со стороны пород кровли на жесткое охранное сооружение будет составлять порядка 27 – 47 МПа. Нагрузка со стороны пород непосредственной кровли на крепь выработки составит до 370 кН.

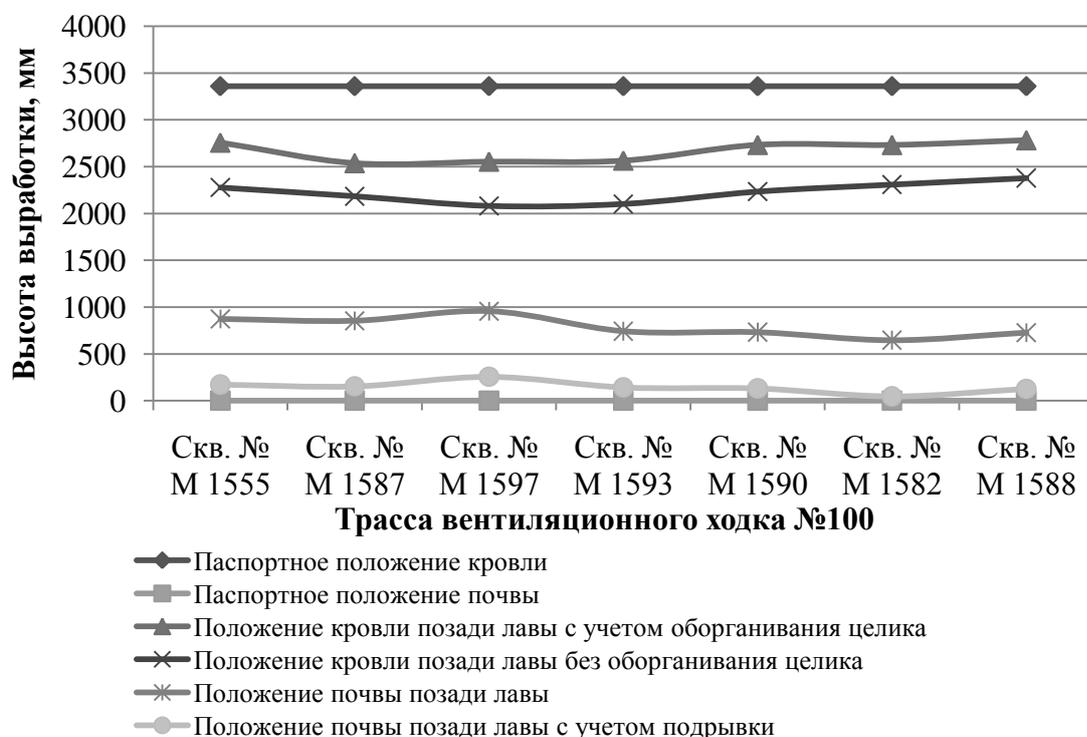


Рис. 2 – Конvergенция пород кровли и почвы вентиляционного ходка лавы № 100 пласта  $k_2^1$  позади забоя лавы № 102 пласта  $k_2^1$

Комплекс исследований и прогнозных расчетов относительно геомеханического состояния вмещающих пород в окрестности вентиляционного ходка №100 пласта  $k_2^1$  позволил разработать практические рекомендации для достижения поставленной цели – использование выработки для вентиляции, безопасного вывода людей и доставки материалов.

Использование базового варианта с оставлением ленточного целика шириной 5,0 м позволит решить поставленную задачу частично. Согласно результатам прогнозных расчетов вертикальная конвергенция составит до 1500 мм при опусканиях пород кровли до 750 мм при условии сохранения устойчивости целика как охранного сооружения. Как видно по величине опусканий следует ожидать существенных деформаций элементов крепи, формирования складчатой структуры верхняков и, как следствие, необходимость проведения ремонтно-восстановительных работ вдоль всей выработки. В случае разрушения целика, что подтверждают результаты расчетов, поскольку зона неупругих деформаций в нем будет распространяться до 3,5 м, вертикальная конвергенция составит до 2000 мм. Это приведет к деформированию крепи, потере ею несущей способности и ставит под угрозу эксплуатацию выработки в завальной части без проведения большого объема работ по ремонту и перекреплению. Исходя из этого, необходимо увеличить целик до 7 – 8 м для недопущения его разрушения.

Поскольку в выработке уже стоит крепь типа КМП-А3/13,8 и ее замена на крепь с большей несущей способностью и податливостью выглядит нецелесообразной и весьма трудоемкой, рассматривается существенная модернизация базового варианта, используемого шахтой, которая заключается в следующем. Для предотвращения образования складчатой структуры верхняка производится усиление верхняков крепи впереди забоя лавы на расстоянии не менее 80,0 м гидростойками типа ГВПУ и не менее чем 60,0 м позади забоя лавы. При этом необходимо усиливать верхняки одним рядом гидростоек, установленным под металлическую балку из СВП. Это позволит увеличить рабочее сопротивление крепи приблизительно до 700,0 кН.

