

УДК 622.831.242

Минеев С.П. д-р техн. наук, профессор,
Лыжков М.В., магистр
(ИГТМ НАН Украины),
Герасименко А.А.,
Аксёнов В.В.
(Государственный ВУЗ «НГУ»)

**ОЦЕНКА РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЫЕМКИ УГЛЯ ПО
ХАРАКТЕРУ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЯ В ЗАБОЙ**

Мінєєв С.П., д-р техн. наук, професор,
Лижков М.В., магістр,
(ІГТМ НАН України),
Герасименко А.А.,
Аксьонов В.В.
(Державний ВНЗ «НГУ»)

**ОЦІНКА РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ВИЙОМКИ ВУГІЛЛЯ ПО
ХАРАКТЕРУ ГАЗОВИДІЛЕННЯ У ВИБІЙ**

Mineev S.P., D.Sc. (Tech.), Professor,
Lyzhkov M.V., M. S. (Tech.)
(IGTM, NAS of Ukraine)
Gerasimenko A.A.,
Aksionov V.V.
(State H E I «NMU»)

**RATIONAL PARAMETERS OF THE COAL WINNING EVALUATED BY
CHARACTER OF GAS EMISSION INTO THE FACE**

Аннотация. Целью исследования является возможность повышения добычи угля в условиях ограниченных «газовым» фактором на шахтах Донбасса. Рассмотрена методика определения оптимальной скорости подвигания очистного забоя согласно «Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт».

Выполнены расчеты по определению оптимальной скорости подвигания очистного забоя для горно-геологических условий шахты им. Скочинского и ШУ Покровское. Проведен анализ возможного поступления метана в воздушное пространство забоя. Показано, что действующее «Руководство по проектированию вентиляции ... » не в полной мере обеспечивает современные требования к расчету допустимого уровня угледобычи по величине метанообильности выемочного участка применительно к существующим высокопроизводительным выемочным механизмам.

Ключевые слова: методика определения метанообильности выемочного участка, дебит метана, уровень угледобычи.

Одним из ключевых факторов, влияющих на производительность и рентабельность выемки угля в современных шахтах, является скорость подвигания очистного забоя. Однако данный параметр ведения горных работ, кроме прочих условий напрямую зависит от метаноносности разрабатываемого пласта и вмещающих его пород, а также принятой схемы отработки. Также, скорость

подвигания очистного забоя влияет на метанообильность лавы, участка и шахты в целом. Согласно Правилам безопасности (ПБ) и действующей методике, применяемой в «Руководстве по проектированию вентиляции угольных шахт» [1], определение максимально допустимой нагрузки на очистной забой выполняется по формуле

$$A_{\max} = A_{оч} \cdot I_p^{-1.67} \cdot \left(\frac{Q_p \cdot (C - C_0)}{194} \right)^{1.93}, \quad (1)$$

где $A_{оч}$ – фактическая добыча, при заданных параметрах лавы, т/сут; I_p – абсолютное метановыделение из очистной выработки, м³/мин; Q_p – расход воздуха для проветривания очистной выработки, м³/мин; C , C_0 – допустимые по ПБ концентрации метана в очистной выработке и поступающей струе, соответственно, %.

Расчетная модель и программный комплекс к ней в настоящее время имеется во многих организациях. Основные характеристики метановыделения в забой в зависимости от горно-геологических и технологических условий ведения горных работ были ранее исследованы в ИГТМ НАН Украины [5,6]. Кроме того, исследована динамика изменения концентрации метана в исходящей из очистного забоя струе воздуха при выемке угля, выполнении противовыбросных мероприятий, взрывных работах и других процессах ведения горных работ [4]. Анализ проведенных исследований показывает, что как отмечалось, газовый баланс выемочного участка при ведении очистных работ состоит из газовыделения из разрабатываемого пласта ($q_{o.n}$), отбитого угля ($q_{o.y}$), вмещающих пород ($q_{пор}$) и выработанного пространства ($q_{в.н}$). Однако, поскольку определить долю каждого источника метана в шахтных условиях достаточно сложно, то, как сейчас считается, вполне достаточно для практических целей определять газовыделение в забой путем расчета согласно требованиям существующего нормативного документа [1]. Исследованиями подтверждено, что удельный вес источников метановыделения в очистной выработке колеблется в широких пределах и зависит от многих факторов, в частности нагрузки на лаву, которая также является многофакторной функцией, наличия спутников, их газоносности и др. Результаты выполненного расчета по оценке относительного метановыделения в очистной забой приведены на рисунке 1. Газовыделение из вмещающих пласт пород и пластов –спутников, не разделено [1], что несколько уменьшает надежность выполняемого расчета.

