

УДК 622.281

**В.А. Зуев, И.В. Янко, Ю.М. Погудин, В.И.Сарычев**

**ПРИМЕНЕНИЕ КОНСТРУКЦИЙ КРЕПИ  
ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК  
АКТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КРОВЛЮ  
В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ**

*Проведен анализ применения конструкций крепи подготовительных выработок активного воздействия в приконтурном породном массиве в сложных горно-геологических условиях шахты «Воргашорская».*

*Ключевые слова: вмещающие породы, подготовительная выработка, рамная и анкерная крепь.*

---

**П**рактика горных работ показывает, что проведение и крепление горных выработок является трудоемким процессом. Стоимость крепи колеблется в диапазоне от 30 до 60 % от стоимости выработок, а затраты на возведение крепи достигают 50 % всех затрат на проведение выработок. Причем, усложнение горно-геологических условий приводит к возрастанию затрат на поддержание выемочных выработок, охраняемых известными способами и средствами.

Так, тридцатипятилетний опыт работы шахты ОАО «Воргашорская-2», наряду с увеличением глубины отработки пласта «Мошный» Воргашорского месторождения (с 200 до 480 м), свидетельствует о существенном в течение последних 5—7 лет усилении влияния горно-геологических условий. В настоящее время практически каждой из выемочных выработок в период их проведения встречаются разрывные тектонические нарушения с амплитудами до 15—40 м, не выявленные геологической разведкой. Средние и мелкоамплитудные разрывные нарушения представляют собой сформированные зоны сильнотрещиноватых пород, рас-

полагающиеся вдоль нарушений полосами шириной до 20 м. Непосредственная кровля представлена, как правило, тонкослоистыми алевролитами, относящимися к категории от весьма неустойчивых до устойчивых. Участки ложной кровли толщиной 0,2—0,5 м, а также неустойчивой непосредственной кровли составляют около 20 % площади шахтного поля [1]. Толщина плиток расслоения алевролитов в меньшую сторону может достигать 2—3 см. Формирование плиток происходит по ослабленным плоскостям наслоений. Тонкоплитчатое состояние алевролит приобретает в условиях незакрепленного пространства или горного давления, формирующегося по контуру выработки. Толщина непосредственной кровли изменяется от 8 до 17 м, коэффициент крепости по шкале проф. М.М. Протодяконова  $f = 4—6$ .

Инструментальные наблюдения, проведенные в поддерживаемых за лавами выемочных выработках, в период применения на шахте бесцеликовой технологии отработки выемочных столбов, отрабатываемых как по падению, так и по простиранию пласта, показали [2], что смещения кров-

ли на сопряжении вентиляционных воздухоподающих выработок с очистными забоями во всех без исключения случаях превышают конструктивные величины податливости крепей. С учетом разделения срока службы подготавливаемых выработок на пять периодов [3], основная доля смещений боковых пород приходится на периоды, в течение которых выработки находятся в зонах влияния очистных работ. Суммарные смещения кровли и почвы в эти периоды достигали 65 % от общей величины смещений. В более чем 50 % случаев смещения кровли в два раза и более превышали расчётные. В отдельных выработках опускания кровли достигали трёхкратной паспортной податливости крепи.