В дальнейшем для недопущения преждевременной деформации элементов крепи при исчерпании ею податливости выполняется подрывка почвы под каждую стойку на величину паспортной податливости 300 мм и переустанавливаются стойки крепи. Это позволит обеспечить восстановление податливости крепи на 300 мм до начала процесса деформирования ее элементов. По результатам расчетов восстановление податливости крепи необходимо осуществлять на расстоянии 60,0 – 80,0 от забоя лавы, которое может корректироваться по факту по результатам визуальных наблюдений за крепью выработки. Учитывая, что выработка с одной стороны примыкает к целику шириной 50,0 м, реализация податливости будет происходить в большей степени со стороны лавы.

Под действием горного давления предохранительный целик будет разрушаться в краевых частях. Поэтому для недопущения его разрушения и выдавливания разрушенного угля в выработку и запасной выход из лавы предложе-

но усилить путем установки по его периметру органной крепи («оборганить»). Ширину целика при этом можно сохранить 5,0 м или уменьшить до 4,0 – 4,5 м, сохранив жесткость и устойчивость конструкции. Принципиальная технологическая схема охраны вентиляционного ходка №100 пласта  $k_2^1$  представлена на рис. 3.

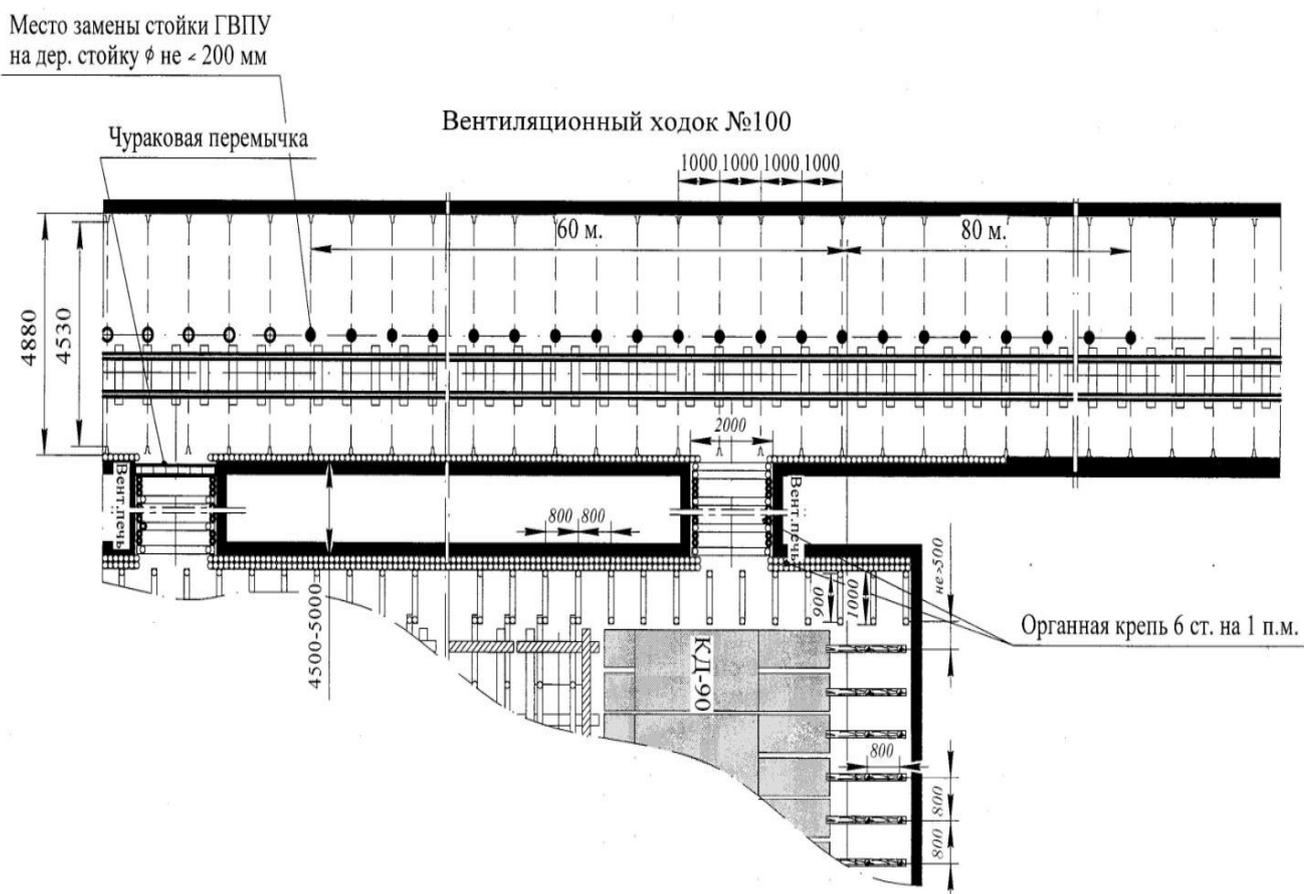


Рис. 3 – Принципиальная технологическая схема охраны вентиляционного ходка №100 пласта  $k_2^1$  ОП «Шахта «Харьковская» ООО «ДТЭК Свердловантрацит»