Кроме того, к отрицательно влияющим факторам на корректность расчета можно отнести неравномерность (в 2,5 – 3 раза) скоростного поля вентиляционного потока по ширине призабойного пространства [7], а также возможные местные скопления метана, образующие, например, в местах простоя выемочного механизма или в зазорах между неровностями кровли и рамами мехкрепей. Необходимо также отметить, что рост доли газовыделения из выработанного

пространства в общем метановыделении с глубиной возрастает (рис. 1). Так, например, на шахте им. А.Ф. Засядько на глубине 1250 м эта доля уже составляет 86 %.

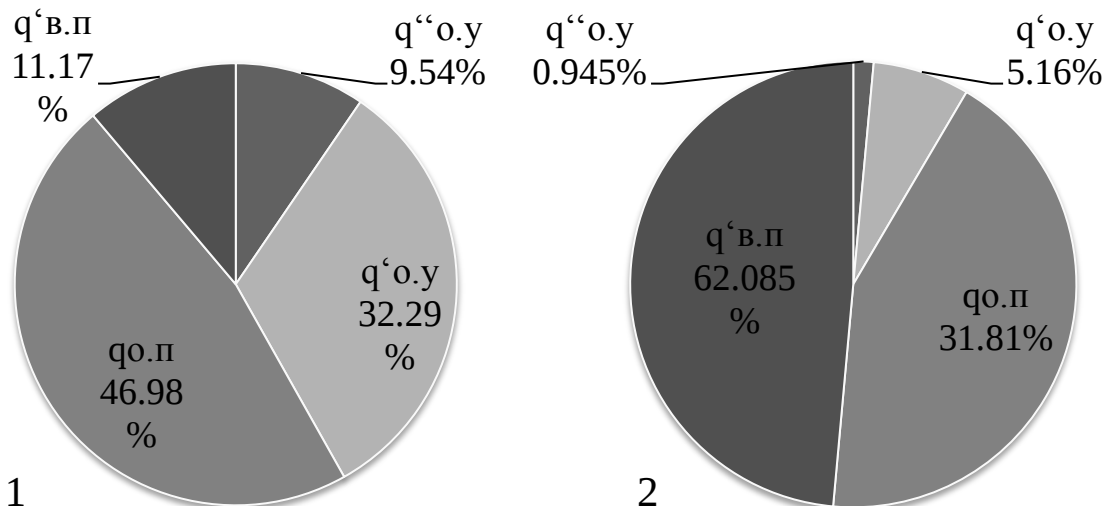


Рисунок 1 – Соотношение источников поступления метана на выемочном участке, соответственно для 1 - ШУ «Покровское» (пласт d_4 , гор. 870 м); 2 - шахты им. А.А. Скочинского (пласт h_7 , гор. 1300 м). Где, метановыделение из разрабатываемого пласта ($q_{о.п}$), отбитого угля в лаве ($q_{о.у}$), отбитого угля в штреке ($q_{о.у}$), выработанного пространства ($q_{в.п}$)

Учитывая, что поток свежего воздуха для разбавления метана до безопасной концентрации ограничен пропускной способностью выработок и безопасной скоростью движения воздуха в выработках, то максимальная нагрузка на очистной забой и, следовательно, скорость подвигания забоя также существенно ограничены. Возрастает роль дегазационных работ и определения оптимальных параметров ведения горных работ.

