© А.А. Исаченко, 2016

УДК
622.831.24

А.А. Исаченко

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЧИВОСТИ ПРИРОДНЫХ СВОЙСТВ УГЛЕПОРОДНОГО МАССИВА НА ГЕОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Приведены результаты анализа эффективности и безопасности подземной разработки угольных месторождений с изменчивыми горно-геологическими и горнотехническими параметрами. Установлено: 1) Изменчивость параметров углепородного массива является следствием процесса осадконакопления, геотектоники и проявляется в виде изменений в пределах месторождения свойств угольных пластов и вмещающих пород в том числе: мощности, строения и углов падения пластов; параметров дизъюнктивных и пликативных нарушений, размывов, расщеплений, кластических инъекций; прочностных и деформационных свойств, ползучести, трещиноватости, склонности к пучению, газоносности, удароопасности и выбросоопасности угольных пластов и горных пород; природного поля напряжений. 2) Наиболее существенное влияние на производительность длинного комплексно-механизированного очистного забоя оказывает изменчивость мощности и газоносности пласта: при увеличении вынимаемой мощности добыча в очистном забое возрастает почти линейно, а при ограничениях по метаноносности пласта в пределах от 0 до 12 м^3/т снижается в 3–5 раз. Выводы и рекомендации подтверждены результатами численного моделирования напряженно-деформированного состояния углепородного массива в окрестности горных выработок при отработке весьма сближенных пластов Кузбасса.

Ключевые слова: изменчивость свойств пород, свита пластов, шахта, выработка, мощность пород между пластами, остаточная прочность пород, коэффициент концентрации напряжений, зона разрушения пород..

При разработке проектной документации строительства или технического перевооружения угледобывающего предприятия основные горно-геологические и горнотехнические параметры месторождения в пределах горного отвода принимаются, как правило, детерминированными или среднеста-

тистическими с указанием пределов изменения показателей. Так как в проектах не учитывается пространственная изменчивость природных условий залегания угольных пластов, то при эксплуатации шахты происходит существенное отклонение фактических показателей от проектных. Это связано с ограничениями по геологическим факторам области применения оптимальных параметров технологии подземной угледобычи.

Причинами возникновения аномальных ситуаций при эксплуатации шахты являются следующие, как правило, не выявленные в процессе геологической разведки и на стадии проектирования, изменчивые в пространстве природные параметры: мощность, строение и угол падения пластов; дизъюнктивные и пликативные нарушения, размывы, расщепления, кластические инъекции; прочностные и деформационные свойства, ползучесть, трещиноватость, склонность к пучению, газоносность, удароопасность и выбросоопасность угольных пластов и горных пород; неравномерное природное поле напряжений и другие факторы.

Природная изменчивость свойств геомассива в пределах месторождения существенно влияет на конфигурацию выемочных участков с благоприятными для высокопроизводительных очистных забоев условиями, а также на область применения эффективных способов и схем вскрытия и подготовки шахтных полей. Для снижения негативного влияния пространственной изменчивости природных условий и сложной конфигурации шахтных полей на эффективность и безопасность недропользования предлагается на основе установленных зависимостей технологических и горно-геологических параметров разработать и реализовать технологические решения, обеспечивающие адаптивность технологии подземной угледобычи к конкретным параметрам шахтных полей.

В этой связи поставлена и решается актуальная научно-практическая задача разработки и реализации технологических решений, обеспечивающих устойчивую и безопасную эксплуатацию угольных шахт при пространственной изменчивости природных условий в пределах горных отводов сложной конфигурации их границ.

Предметом исследования являются зависимости технологических и геомеханических параметров технологии подземной угледобычи от пространственной изменчивости природных факторов в пределах горных отводов шахт сложной конфигурации.

Цель исследований предполагает разработку и реализацию технологических решений для вскрытия, подготовки и отра-

ботки свиты угольных пластов в шахтном поле сложной конфигурации и с изменяющимися в пространстве природными горно-геологическими и горнотехническими параметрами.