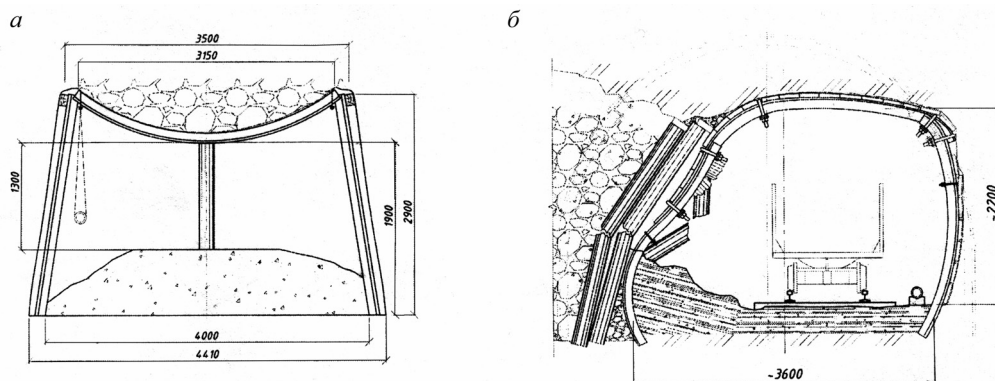
Так, например, смещения кровли в конвейерном штреке 542-ю, пройденного поперечным сечением в свету  $S_{св} = 9,9 \text{ м}^2$ , по простиранию на глубине  $H = 250 \text{ м}$  от поверхности с плотностью установки рам  $n = 1,5$  рам/п.м. крепи типа КМТ (аналог КМП-Т) пласта на сопряжении со смежной (второй) лавой достигали 1400 мм при конструктивной податливости крепи 700 мм, а в конвейерном штреке 152-ю смежного выемочного блока ( $S_{св.} = 12,8 \text{ м}^2$ ,  $H = 310 \text{ м}$ ,  $n = 1,5$  р/п.м.), закрепленном спецпрофилем СВГ-27 крепи КМП-А3, суммарные смещения кровли после отхода лавы от замерной станции на 1000 м [4] составили 1200 мм при конструктивной податливости крепи 400 мм. Дополнительное осложнение на локальных участках выработок вызывало пучение пород почвы

На рис. 1 (а, б) представлен характер изменения контура выемочных выработок различной формы за очистным забоем со стороны выработанного пространства, в том числе с учетом влияния близко расположенного

разрывного тектонического нарушения (рис. 1, а).

Анализ характера взаимодействия крепи выемочных выработок с породами кровли, в особенности в горно-геологических условиях, согласно рис. 1а, показал, что с помощью рамной крепи, устанавливаемой в выемочных выработках, не всегда возможно даже при тщательном расклинивании ее элементов предотвратить отслоение и прогиб нижних слоев кровли, связанный с обнажением пород, так как эта крепь по конструктивным ее особенностям устанавливается без предварительного распора. Это указывает на то, что рамная крепь не всегда способна противостоять силам горного давления или предотвращать ослабление сил сцепления пород кровли. Смещения кровли вследствие процесса сдвижения горных пород встречают несущественное противодействие со стороны элементов рамной крепи как до осадки, так и в течение некоторого времени после неё. Крепь только тогда значительно нагружается и начинает оказывать достаточное сопротивление горному давлению, когда закрепное пространство уже сильно уплотнено разрушенными и отслоившимися приконтурными породами. Но в этом случае связь пород в окрестностях выработки уже нарушена, а в последующем при вторичном нагружении рамной крепи путём воздействия на неё опорного давления происходит очередное перераспределение равновесных сил, сопровождающееся увеличением деформации верхняков и рамных стоек.

В этих условиях, как показала практика, объемы перекрепления конвейерной выработки (замена органной крепи, элементов крепежных рам, затяжки и пр.) после отработки первого выемочного столба составляли



**Рис. 1. Характер изменения контура трапециевидной и арочной формы выемочных выработок со стороны выработанного пространства очистных забоев 542-ю (а) и 152-ю (б)**

от 30 до 60 %, а объемы подрывки пород почвы — около 30 % от общей длины поддерживаемой выработки. Указанные выше типы крепи горных выработок не обладали ни достаточными податливостью, ни несущей способностью в той мере, которая позволяла бы обеспечить безремонтное поддержание выработок.

В период поиска более совершенного способа повышения устойчивости выемочных выработок, подверженных влиянию очистных работ, на шахте было освоено применение рамной крепи в сочетании с анкерной. На участке конвейерного штрека 512-е, закреплённом рамно-анкерной смешанной крепью, выполнялись контрольные измерения сближения кровли и почвы по реперным замерным станциям на двух опытных участках с анкерной крепью и на контрольном - без анкеров. Первый опытный участок был закреплён рамами КСТ и сталеполимерными анкерами с неполным заполнением шпура быстротвердеющим составом, второй — рамами КСТ и сталеполимерными анкерами с полным заполнением стержня анкера, а контрольный участок — только рамами КСТ.