При увеличении скорости подвигания очистного забоя, при постоянных параметрах лавы, увеличивается и фактически возможная добыча ($A_{оч}$). Однако динамика изменения максимально допустимой добычи (A_{max}) и фактически возможной добычи ($A_{оч}$) не одинакова. Возникает вопрос нахождения оптимальной скорости подвигания очистного забоя, при которой добыча была бы максимально возможной, а метанообильность минимальной.

Решением данной задачи, является совместное решение системы уравнений по нахождению максимально допустимой добычи и фактически возможной добычи. Выполнение исследований было осуществлено для конкретных горно-геологических условий ведения горных работ двух шахт Донбасса. Расчет оптимальной скорости подвигания очистного забоя выполнялся для горно-геологических условий шахты им. А.А. Скочинского и ШУ «Покровское», а также определялась средняя оптимальная скорость для условий обеих рассматриваемых шахт (рис. 2 - 4). На рисунках 2-4, показаны результаты расчетов оптимальной скорости подвигания очистных забоев, согласно «газовому» фактору. На графиках видно, что увеличение скорости подвигания очистного забоя

по разному влияет на фактически возможный объем добычи ($A_{оч}$), при заданных параметрах очистных работ, и максимально допустимый, по газовому фактору, объем добычи (A_{max}). Расчет (согласно методике) показал, что в условиях шахты им. Скочинского оптимальная скорость подвигания очистного забоя – около 5,7 м/сут. А для условий ШУ Покровское – около 4,4 м/сут. Осреднение результатов расчета по этим двум шахтам дало результат в 4,89 м/сут.

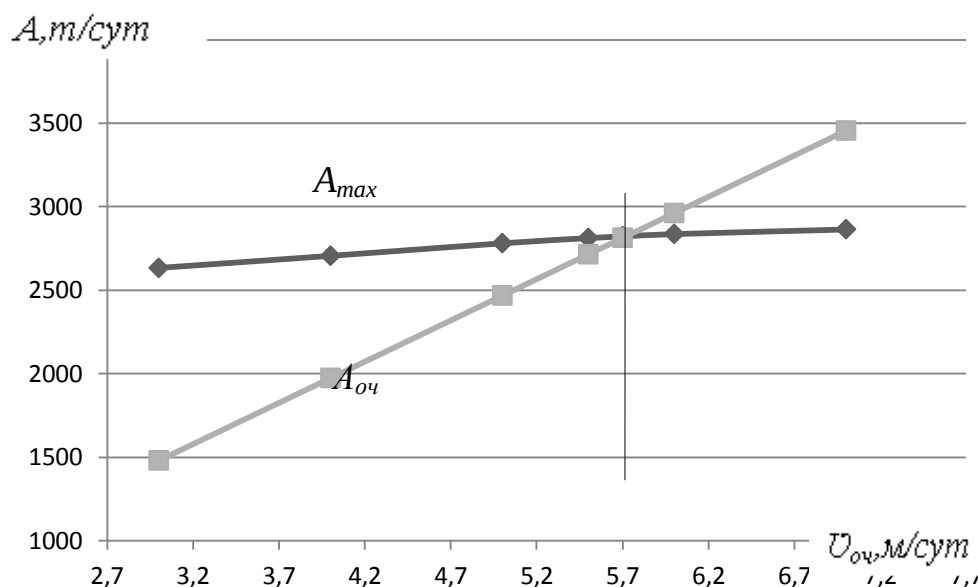


Рисунок 2 - Определение оптимальной скорости подвигания очистного забоя по пласту h_7 в условиях шахты им. А.А. Скочинского; фактически возможный объем добычи ($A_{оч}$), максимально допустимый, по газовому фактору, объем добычи (A_{max})