В процессе исследований реализуется следующая идея: выявление и практическое использование зависимостей технологических и геомеханических параметров технологии подземной угледобычи от пространственной изменчивости природных факторов в пределах горных отводов шахт сложной конфигурации.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

1. Классифицировать шахтные поля по пространственной изменчивости природных горно-геологических и горнотехнических параметров и конфигурации границ горных отводов.

2. Провести шахтные исследования влияния пространственной изменчивости природных условий залегания угольных пластов и сложной конфигурации шахтных полей на технологические параметры вскрытия и подготовки шахтных полей.

3. Установить зависимости технологических и геомеханических параметров выемочных участков от пространственной изменчивости природных условий залегания угольных пластов.

4. Обосновать критерии и разработать методику выделения границ технологических блоков с однородными свойствами углепородного массива.

5. Реализовать в условиях Кузбасса разработанные технологические решения при отработке шахтного поля сложной конфигурации с изменчивыми в пространстве природными параметрами.

Решение поставленных задач осуществляется с применением следующих методов: шахтные эксперименты, анализ показателей работы шахт в сложных природных условиях, численное многовариантное моделирование взаимодействующих технологических и геомеханических процессов, оценка риска возникновения предаварийных ситуаций, обоснование с использованием методов системного анализа технологических решений по подготовке выемочных участков.

На первом этапе анализа эффективности работы угольных шахт с изменяющимися в пределах горного отвода горно-геологическими и горнотехническими параметрами проведена идентификация понятия изменчивости. Согласно [7] изменчивость следует понимать как непостоянство, разнообразие, возникновение индивидуальных различий, приобретение других качеств и свойств чего-либо. В большей мере это понятие используется

применительно к живым организмам и природным явлениям. Аналогично в толще осадочных горных в процессе осадконакопления в постгенетический период и под влиянием геотектоники произошли изменения свойств угольных пластов и вмещающих пород, в том числе: мощности, строения и углов падения пластов; параметров дизъюнктивных и пликативных нарушений, размывов, расщеплений, кластических инъекций; прочностных и деформационных свойств, ползучести, трещиноватости, склонности к пучению, газоносности, удароопасности и выбросоопасности угольных пластов и горных пород; природного поля напряжений [1–3, 9, 12]. Характерной особенностью изменчивости указанных свойств и параметров углепородной толщи в настоящей работе является учет закономерностей их пространственного распределения для использования при разработке проектной документации и разработке месторождения.

По результатам анализа пластовых карт и планов горных работ установлено, что в пределах горных отводов почти всех угледобывающих предприятий Кузбасса пространственная изменчивость горно-геологических и горнотехнических параметров существенно влияет на планировку горных выработок и производительность очистных и подготовительных забоев. Следствием влияния изменчивости указанных параметров и сложной конфигурации границ шахтного поля в Кузбассе являются выемочные поля и участки нерациональной формы и размеров, в том числе: уступная форма выемочного столба, требующая проведение перемонтажа механизированного комплекса при наращивании или сокращении длины очистного забоя шахта «Есаульская»; косоугольная форма выемочного столба, особенно на его границах, требующая осуществлять разворот механизированного комплекса (шахта «Полосухинская»); расщепление угольного плата породным прослойком на угольные пачки (бывшая шахта «Кушеяковская») и др.

Характерной особенностью угольных пластов Кузбасса является изменение формы и заложения изогипс на плане горных работ, что приводит к необходимости корректировки прямолинейности выемочных выработок, оконтуривающих выемочный участок, и дополнительным затратам при конвейерном транспорте горной массы и участковом водоотливе.

По результатам исследований, приведенных в монографии [5], можно утверждать, что выбор типа механизированного комплекса по средней мощности в пределах выемочного столба приведет к снижению производительности очистного забоя

на участках с мощностью больше средней и нерациональному повышению инвестиций при использовании высокопроизводительного и металлоемкого оборудования на участках с мощностью пласта меньше средней.

Например, при изменчивости мощности пласта от 2 до 4 м суммарная мощность электродвигателей комбайна должна увеличиться в пределах 163–450 кВт, металлоемкость комбайна – в пределах 70–168 т, а масса секций крепи – в интервале 3,2–9,9 т [12].

Важным фактором, влияющим на стабильность работы очистного комплексно-механизированного забоя, является изменчивость газоносности угольных пластов в пределах выемочного участка.