Инструментальные наблюдения, выполненные на замерных станциях, оборудованных на опытных участках с целью определения конвергенции вмещающих пород показали, что влияние очистных работ в конвейерном штреке 512-е начало проявляться в 35—45 м впереди лавы. Средние величины сближения кровли и почвы в створе с забоем лавы на первом и втором участках составили соответственно 61 мм и 45 мм, а на контрольном — 72 мм. Соответственно максимальные скорости сближения кровли и почвы составили 15,5 мм, 12,5 мм и 26 мм в сутки.

В целях дальнейшего совершенствования технологии повышения устойчивости выемочных выработок, основываясь на вышеупомянутом положительном опыте применения рамно-анкерной крепи при подготовке и отработке выемочных столбов 612-е и 712-е крепление конвейерных выработок выполняли в два этапа. На первом этапе рамную крепь устанавливали на стадии проведения выработки, а на втором этапе на стадии отработки выемочного столба между рамами крепи в 35—40 м впереди забоя лавы возводили анкерную крепь.

Данная технология крепления выработок с разделением выполнения операций по времени и в пространстве позволила улучшить эксплуатационное состояние выработок позади лавы на 30—40 % по сравнению с рамной крепью [4].

Таким образом, на выемочных участках по мере увеличения глубины горных работ и влияния частоты перехода лавами горно-геологических нарушений на каждые 100 м подвигания все чаще стали возникать горнотехнические ситуации, в особенности в зоне влияния сопряжений очистных забоев с примыкающими выработками, указывающие на необходимость повышения устойчивости выемочных выработок (штреков, уклонов), в особенности в районе сопряжений выработок с очистным забоем, а также на необходимость отказа от бесцеликовой технологии отработки пласта.

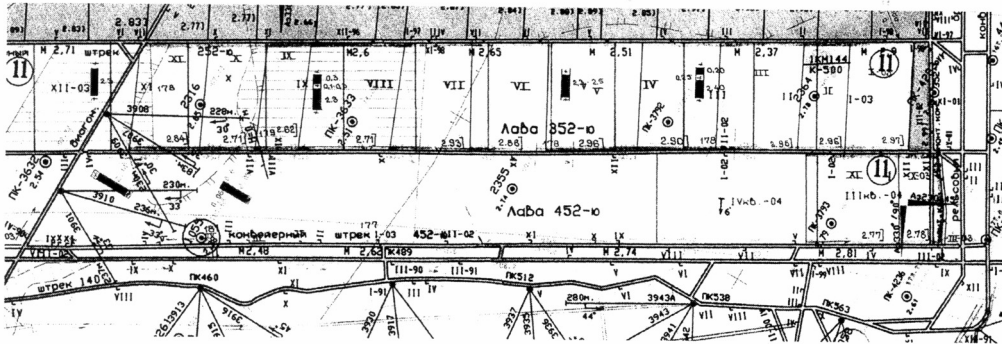
Выполненный в 2003—2004 годах анализ прогрессивных технических решений по повышению устойчивости выемочных выработок (использование повышенного поперечного сечения проводимых выработок за счет применения более тяжелых спещпрофилей (например, СВП-33) или увеличения плотности установки крепежных рам, в том числе специальных крепей усиления, устанавливаемых в зонах интенсивного проявления горного давления впереди и позади очистных забоев первой и второй лав) показал, что все эти решения соответствуют экстенсивному пути развития технологии, обусловленному ростом финансовых затрат, себестоимостью конечного продукта, увеличением трудоёмкости горных работ при негарантированном повышении расчетного объема добычи угля. Причем, ни один из известных способов охраны выработок, основанных на возведении искусственных

ограждений в поддерживаемой выработке на границе с выработанным пространством, не обеспечивает их безремонтного поддержания. Наиболее эффективными на пологих пластах мощностью 2,5—3,5 м являются технологические схемы очистных работ с проведением двух, трех или четырех штреков, разделенных целиками угля, и закрепленных анкерной крепью.