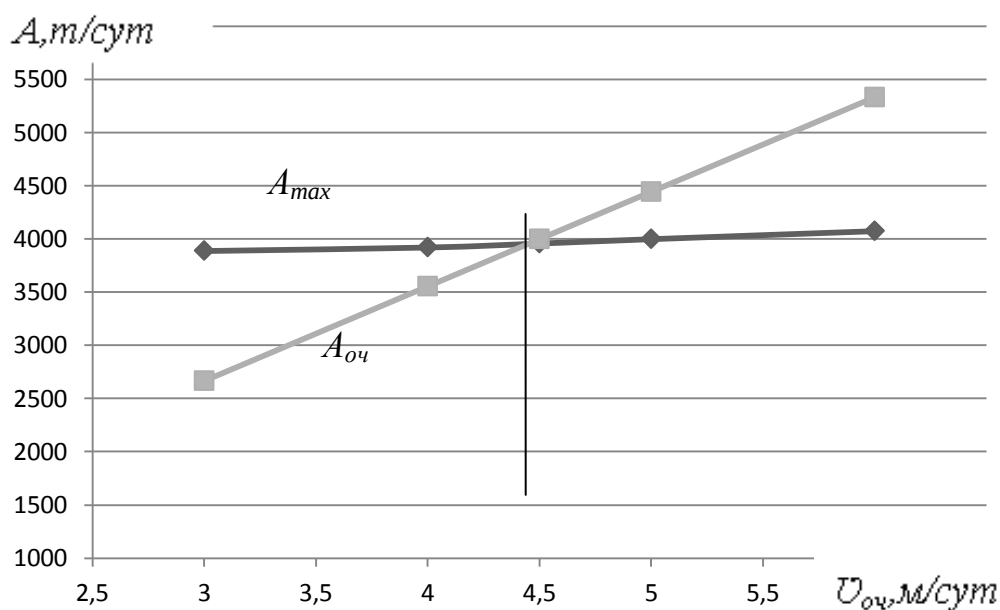


Рисунок 3 - Определение оптимальной скорости подвигания очистного забоя по пласту d_4 в условиях ШУ «Покровское»; фактически возможный объем добычи ($A_{оч}$), максимально допустимый, по газовому фактору, объем добычи (A_{max})