По результатам расчета с использованием исходных данных, приведенных в монографии [5], построены графики зависимости производительности очистного забоя при изменении метановыделения из лавы в пределах 3,6–12 м^3/т для пластов тонких, средней мощности и мощных (рис. 1).

Как следует из графиков, изменчивость мощности пласта и газоносности угольного пласта оказывают существенное влияние на производительность очистного забоя и шахты в целом.

В рекомендуемых для применения на угольных шахтах технологических схемах подземной разработки угольных место-

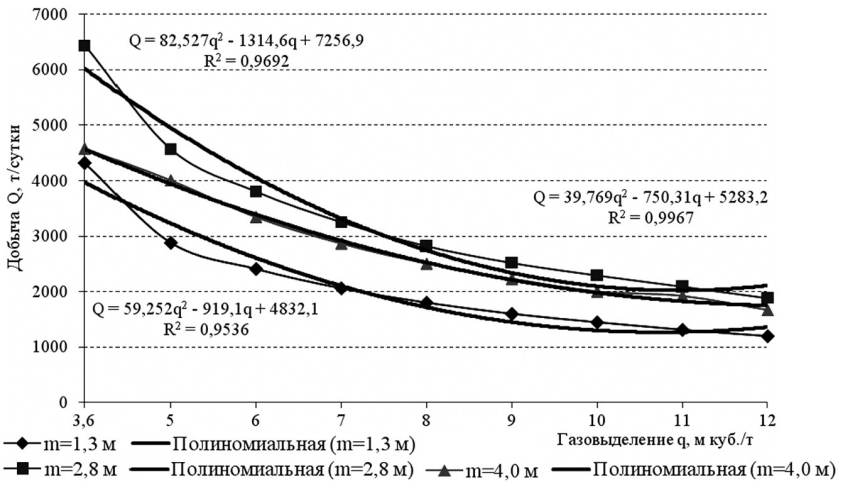

Рис. 1. Графики зависимости производительности очистного забоя Q от метаноносности геомассива q при изменении вынимаемой мощности пласта в пределах 1,3–4,0 м

рождений [4, 8] предлагается изменчивость учитывать следующим образом:

• мощность угольного пласта и пород непосредственной кровли принимаются средними в пределах выемочного участка, что не всегда соответствует реальным горно-геологическим условиям выемочных участков на современных шахтах Кузбасса длиной 1000 и более метров и подтверждается графиками рис. 1;

• форму выемочного участка рекомендуется принимать прямоугольной, что также не всегда возможно при сложной форме и границах горного отвода;

• физико-механические характеристики углепородного массива в пределах выемочного участка принимаются средневзвешенными по мощности пласта и породных слоев;

• для учета влияния дизъюнктивных нарушений предлагается выделять блоки массива, ограниченные сместителями, и в пределах каждого блока принимать средние прочностные и геометрические параметры породных слоев и угольных пластов, однако методика выделения таких блоков не разработана для практического применения [1].

То есть, в настоящее время отсутствуют действующие нормативные документы, позволяющие корректно учитывать изменчивость горно-геологических и горнотехнических параметров углепородного массива при разработке проектной документации и эффективном ведении подземных горных работ.

Заслуживает внимания методика выделения однородных геологических блоков, рекомендованная для оценки и подсчета запасов полезного ископаемого на стадии оформления результатов геолого-разведочных работ [3]. Оценку технологических параметров вмещающих угольные пласты пород и границ однородных технологических блоков можно проводить по методике многофакторного прогнозирования устойчивости углевмещающих пород в очистных выработках шахт Кузбасса [5, 8] и по результатам автоматизированного мониторинга, разработанного в Германии [13]. Однако необходимо провести дополнительные исследования для обоснования технологических решений, адаптивных к условиям отработки однородных геологических блоков в Кузбассе, в том числе для предотвращения горных ударов в угольных целиках между соседними блоками [11].

