

DOI: 10.25558/VOSTNII.2020.84.97.007

УДК 622.831.322

© М.С. Плаксин, 2020

**М.С. ПЛАКСИН**

канд. техн. наук,  
старший научный сотрудник  
Институт угля ФИЦ УУХ СО РАН,  
г. Кемерово  
e-mail: plaksin@bk.ru



## ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАМЕРОВ ГАЗОНОСНОСТИ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

*В статье рассматриваются технологические особенности выполнения замеров газоносности угольного пласта при проведении подготовительной выработки. Данные о метанообильности выработки предлагается использовать как дополнительный параметр для мониторинга «внезапного» расширения зоны опорного неупругого деформирования вследствие изменения коэффициента прочности угольного пласта.*

Ключевые слова: УГОЛЬНЫЙ ПЛАСТ, ТЕМПЫ ПОДВИГАНИЯ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК, ГАЗОНОСНОСТЬ, БЕЗОПАСНОСТЬ ГОРНЫХ РАБОТ, ГАЗОКИНЕТИЧЕСКАЯ РЕАКЦИЯ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА.

Современный уровень горнодобывающих технологий дает техническую возможность повышения темпов проведения подготовительных выработок и отработки выемочных столбов, но основным сдерживающим фактором при отработке газоносных угольных пластов остается газовый.

Использование существующих прямых методов [1, 2, 3] измерения газоносности угля с высокой погрешностью вызывает необходимость закладывать высокий «коэффициент запаса», что негативно отражается на проектном значении разрешенной производительности забоев по газовому фактору. Внедрение нового оперативного высокоточного метода определения газоносности угольного пласта позволит повысить производительность горных работ без снижения параметров безопасности.

Решение поставленной задачи по разработке оперативного высокоточного метода замера газоносности угольных пластов при проведении подготовительной выработки возможно с применением метода, разрабаты-

мого в ИУ ФИЦ УУХ СО РАН.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема устройства, позволяющего выполнять замеры полного объема выделяющегося газа в процессе бурения интервала шпура и отбора пробы в изолированном от атмосферы выработке режиме.

Пробы отбираются при бурении шпуров в забой подготовительной выработки на глубину до 10 м от кромки пласта при условии, что скорость подвигания забоя выработки составляет более 3,5 м/сут. за последние 5 сут. В качестве места отбора проб выбор сделан в пользу подготовительной выработки вследствие малых размеров зоны газогеомеханической разгрузки. В целом, о масштабах газогеомеханической разгрузки при проведении подготовительной выработки можно судить по показаниям датчиков метана, установленных по длине подготовительной выработки (рис. 2).

По мере бурения шпура, его забой первоначально пересекает зону неупругого деформирования (рис. 3). В этом случае за-

меры газовыделения позволят исследовать изменения газогемеханических процессов в призабойной части пласта вследствие технологического воздействия, что представля-

ет интерес для текущего прогноза газовой и газодинамической опасности, т. е. опережающего принятия технологических решений по предотвращению опасных ситуаций [4].