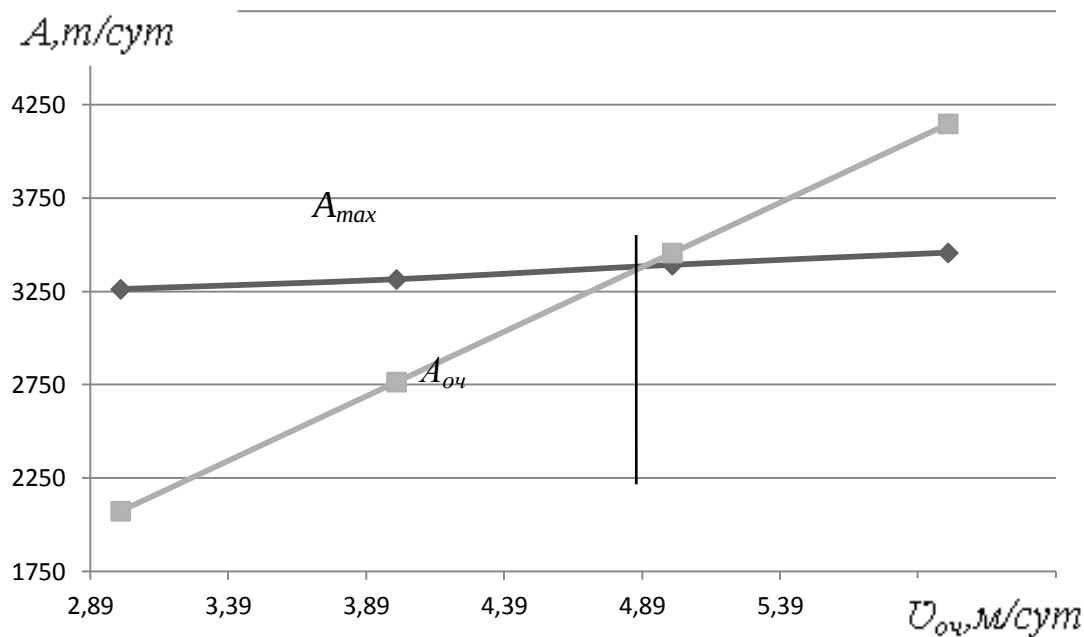


Рисунок 4 - Определение средних значений оптимальной скорости подвигания очистного забоя; фактически возможный объем добычи ($A_{оч}$), максимально допустимый, по газовому фактору, объем добычи (A_{max})

Анализ данных приведенных на рисунках 2-4 показывает, что в условиях Донбасса «газовый» фактор существенно ограничивает повышение добычи. Это подтверждает большая разница в динамике повышения A_{max} и $A_{оч}$.

Полученные результаты не соответствуют реальным возможным скоростям подвигания очистных забоев на шахтах, что свидетельствует о недоработанности используемой методики «Руководство....» в современных реалиях ведения горных работ.

Так же следует учитывать влияние зоны опорного горного давления перед очистным забоем на скорость метановыделения в выработку. Ведь проницаемость пласта в зоне очистных работ не однородна. Даже не учитывая зоны геологических нарушений. В зоне пласта, непосредственно прилегающей к лаве, наблюдается повышенная газоотдача, из за разупрочнения пласта и пород.

С увеличением скорости подвигания очистного забоя увеличивается период времени, необходимый для снижения напряжения от максимума опорного давления до максимума разгрузки. Процесс разгрузки вмещающих пород и сближенных пластов как бы отстает от движущегося с высокой скоростью очистного забоя, при этом максимум газовыделения смещается в противоположную движению забоя лавы сторону. Область повышенной газоотдачи расположена у границ зон разгрузки, где наблюдаются наибольшие деформации пластов [2].

Учитывая вышеизложенное, возникает вопрос о корректности существующего нормативного документа «Руководство....» [1] по отношению к определению максимально допустимой нагрузки на очистной забой по газовому фактору и, следовательно, оптимальной скорости подвигания очистного забоя. Так, отдельные положения «Руководство....» [1], принятые более четверти века назад,

не соответствуют существующему в настоящее время опыту проектирования выемочных участков с современно возможными нагрузками на очистные забои более 2-5 тыс. тонн в сутки. Дальнейшее увеличение темпов добычи угля, использование добычной техники на полную мощность не возможно, из-за ограничений согласно требованиям ПБ при выполнении расчетов по существующим методикам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт: ДНАОТ 1.130-6.09.93. – Киев: Основа, 1994. – 312 с.
2. Подготовка и разработка высокогазоносных угольных пластов / А.Д. Рубан [и др.] – М.: Горная книга, 2010. – 493 с.
3. Możliwości ograniczenia emisji metanu do atmosfery w kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A. / Szlązak Nikodem, Tor Andrzej, Jakubów Antoni // *Przemiany środowiska naturalnego a ekorozwój*, Kraków: Wydawnictwo TBPS «Geosfera», 2001. – s. 211-217.
4. Минеев, С.П. Повышение эффективности гидрорыхления выбросоопасных угольных пластов // С.П. Минеев А.А. Потапенко, Т.Я. Мхатвари [и др.]. – Донецк: Східний видавничий дім, 2013. – 216 с.
5. Минеев, С.П. Активация десорбции метана в угольном массиве // С.П. Минеев, А.А. Прусова, М.Г. Корнилов. – Днепропетровск: Вебер, 2007. – 252 с.
6. Минеев, С.П. Особенности оценки метановыделения в выработки выемочного участка / С.П. Минеев, М.В. Лыжков, В.В. Шевченко // *Геотехническая механика : межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины*. – Днепропетровск, 2013. – Вып. 111 – С. 112-119.
7. Бунько, Т.В. К вопросу совершенствования технологии управления процессами воздухо-распределения и газовой выделения на выемочных участках / Т.В. Бунько // *Геотехническая механика : межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины*. – Днепропетровск, 2014. – Вып. 115 – С. 65-73.