Весьма актуальной для шахт Кузбасса является изменчивость мощности пород междупластья сближенных пластов. В работе [4] установлено, что при отработке весьма сближенных уголь-

ных пластов проявляются следующие закономерности, которые могут привести к опасным явлениям:

• повышение коэффициента концентрации в отрабатываемом угольном пласте под влиянием целиков на весьма сближенных пластах до $(4 \div 6) \times \gamma \times H$, где γ –плотность горных пород, H – глубина разработки;

• смещения пород кровли и почвы подготовительных выработок на отрабатываемом пласте в зоне влияния угольных целиков на сближенных соседних пластах увеличиваются в 2,5–4,5 раза;

• при совместной одновременной отработке двух сближенных пластов в нисходящем порядке точка максимума эпюры временного опорного горного давления располагается на расстоянии 12–15 м впереди очистного забоя верхнего надрабатывающего пласта;

• длина зоны временного опорного горного давления при отработке свиты весьма сближенных пластов составляет 120–125 м при труднообрушаемых кровлях и 70–85 м при среднеобрушаемых.

По результатам исследований в работе [4] обоснованы следующие рекомендации и предложения:

• при мощности пород междупластья 1–8 м рациональной является совместная отработка сближенных пластов в нисходящем порядке;

• при мощности пород между сближенными пластами до 1,5 м возможна подготовка выемочных участков посредством проведения вентиляционного и конвейерного штреков по нижнему пласту, а при мощности более 1,5 м по верхнему пласту дополнительно проводятся просеки.

Для оценки эффективности рекомендаций, приведенных в монографии [4] проведены исследования характера распределения напряженно-деформированного состояния углепородного массива при взаимном влиянии горных выработок на весьма сближенных пластах.

На рис. 2 приведены графики распределения отношения остаточной прочности пород к исходной и выделены зоны разрушения пород в окрестности штрека при мощности пород между пластами 0,6 и 1,2 м. Графики получены по результатам численного моделирования геомеханических процессов с использованием комплекса проблемно-ориентированных программ, разработанных на кафедре геотехнологии Сибирского государственного индустриального университета [6].

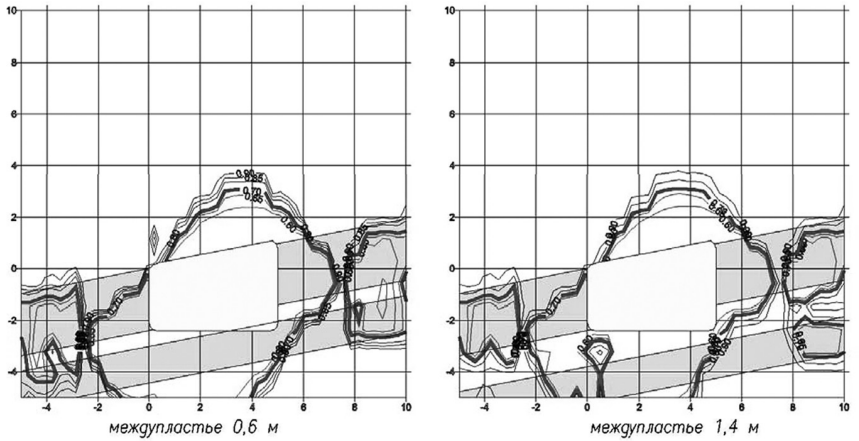

Рис. 2. Отношение остаточной прочности вмещающих пород к исходной вокруг штрека при величине междупластья 0,6 и 1,2 м: горизонтальная ось – расстояние от левого бока выработки, м; вертикальная ось – расстояние от кровли выработки, м

Из графиков рис. 2 следует, что даже при незначительном увеличении мощности пород между пластами породный слой оказывает влияние на форму и размеры зоны разрушения пород и, следовательно, на параметры крепи горной выработки.

На рис. 3 показаны графики распределения коэффициентов концентрации вертикальных напряжений в зоне влияния уклонов на одной из шахт восточного Кузбасса. Согласно графикам взаимное влияние соседних уклонов несущественное, в переделах 5% от гравитационного поля нетронутого горными работами массива, то есть угольные целики сохраняют свою устойчивость. Максимальные коэффициенты концентрации напряжений установлены в боках крайних выработок: вентиляционного уклона пласта П1 (коэффициент концентрации напряжений $K = 1{,}6$) и транспортного уклона пласта П2 (коэффициент концентрации напряжений $K = 1{,}9$).