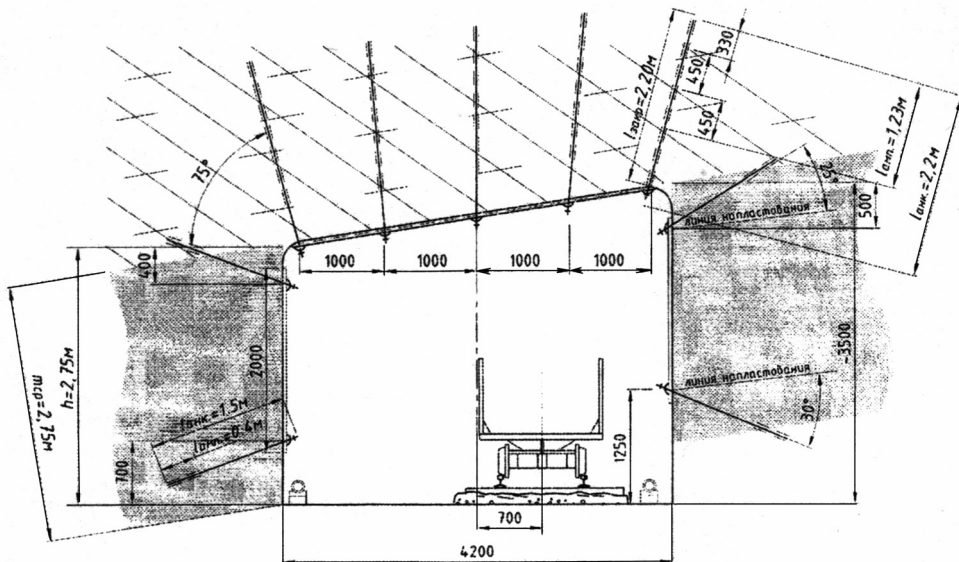
На основании результатов анализа было принято решение об использовании технологии крепления приконтурного массива выемочных выработок сталеполлимерной анкерной крепью и перехода от бесцеликового способа подготовки выемочных столбов на парный способ подготовки с оставлением между спаренными выработками целиков угля шириной 20—30 м.

С целью повышения устойчивости выемочных спаренных выработок при отработке выемочного столба 452-ю пласта «Мощный» в 2005 году в конвейерном штреке 452-ю, пройденного по простиранию поперечным сечением  $S_{св} = 13,3 \text{ м}^2$  на глубине  $H = 310 \text{ м}$ , были проведены шахтные исследования. Для выполнения поставленной цели на конвейерном штреке 452-ю был выделен экспериментальный участок. Задачами исследования предусматривалось определить: характер сдвижения заанкерowanego участка углепородного массива (в кровле и боках выработки), особенности проявлений горного давления на экспериментальном участке впереди и позади очистного забоя, несущую способность анкерной крепи, усилие натяжения кровельных анкеров, величину вертикальной и горизонтальной конвергенции конвейерного штрека.

Выкопировка с плана горных выработок и схема анкерования пород кровли и боков конвейерного штрека 452-ю на экспериментальном участке представлена на рис. 2 и 3.



**Рис. 2. Выкопировка с плана горных выработок при отработке выемочного столба 452-ю пласта «Мошный»**



**Рис. 3. Схема заложения анкеров в породы кровли и бока на экспериментальном участке конвейерного штрэка 452-ю пласта «Мошный»**

Экспериментальный участок конвейерного штрэка 452-ю длиной 200 м, закрепленный анкерной крепью, располагался впереди монтажной камеры на расстоянии 1050 м. Угол падения пласта «Мошный» — 6—8°. Вынимаемая мощность пласта на участке анкерования углепородного массива — 2,75 м. Верхняя часть пласта на расстоянии 0,3—0,4 м от кровли на отдельных участках была замещена

породным прослоем углисто-глинистого состава толщиной 0,1—0,2 м.

Непосредственная кровля представлена алевритом мощностью 6—20 м. Алеврит слоистый, трещиноватый, с пластовой отдельностью через 0,1—0,4 м, средней устойчивости. Основная кровля — песчаник, переслаивающийся с алевритом. Тип кровли по обрушаемости — средний. В почве толщиной до 2 м —

аргиллит, алевролит и три тонких угольных прослойки, ниже которых залегает песчаник.