REFERENCES

1. Ukraine Ministry of Coal Industry (1993), *DNAOT 1.130-6.09.93: Rukovodstvo po proektirovaniyu ventilyatsii ugolnykh shakht* [DNAOT 1.130-6.09.93: Design Guide ventilation of coal mines], Osнова, Kiev, Ukraine.
2. Ruban, A.D. et al. (2010), *Podgotovka i razrabotka vysokogazonosnykh ugolnykh plastov* [Preparation and development of very coalbed], Gornaya kniga, Moscow, Russia.
3. Szlązak Nikodem, Tor Andrzej and Jakubów Antoni (2001), “Możliwości ograniczenia emisji metanu do atmosfery w kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A.”, *Przemiany środowiska naturalnego a ekorozwój*, Kraków: Wydawnictwo TBPS «Geosfera», s. 211-217.
4. Mineev, S.P., Potapenko, A.A., Mhatvari, T.J., Nikiforov, A.V. and Timofeev, E.I. (2013), *Povyshenie effektivnosti gidrorykhleniya vybrosoopasnykh ugolnykh plastov* [Improving the efficiency of hydrorichleniya outburst coal seams], Shidnyvidavnychy Dim, Donetsk, Ukraine.
5. Mineev, S.P., Prusova, A.A. and Kornilov, M.G. (2007), *Aktivatsiya desorbtsii metana v ugolnom plaste* [Desorption activation coal bed methane], Weber, Dnepropetrovsk, Ukraine.
6. Mineev, S.P., Lyzhkov, M.V. and Shevchenko, V.V. (2013), “Method for determining methane emission into tunnels of pannels”, *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics], no. 111, pp. 112-119.
7. Bunko, T.V. (2014), “To the issue of improvement of technology for controlling air-distribution and gas—release processes I the working areas”, *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics], no.115, pp. 65-73.

Об авторах

Минеев Сергей Павлович, доктор технических наук, профессор, заведующий отделом Управления динамическими проявлениями горного давления, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, sergminee@gmail.com.

Лыжков Максим Владимирович, магістр, інженер отдела Управления динамическими проявлениями горного давления, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепропетровск, Украина, maks.lyzha@gmail.com.

Герасименко Александр Александрович, студент, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» (ГБУЗ «НГУ»), Днепропетровск, Украина, maks.lyzha@gmail.com.

Аксёнов Владимир Владимирович, студент, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» (ГБУЗ «НГУ»), Днепропетровск, Украина, maks.lyzha@gmail.com.

About the authors

Mineev Sergei Pavlovich, Doctor of Technical Sciences (D. Sc), Professor, Head of Department of Pressure Dynamics Control in Rock, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, sergmineev@gmail.com.

Lyzhkov Maxim Vladimirovich, Master of Science, engineer at the Department of Pressure Dynamics Control in Rock, M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics under the National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM, NASU), Dnepropetrovsk, Ukraine, maks.lyzha@gmail.com.

Gerasimenko Aleksandr Aleksandrovich, student, State Higher Educational Institution «National Mining University» (SHEI «NMU»), Dnipropetrovsk, Ukraine, maks.lyzha@gmail.com.

Aksionov Vladimir Viktorovich, student, State Higher Educational Institution «National Mining University» (SHEI «NMU»), Dnipropetrovsk, Ukraine, maks.lyzha@gmail.com.