При глубине разработки пласта П2 $H = 270$ м и плотности пород $\gamma = 2{,}5$ т/м^3 напряжения в нетронутом массиве составят 6,75 МПа. При коэффициенте концентрации вертикальных напряжений K напряжения в западном боку вентиляционного уклона пласта П1 составят $\sigma_{П1} = 6{,}75 \times 1{,}6 = 10{,}8$ МПа. Соответственно в восточном боке транспортного уклона $\sigma_{П2} = 6{,}75 \times 1{,}9 = 12{,}8$ МПа. При прочности пород при сжатии $\sigma_{сж} = 10$ МПа и коэффициенте структурного ослабления при переходе от лабораторного

образца к натурному трещиноватому пласту $K_{стр} = 0,5$, выполняется неравенство

• для западного бока вентиляционного уклона пласта П1: $10,8 > 10 \times 0,5$ – произойдет разрушение угля;

• для восточного бока транспортного уклона пласта П2: $12,8 > 10 \times 0,5$ – произойдет разрушение угля.

Аналогичные разрушения угля в боках ожидаются и в других выработках.

Согласно результатам исследований и графикам на рис. 3 вероятность горных ударов в целиках низкая [10].

Приведенные результаты моделирования подтверждают актуальность проектирования и планирования пространственно-временного расположения горных выработок с учетом мощности и свойств пород между сближенными пластами.

Таким образом, по результатам краткого анализа эффективности и безопасности подземной разработки угольных месторождений с изменчивыми горно-геологическими и горнотехническими параметрами установлено следующее:

1) Изменчивость параметров углепородного массива является следствием процесса осадконакопления, геотектоники и проявляется в виде изменений в пределах месторождения свойств угольных пластов и вмещающих пород в том числе: мощности, строения и углов падения пластов; параметров дизъюнктивных и пликативных нарушений, размывов, расщеплений, класти-

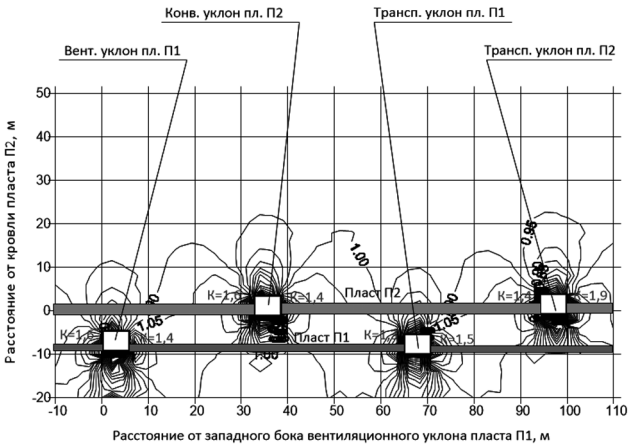

Рис. 3. Графики распределения коэффициентов концентрации вертикальных напряжений в окрестности уклонов на весьма сближенных пластах восточного Кузбасса

ческих инъекций; прочностных и деформационных свойств, ползучести, трещиноватости, склонности к пучению, газоносности, удароопасности и выбросоопасности угольных пластов и горных пород; природного поля напряжений.

2) Наиболее существенное влияние на производительность длинного комплексно-механизированного очистного забоя оказывает изменчивость мощности и газоносности пласта: при увеличении вынимаемой мощности добыча в очистном забое возрастает почти линейно, а при ограничениях по метаноносности пласта в пределах от 0 до 12 $м^3$/т снижается в 3–5 раз.

3) Мощность пород между сближенными пластами существенно влияет на способы и схемы подготовки и отработки выемочных полей: при мощности междупластья 1–8 м рекомендуется совместная одновременная отработка пластов.

4) Рекомендуются следующие основные направления исследований для рациональной отработки угольных месторождений с изменчивыми в пространстве в пределах шахтного поля природными условиями:

• разработка классификации шахтных полей по пространственной изменчивости природных горно-геологических и горнотехнических параметров;

• установление зависимостей технологических и геомеханических параметров выемочных участков от пространственной изменчивости природных условий залегания угольных пластов.