Расчёт параметров плотности установки сталеполимерной анкерной крепи, выбор места размещения, длины и количества анкеров, устанавливаемых в кровлю и бока экспериментального участка, производили, согласно требованиям «Инструкции...» [5], а также требованиям и рекомендациям ВНИМИ (г. Санкт-Петербург).

Работы по анкерованию приконтурного массива выработки выполняли в соответствии с «Паспортом проведения и крепления конвейерного штрека 452-ю сталеполимерной анкерной крепью». Контроль за устойчивым состоянием выработки и выполнение требований по безопасному ведению работ при возведении анкерной крепи осуществляли на основании «Программы и методики шахтных испытаний технологии анкерного крепления горных выработок в условиях ОАО «Шахта Воргашорская-2».

Согласно [5], схема анкерования пород кровли и боков конвейерного штрека на экспериментальном участке предусматривала заложение 5 анкеров длиной 2,2 м в кровлю штрека в ряду соответственно с плотностью установки анкерных рядов и расстоянием между анкерами в ряду 1,0 м (сетка анкерования 1м×1м); двух анкеров длиной 1,5 м в каждом боку выработки; два дополнительных анкера длиной 1,5 м в кровлю через каждые 3 м вдоль штрека для подвески перегружателя и последующего монтажа подвесного ленточного конвейера.

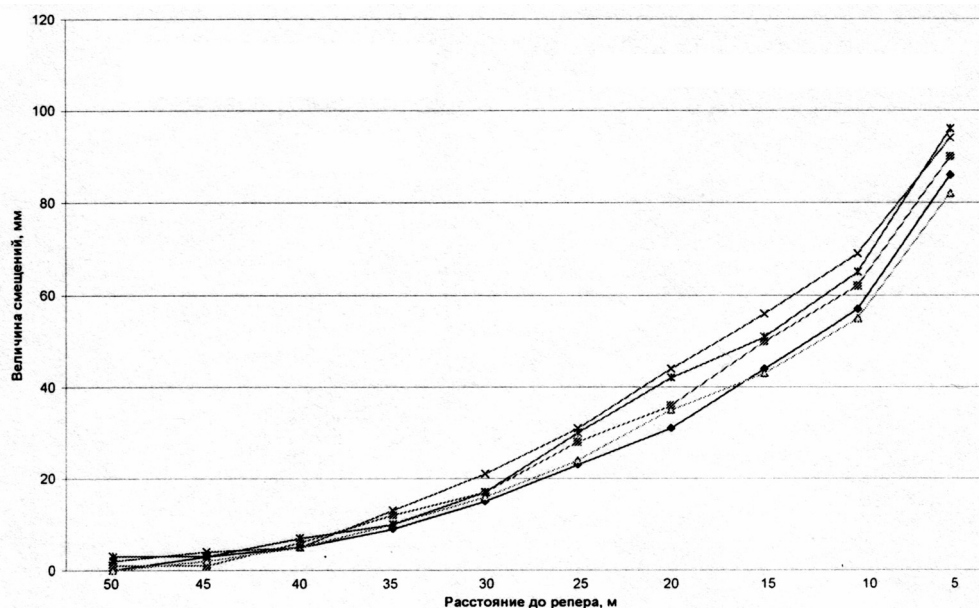
Величину расслоений пород кровли на экспериментальном участке определяли с помощью пяти глубинных реперов КДМ-2, закладываемых в породы кровли на глубину 4,8—5,0 м по оси конвейерного штрека 452-ю через каждые 50 м, а величину вертикальной и горизонтальной конверген-

ции штрека с помощью рулетки ВНИМИ. Усилия натяжения кровельных анкеров определяли при помощи динамометров АД, устанавливаемых на анкера через каждые 50 м вдоль заанкерowanego участка. В период отработки экспериментального участка скорость подвигания очистного забоя составляла 3,5—5,0 м/сут.