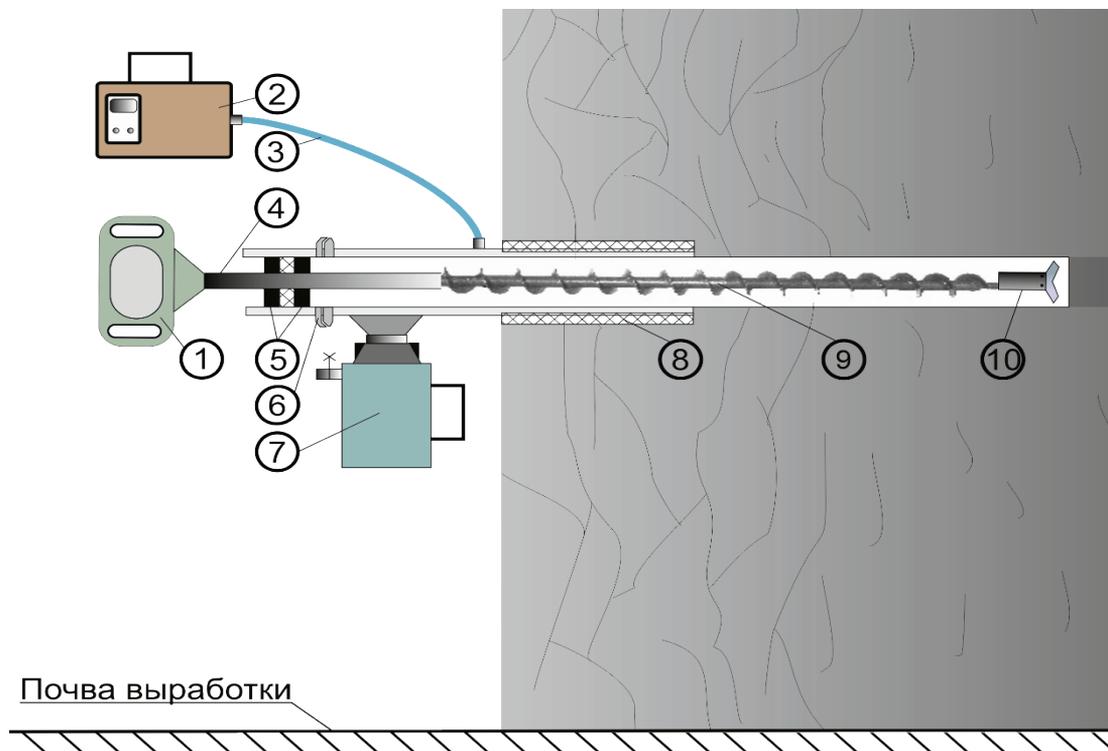
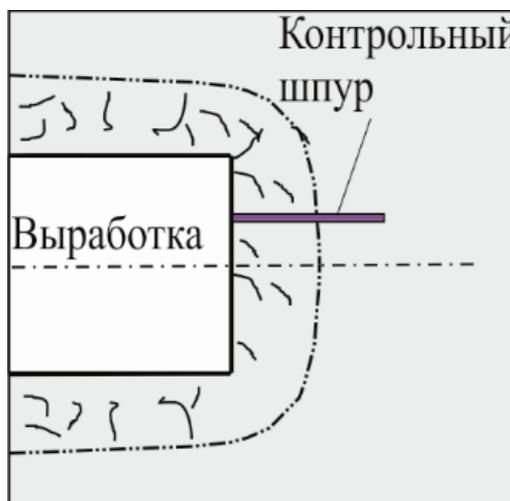


Рис. 1. Принципиальная схема устройства и способа выполнения оперативного измерения газоносности угля: 1 — сверло горное; 2 — газовый расходомер; 3 — газовая магистраль; 4 — гладкая штанга; 5 — уплотнитель гладкой штанги; 6 — быстроразъемное соединение; 7 — штыбоприемник; 8 — уплотнительная муфта; 9 — шнековая буровая штанга; 10 — забурник

Исследования в этом направлении ведутся не первое десятилетие. Еще полвека назад в работах О.И. Чернова показана связь интенсивности газовыделения с давлением газа в пласте — одним из основных факторов выбросоопасности [5]. В качестве примера, в 60–80-х годах прошлого века в ВостНИИ выполнялись широкомасштабные исследования газовой реакции угольного пласта при бурении шпура, результаты которых стали основой для создания ныне действующего метода прогноза выбросоопасности подготовительных забоев, основанного на исследовании газовой реакции пласта через поверхность шпура, пробуренного по нарушенной пачке угля в зоне неупругого деформирования [6, 7, 8].

Замеры, выполненные за зоной неупругого деформирования, позволяют определить газовый потенциал пласта (газоносность).



Условные обозначения: — — граница выработки; - - - - граница зоны неупругих деформаций в окрестности выработки

Рис. 2. Схема развития зоны неупругого деформирования в приконтурной части подготовительной выработки (вид сверху)

Протяженность зоны неупругого деформирования от забоя выработки предлагается рассчитывать на основании выражений Мурашева В.И. [9]:

$$X_m = 2.25\sqrt{S} \left( \frac{1.44}{\frac{Kv}{Hy} + 0.44} - 1 \right) (1 - e^{-\alpha_2 t_{cp}}), \text{ м} \quad (1)$$

$$Kv = \frac{3,6}{1 + e^{-7.28(f-0.75)}}, \text{ МПа} \quad (2)$$

где  $S$  — сечение подготовительной выработки по угля,  $\text{м}^2$ ;  $\alpha$  — реологический параметр, равный 0,08 1/ч;  $t_{cp}$  — усредненное время между циклами, ч;  $Hy$  — напряжения на глубине проведения выработки  $H$ , м;  $Kv$  — напряжения на кромке забоя при проведении выработки, МПа;  $f$  — коэффициент крепости.