• обоснование критериев и разработка методики выделения границ технологических блоков с однородными свойствами углепородного массива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гатинский Ю. Г.*, *Малышев Ю. Н.*, *Прохорова Т. В.* Геодинамика и сейсмичность горнопромышленных регионов стран СНГ Центральной Азии // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – 2015. – № 2. – С. 78–84.

2. *Лазаревич Т. И. и др.* Геодинамическое районирование Южного Кузбасса. Монография. – Кемерово: Редакционно-издательская фирма «Весть», 2006. –184 с.

3. *Геологическое* обеспечение работ по добыче угля: Сборник нормативных документов / Под ред. А.Д. Рубана. – М.: Изд-во «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2011. – 432 с.

4. *Егоров П. В. и др.* Разработка весьма сближенных пластов на шахтах Кузбасса. – Прокопьевск: КузНИУИ, 1992. – 286 с.

5. *Клишин В. И.*, *Шундулиди И. А.*, *Ермаков А. Ю.*, *Соловьев А. С.* Технология разработки запасов мощных пологих пластов с выпуском угля. – Новосибирск: Наука, 2013. – 248 с.

6. *Фрянов В.Н., Петрова О.А., Петрова Т.В.* Комплекс проблемно-ориентированных программ для моделирования формирования и распределения опасных зон в газоносном геомассиве: свидетельство о регистрации электронного ресурса. № 21123, дата регистрации 03 августа 2015 года // Хроники объединенного фонда электронных ресурсов «Наука и образование» № 08–09 (75–76) август-сентябрь 2015. – С. 2. Режим доступа: http://ofernio.ru/portal/newspaper05.php

7. *Ожегов С.И.* Словарь русского языка. – М.: Русский язык, 1982. – 816 с.

8. *Першин В.В.*, *Войтов М.Д.*, *Клюкин Г.К.*, *Сарычев В.И.* Подземная разработка пластовых месторождений. – Кемерово: КузГТУ, 2014. – 360 с.

9. *Bauer E. R.*, *Dolinar D. R.* Skin failure of roof and rib support techniques in underground coal mines // New technology for coal mine roof support. NIOSH Inform. Circular. 2000. P. 99–109.

10. *Biswas K., Mark C.*, *Peng S.S.* A unique approach to determining the timedependent in situ strength of coal pillars // Proc. of the 2nd Intern. Workshop on Coal Pillar mechanics and Design. Inform. Circular 9448. Vail, CO, USA, 1999.

11. *Bräuner G.* Gebirgsschläge und ihre Verhütung in Ruhrbergbau. Verlag Glückauf GmbH. Essen. 1992.

12. *Haramy K.Y. McDonntll J.P.* Causes and Control of Coal Mine Dumps // Bureau of Mines. Report of Investigations 9225. 1988.

13. *Kurfürst W., Reuter V., Scheerer H-J., Veksler Ju.* Online Data Analysis for a Prognosis of Rock Burst in Fully Automatic Longwalls. Zweites Internationales Kolloquium «Hochleistungs-Strebbetriebe High-Performance Longwall Operations». – Aachen: RWTH 13. und 14.2000. ГИАБ

КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Исаченко А.А. – заместитель главного инженера по технологии филиала «Шахта «Ерунаковская-VIII» ОАО Объединенная угольная компания «Южкузбассуголь», e-mail: metall_kuzbass@mail.ru.

UDC 622.831.24

A.A. Isachenko

THE INFLUENCE OF THE NATURAL VARIABILITY OF THE COAL-ROCK MASSIF PROPERTIES OVER GEOMECHANICAL PARAMETERS OF MINE WORKINGS OF COAL MINES

The results of a brief analysis of efficacy and safety of underground mining of coal deposits with varying geological and geotechnical parameters are given.

The following is revealed:

1) The variability of the parameters of the rock massif is the result of sedimentation processes, geotectonics and manifests itself in the form of changes of coal seams properties and enclosing rocks within the deposit including: thicknesses, structures and incidence angles of seams; the parameters of disjunctive and plicative breaches, washouts, splits, clastic injections; strength and deformation properties, creep, fracture, tendency to bloating, gas and the bursting liability of coal seams and rocks; natural stress field.