В результате обработки инструментальных и визуальных наблюдений было установлено:

1. Влияние зоны повышенного горного давления на экспериментальном участке составляло 40—50 м. Расслоений пород кровли впереди лавы в зоне опорного давления на заанкерowanym участке не происходило. Согласно замерам, по ближайшему впереди лавы глубинному реперу № 1 (КДМ-2), смещений кровли в пределах заанкерowanego слоя (2,1 м) не наблюдалось, при этом величина отслоения заанкерowanej толщи от вышележащих породных слоёв не превышала 7 мм. В ходе дальнейшего подвигания лавы 452-ю на основании инструментальных наблюдений за показаниями глубинных реперов № 2, 3, 4, 5 была выявлена та же закономерность, что и при наблюдении за репером № 1. Породная балка, скреплённая анкерами над подготовительной выработкой, смещалась незначительно, без расслоений, плавно прогибаясь в направлении подвигания забоя лавы. Характер смещений пород кровли на экспериментальном участке в процессе подвигания лавы 452-ю представлен на рис. 4.

2. Фактическая несущая способность анкерной крепи составляла в среднем 110 кН, что в 1,3 раза превышало расчетный показатель и свидетельствовало о качественном закреплении анкеров в породах кровли, и соответственно правильно выбранных параметрах их заложения.



**Рис. 4. Характер смещений пород кровли по показаниям глубинных реперов на экспериментальном участке**

3. При определении усилий натяжения кровельных анкеров было установлено, что при подходе забоя лавы к наблюдаемому динамометру АД в 15—20 м от него происходило незначительное в пределах 10—15 кН увеличение усилия натяжения анкера. Впоследствии при подвигании лавы суммарная величина натяжения анкера (с учетом показаний, зафиксированных на стадии проведения выработки) не превышала 20-25 кН.

4. Скорость и величина смещений пород кровли, как при применении рамной (на переходном участке), так и при применении анкерной крепи, затухают с глубиной, однако в первом случае затухание идёт значительно медленней. В результате скорость смещения заанкерванной кровли в 2—3 раза меньше, чем при использовании рамной крепи.

5. Результаты замеров смещения кровли при помощи глубинных репе-

ров позволяют представить механизм её сдвижения следующим образом. Незначительное сдвижение пород началось с непосредственной кровли впереди лавы в 30—35 м от конкретного места заанкерванного участка. По мере подвигания очистного забоя и перехода лавой контролируемой точки начатое сдвижение непосредственной кровли продолжало увеличиваться, но не превышало 100 мм. Столь незначительному расслоению пород кровли, по нашему мнению, способствовало наличие впереди очистного забоя крепи усиления, выполненной из ремонтин круглого леса диаметром 20—22 см. Как показал анализ, сдвижение пород кровли постепенно распространялось вглубь массива. Причём значительное отслоение непосредственной кровли от основной было зафиксировано на 4-е сутки, когда подвигание лавы по простиранию состави-

ло 12—15 м. Опускание основной кровли на обрушенные ранее породы непосредственной кровли произошло на 8-е сутки достаточно плавно, без значительной динамической разгрузки массива пород.

6. Горизонтальные смещения пласта в боках выработки не наблюдались. Состояние угольного массива со стороны лавы по длине экспериментального участка оценивалось, как устойчивое, без деформаций элементов крепи и вывалов пород.

7. Крепь сопряжения и концевые лавные секции механизированной крепи испытывали существенно меньшее давление со стороны кровли в зоне сопряжения лавы с конвейерным штреком по сравнению с последующим участком выемочного столба, то есть за пределами экспериментального участка, что подтверждалось отсутствием боковых вывалов в краевой части угольного массива лавы.

В результате выполненных работ по анкеранию выемочной конвейерной выработки удалось обеспечить устойчивость пород кровли и боков в

выработке шириной 4,2 м, находящейся непосредственно в зоне влияния очистных работ и значительно снизить конвергенцию приконтурного массива по сравнению со смещениями в аналогичных выработках, закрепленных рамной металлической крепью различных типов.

Таким образом, основываясь на результатах визуальных и инструментальных наблюдений, специалисты шахты пришли к мнению, что анкеры, устанавливаемые в приконтурном массиве горных пород, увеличивая несущую способность кровли и боков выработки, позволяют существенно уменьшить скорость и величину смещений непосредственной кровли и тем самым исключить проявление критической величины её сдвижения. На основании достигнутого положительного опыта руководством предприятия было принято решение в пользу применения анкеров винтового профиля типа А20В с полным заполнением стержня анкера в шпуре полимерным наполнителем при креплении подготовительных выработок [6, 7].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Технико-экономический расчёт* вскрытия и подготовки II горизонта шахты «Воргашорская» ПО «Воркутауголь». т. 1, кн.1 / ГИПРОШАХТ / Ленинград, 1988 г.