Разработанный комплекс рекомендаций был принят для использования на техническом совете ООО «ДТЭК Свердловантрацит». Для их реализации в условиях вентиляционного ходка №100 пласта  $k_2^1$  ОП «Шахта «Харьковская» создана специальная бригада, которая осуществляет инструментальные замеры для идентификации расчетных и фактических значений остаточной высоты выработки. Результаты сравнения расчетных и фактических значений приведены на рис. 4.

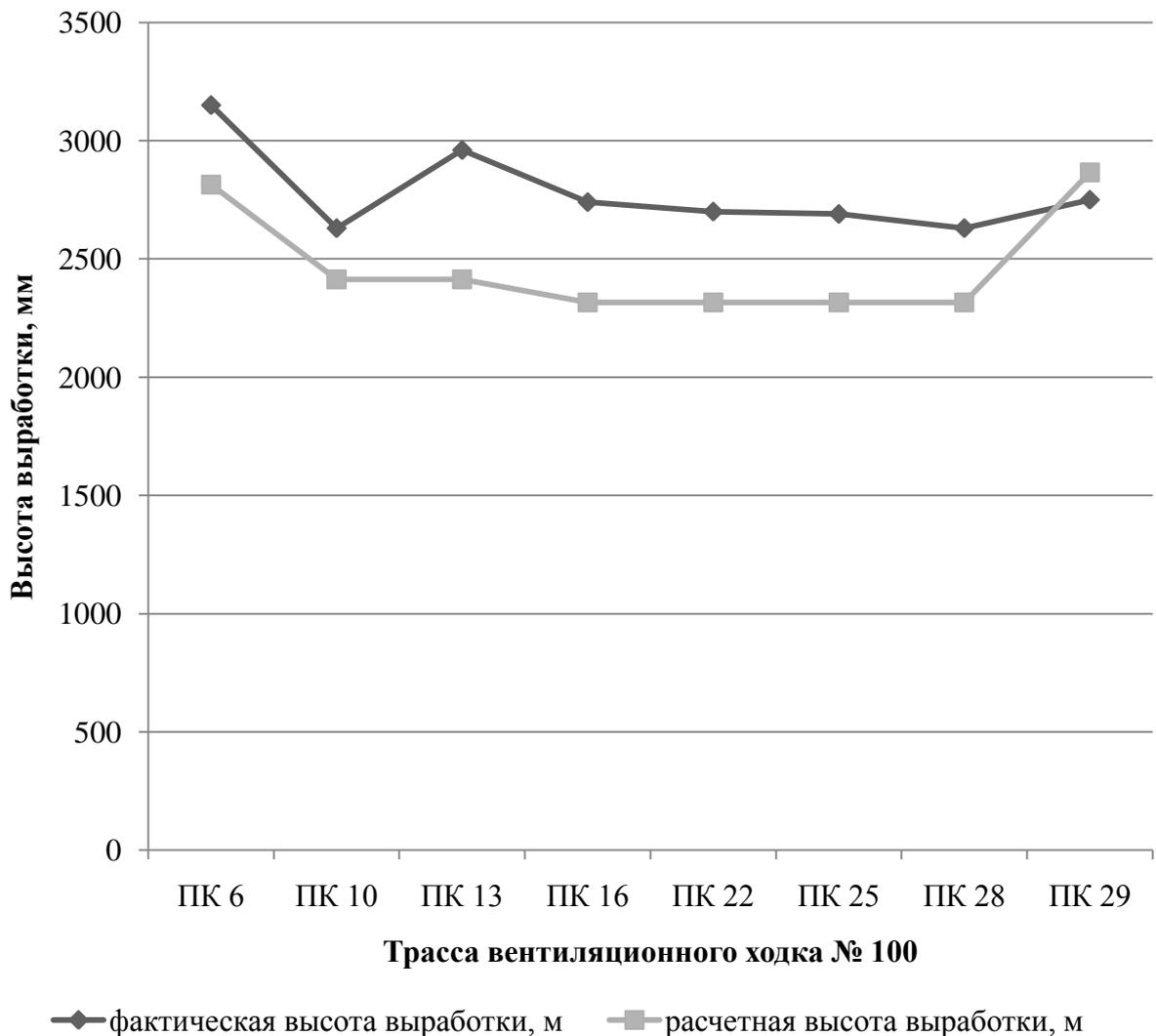


Рис. 4 – Результаты сравнения расчетных и фактических значений остаточной высоты вентиляционного ходка №100 пласта  $k_2^1$  ОП «Шахта «Харьковская»

Анализ рис. 4 показал, что в среднем фактическая и расчетная остаточная высота выработки составляет 2781 мм и 2471 мм соответственно и величина их средней сходимости не менее 88 %, что говорит о высокой степени точности получаемых результатов.