Анотація. Метою дослідження є можливість підвищення видобутку вугілля в умовах, обмежених «газовим» фактором на шахтах Донбасу. Розглянута методика визначення оптимальної швидкості просування очисного вибою згідно з «Керівництво з проектування вентиляції вугільних шахт». Виконано розрахунки з визначення оптимальної швидкості просування очисного вибою для гірничо-геологічних умов шахти ім. Скочинського і ШУ Покровське. Проведено аналіз можливого надходження метану в повітряний простір забою. Показано, що чинне «Керівництво з проектування вентиляції ...» не в повній мірі забезпечує сучасні вимоги до розрахунку допустимого рівня вуглевидобутку по величині метанообільності виїмкової ділянки стосовно до існуючих високопродуктивним виїмковою механізмам.

Ключові слова: методика визначення метанообільності виїмкової ділянки, дебіт метану, рівень вуглевидобутку.

Abstract. Purpose of the work is to study a possibility to increase coal production in Donbass mines operation of which is restricted by a "gas" factor. Method is considered for determining optimal rate of the face advance according to the "Guide for Designing Ventilation Systems of Coal Mines."

Optimal rate of the face advance was calculated for mining and geological conditions of the Skochinskiy Mine and Pokrovske Mine. Possibility of methane escaping into the air of the face was studied. It is shown that the operating "Guide for Designing Ventilation ..." does not fully satisfy current requirements for calculating acceptable coal output depending on methane content in the working area with taking into account existing high-capacity winning mechanisms.

Key words: methods for determining methane content in the working area, methane flow rate, rate of coal mining.

Статья поступила в редакцию 06.10.2014

Рекомендовано к печати д-ром геол. наук Л.И. Пимоненко

УДК 622.831.325:622.232.522.24:532.528

Зберовский В.В., канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,
Пазынич А.В., магистр,
Поляков Ю.Е., аспирант
(ИГТМ НАН Украины)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ДАВЛЕНИЯ
ЖИДКОСТИ ПРИ ЕЁ ИМПУЛЬСНОМ НАГНЕТАНИИ
В УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ**

Зберовський В.В., канд. техн. наук, ст. наук. співр.,
Пазиніч А.В., магістр,
Поляков Ю.Є., аспірант
(ІГТМ НАН України)

**ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНОГО ЗНАЧЕННЯ ТИСКУ РІДИНИ
ПРИ ЇЇ ІМПУЛЬСНОМУ НАГНІТАННІ У ВУГІЛЬНИЙ ПЛАСТ**

Zberovskiy V.V. Ph.D. (Tech.), Senior Researcher,
Pazynich A.V., M. S. (Tech.),
Polyakov Yu.E., Doctoral Student
(IGTM NAS of Ukraine)

DETERMINING OF PRESSURE PEAKS AT PULSE FLUID INJECTION

Аннотация. На основании результатов моделирования гидроимпульсного воздействия на выбросоопасные угольные пласты установлена зависимость значений размаха автоколебаний давления от режимных параметров нагнетания. Определены максимальные значения амплитудной характеристики генератора и соответствующие им значения гидродинамических параметров. На основании последних установлены зависимости максимальных значений размаха автоколебаний от параметра кавитации и граничные значения давления нагнетания жидкости в угольные пласты для различных режимов гидроимпульсного воздействия. Развитие аналитического метода расчета динамических характеристик, реализуемых кавитационными генераторами, применено в методе расчета рабочих параметров генератора упругих колебаний и теоретической модели процесса формирования амплитудно-частотных характеристик импульсного нагнетания жидкости.

Ключевые слова: угольный пласт, гидроимпульсное воздействие, жидкость, давление, кавитация, автоколебания.

Недостатки нормативного способа гидрорыхления выбросоопасных угольных пластов [1, 2] позволяет устранить гидроимпульсное воздействие в режиме периодически-срывной кавитации. Однако, несмотря на достигнутые результаты и повышение эффективности гидрорыхления [3-5], до настоящего времени технология этого способа находится на стадии разработки. Имеется ряд нерешенных вопросов, которые требуют более детального исследования параметров импульсного нагнетания жидкости. Одной из таких задач является определение давления нагнетания, при котором будет исключена вероятность гидроразрыва пласта.