2. *Руководство по расчёту параметров крепления сопряжений лав с примыкающими выработками при применении стоечной и анкерной крепи на шахте «Воргашорская»* / ВНИМИ / С.-Петербург, 1998.

3. *Черняк И.Л., Бурчаков Ю.М.* Управление горным давлением в подготовительных выработках глубоких шахт. М., Недра, 1984, 303 с.

4. *Проект конструкции специальной крепи сопряжения лавы 223-ю с вентиляционным штреком 223-ю «бис»* / разработчик

Янко И.В./ эксперт. орг. ООО «ПНТЦ» / утв. ПМУ Ростехнадзор

5. *Инструкция по расчёту и применению анкерной крепи на угольных шахтах России* / ВНИМИ / С.-Петербург, 2000г.

6. *Протокол шахтных испытаний анкерного крепления горных выработок при погашении экспериментального участка длиной 200м конвейерного штрека 452-ю лавой 452-ю* / технич. дирекция ОАО «Шахта Воргашорская» / Воркута, 2004 г.

7. *Технологические схемы проведения выработок при многоштрековой подготовке выемочных участков на шахтах ОАО «Воркутауголь»* / СПГГИ (ТУ) «Воркутинский горный институт»/ Воркута, 2007. **ГЛАЗ**



## КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

---

*Зуев В.А.* — кандидат технических наук, доцент, e-mail: fspggi@vorkuta.com vgi-gd@yandex.ru

*Погудин Ю.М.* — доцент кафедры горного дела, кандидат технических наук,

e-mail: fspggi@vorkuta.com vgi-gd@yandex.ru,

Филиал Национального минерально-сырьевого университета «Горный» Воркутинский горный институт.

*Янко И.В.* — начальник технологической службы, шахта «Воргашорская 2»,

*Сарычев В.И.* — доктор технических наук, профессор, Тульский государственный университет.



---

## ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (ПРЕПРИНТ)

### ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В УГОЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

*Булдакова Е.Г., Гендлер С.Г., Гридина Е.Б., Далбаева Е.П., Истомин Р.С., Ковшов С.В., Коршунов Г.М., Курта И.В., Мешков А.А., Мухина Н.В., Пальцев А.И., Пасынков А.В., Хусайнова Р.Г., Черкай З.Н., Шик В.М., Мазаник Е.В., Скударнов С.М., Ютяев Е.П.*

Отдельные статьи Горного информационно-аналитического бюллетеня (научно-технического журнала). — 2012. — № 5. — 50 с.

*Представлены результаты исследований, проводимых на кафедре безопасности производств Национального минерально-сырьевого университета «Горный» совместно со специалистами ОАО «СУЭК-Кузбасс». Рассмотрены актуальные для современных угледобывающих предприятий проблемы производственной безопасности и охраны труда, в том числе вопросы травматизма, мониторинга здоровья, взрывов метановоздушных смесей, применения информационно-измерительных систем.*

*Ключевые слова: уголь, охрана труда, добыча, метан, производственная безопасность.*

### INDUSTRIAL SAFETY IN COAL BRANCH

*Bobrovnikov V.N., Buldakova E.G., Gendler S.G., Gridina E.B., Dalbayeva E.P., Istomin R.S., Kovshov S.V., Korshunov G.M., Curta I.V., Meshkov A.A., Mukhina N.V., Paltsev A.I., Pasyinkov A.V., Khusainova R.G., Cherkay Z.N., Shic V.M., Mazanik E.V., Skudarnov S.M., Yutyayev E.P.*

*Results of the researches which are carried out on chair of safety of productions of National mineral and raw university «Gorny» in common with specialists of JSC «SUEK Kuzbass» are presented. Problems of production safety actual for the modern coal-mining enterprises and labor protection, including questions of a traumatism, monitoring of health, explosions of aeromethane mixes, applications of information and measuring systems are considered.*

*Keywords: coal, labor protection, production, methane, production safety.*