На сегодняшний день лава №102 пласта  $k_2^1$  отработана. Вентиляционный ходок №100 на всю длину оставался в хорошем эксплуатационном состоянии, с площадью поперечного сечения в свету 10,2 – 12,5 м<sup>2</sup>. Общий вид состояния вентиляционного ходка №100 пласта  $k_2^1$  на момент окончания отработки лавы представлен на рис. 5.



Рис. 5 – Состояние вентиляционного ходка №100 при доработке лавы №102 пласта  $k_2^1$

Четкое соблюдение шахтой разработанных практических рекомендаций по охране и поддержанию выработки позволило достичь того, что на всем протяжении не было деформировано ни одной рамы крепи, а из дополнительных средств поддержания и усиления было поломано всего 12 деревянных рудничных стоек, установленных под верхняки рамной крепи. Кроме этого хорошее состояние выработки позволило после окончания отработки лавы извлечь порядка 90 % металлической крепи при погашении выработки.

**Выводы.** Таким образом, комплекс практических рекомендаций по охране и поддержанию вентиляционного ходка №100 пласта  $k_2^1$  позволяет осуществить охрану и поддержание выработки для осуществления вентиляции, вывода людей при аварийных ситуациях и доставки материалов и оборудования с минимальными изменениями существующей технологии. При этом достигнуто удовлетворительное состояние выработки в соответствии с требованиями ПБ. Средняя сходимость расчетных и фактических значений остаточной высоты выработки не менее 88 % говорит о высокой степени достоверности получаемых при помощи «Технологии ...» [4], результатов, что говорит о целесообразности использования данной «Технологии ...» при планировании развития горных работ. По факту отработки лавы № 102 пласта  $k_2^1$  фактический экономический эффект от реализации комплекса рекомендаций, рассчитанный специалистами ООО «ДТЭК Свердловантрацит» и ОП «Шахта «Харьковская», составил 18,6 млн. грн.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вивчаренко, А. В. Стратегия развития угольной отрасли Украины / А. В. Вивчаренко // Школа подземной разработки: материалы междунар. науч.-пр. конф. – Днепропетровск: НГУ, 2011. – С. 3 – 10.
2. Брюханов, А.М. Контроль состояния горного массива / А.М. Брюханов, А.А. Рубинский, Г.И. Колчин // Форум горняков – 2009. Материалы междунар. конф. «Подземные катастрофы: модели, прогноз, предотвращение». – Д.: Национальный горный университет, 2009. – С. 19 – 22.
3. Булат, А.Ф. Методология определения рациональных технологических параметров ведения горных работ / А.Ф. Булат, А.И. Волошин, О.В. Рябцев [и др.] // Уголь Украины. – 2010, № 10. – С. 15 – 18.
4. Булат, А.Ф. Технология стратегического планирования развития горных работ / А.Ф. Булат, А.И. Волошин, О.В. Рябцев [и др.] // Уголь. – 2011, № 2. – С. 22 – 25.

**УДК 622.7**

С.А. Самохина, гл. спец.,  
С.С. Старых, вед. инж.,  
Г.М. Шаповалова, вед. инж.  
(ГП «ГПИ «Кривбасспроект»)

### **ПЕРСПЕКТИВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕДНЫХ КУСКОВЫХ РУД ШАХТ КРИВБАССА**

Розглянуто проблему складування і переробки кускових руд, що скидають підприємства підземного видобутку, виконано аналіз роботи ДСФ шахт

### **PERSPECTIVE OF USE POOR LUMP ORES OF KRIVBASS MINES**

The problem of storing and processing of lump ores discharged by underground mining enterprises is studied in this article, the analysis of the CSF mines work is completed

Для природно-богатых железных руд подземной добычи Криворожского бассейна в последние годы стало характерным обеспечение конкурентоспособности на мировом рынке железорудного сырья за счет уровня качества выпускаемой продукции и цен на нее. Доля железорудной продукции, экспортируемой на внешний рынок предприятиями Ассоциации «Укррудпром», составляет около 50% всей ее продукции. В товарной структуре экспортных