2) The most significant influence on the performance of long fully-mechanized stope has a volatility of thickness and gas content of seam: when increasing of seam thickness excavation the production in a breakage face rises almost linearly, and under constraints on the methane content within from 0 to 12 m3/ton the production is reduced in 3–5 times.

The conclusions and recommendations are confirmed by the results of numerical simulation of stress-strain state of coal-rock massif in the vicinity of mine workings during the mining of very closely spaced seams in Kuzbas.

Key words: variability of properties of rocks, coal seams suite, mine, mining working, rock thickness between the seams, rocks residual strength, stress concentration coefficient, rocks fracture area.

AUTHOR

Isachenko A.A., Deputy Chief Engineer on Technology
Branch «Mine «Erunakovskaja-VIII» «United coal company «Juzhkuzbassugol'»,
654006, Novokuznetsk, Russia, e-mail: metall_kuzbass@mail.ru.

REFERENCES

1. Gatinskiy Yu. G., Malyshev Yu. N., Prokhorova T. V. *Fundamental'nye i prikladnye voprosy gornykh nauk*. 2015, no 2, pp. 78–84.

2. Lazarevich T.I. *Geodinamicheskoe rayonirovanie Yuzhnogo Kuzbassa*. Monografiya (Geodynamic zoning of the southern Kuzbass. Monograph), Kemerovo, Vest', 2006, 184 p.

3. *Geologicheskoe obespechenie rabot po dobyche uglya: Sbornik normativnykh dokumentov*. Pod red. A.D. Rubana (Geological support of coal mining: Collection of normative documents, Ruban D.A. (Ed.)), Moscow, Izd-vo «Gornoe delo» OOO «Kimmeriyskiy tsentr», 2011, 432 p.

4. Egorov P. V. *Razrabotka ves'ma sblizhennykh plastov na shakhtakh Kuzbassa* (Development of very closely spaced seams at the Kuzbass mines), Prokop'evsk, KuzNIUI, 1992, 286 p.

5. Klishin V. I., Shundulidi I. A., Ermakov A. Yu., Solov'ev A. S. *Tekhnologiya razrabotki zapasov moshchnykh pologikh plastov s vypuskom uglya* (The technology of development of the reserves of thick flat seams with the production of coal), Novosibirsk, Nauka, 2013, 248 p.

6. Fryanov V. N., Petrova O.A., Petrova T.V. Khroniki ob"edinennogo fonda elektronnykh resursov «Nauka i obrazovanie» № 08–09 (75–76) August–September 2015, pp. 2, available at: http://ofernio.ru/portal/newspaper05.php

7. Ozhegov S. I. *Slovar' russkogo yazyka* (Dictionary of the Russian language), Moscow, Russkiy yazyk, 1982, 816 p.

8. Pershin V. V., Voytov M. D., Klyukin G. K., Sarychev V. I. *Podzemnaya razrabotka plastovykh mestorozhdeniy* (Underground mining of bedded deposits), Kemerovo, KuzGTU, 2014, 360 p.

9. Bauer E. R., Dolinar D. R. Skin failure of roof and rib support techniques in underground coal mines. *New technology for coal mine roof support. NIOSH Inform. Circular*. 2000. P. 99–109.

10. Biswas K., Mark C., Peng S. S. A unique approach to determining the timedependent in situ strength of coal pillars. *Proc. of the 2nd Intern. Workshop on Coal Pillar mechanics and Design. Inform. Circular 9448*. Vail, CO, USA, 1999.

11. Bräuner G. Gebirgsschläge und ihre Verhütung in Ruhrbergbau. *Verlag Glückauf* GmbH. Essen. 1992.

12. Haramy K. Y. McDonntll J. P. Causes and Control of Coal Mine Dumps. *Bureau of Mines. Report of Investigations 9225*. 1988.

13. Kurfürst W., Reuter V., Scheerer H-J., Veksler Ju. Online Data Analysis for a Prognosis of Rock Burst in Fully Automatic Longwalls. *Zweites Internationales Kolloquium «Hochleistungs-Strebbetriebe High-Performance Longwall Operations»*. Aachen: RWTH 13. und 14.2000.