Изменчивость коэффициента крепости угля в выражении (2) предлагается оценивать на основании анализа данных о метанообильности выработки (рис. 3). Сигнал (на рисунке 3 представлен в необработанном виде) для обработки, на первый взгляд, обладает высокой шумностью, но в таком временном масштабе в значительной части мелкоампли-

тудные колебания выражены взятием заходок проходческим комбайном. В качестве причин «протяженных» амплитудных изменений можно отметить взаимное наложение нелинейных геомеханических и газокинетических процессов в результате газоистощения пласта при меняющихся темпах подвигания подготовительной выработки. При этом стоит отметить, что сложность оценки параметров газогемеханических процессов при ведении очистных работ значительно выше [10, 11], поскольку добавляются дополнительные источники газовыделения, например, из пластов-спутников. Контролировать изменения  $f$  предлагается на основании алгоритма, опубликованного автором в работе [12], где представлен и обоснован метод оценки газодинамической активности угольных пластов, включающий оценку изменения коэффициента крепости угля по данным о метанообильности выработки, и указывается, что при входе выработки в зону геологического нарушения (снижение  $f$ ) метанообильность выработки может возрасти до 40 % вследствие увеличения зоны разгрузки пласта.

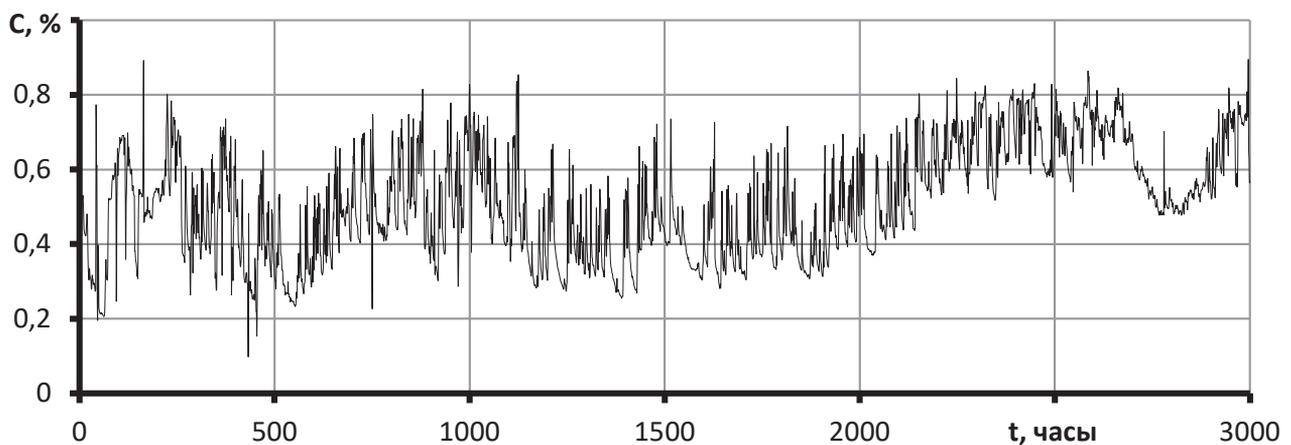


Рис. 3. Изменение концентрации метана при проведении подготовительной выработки (среднечасовое усреднение значений)

Основные этапы замера газоносности угольного пласта на основании разработанного метода:

1. Подготовительный;
2. Отбор проб;
3. Лабораторный анализ;
4. Расчеты.

## ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЙ ЭТАП

Данный этап включает такие технологические операции, как выбор мест отбора проб по площади забоя, выбуривания ниши для установки оборудования в угольном массиве, подключение и настройка электрооборудования.

### ЭТАП ОТБОРА ПРОБ

После установки устройства бурится шпур без отбора проб глубиной не менее , но с замером параметров газокINETической реакции угольного пласта через вновь образованную поверхность шпура. Далее выполняются циклические поинтервальные бурения шпура, протяженностью по 1 м, с отбором и герметизацией проб, а также с фиксацией параметров газовыделения во время бурения. Бурение метровых участков контрольного шпура обусловлено технической возможностью бурения шпура в загерметизированном режиме. Отбор проб в виде штыба выполняется в специальный штыбоприемник.

### ЭТАП ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОГО АНАЛИЗА

После отбора проб в шахтных условиях загерметизированные пробы доставляются в лабораторию и помещаются в термостат. Далее выполняется ряд операций по определению остаточной газоносности пробы, включающий ступенчатые выпуски газа и технический анализ проб угля.

### ЭТАП РАСЧЕТОВ

Наибольшую сложность разрабатываемого метода представляет определение объема газа, выделившегося в процессе разрушения пробы угля, поскольку значительную долю газа, учитываемую газовым расходомером, составляет метан, выделившийся через поверхность шпура. Разделение потоков при расчетах планируется выполнять, основываясь на современных представлениях о состоянии пласта в приконтурной его части [9, 13] и газокINETических характеристиках угля, полученных при разработке шпурового метода прогноза [6, 7].

Расчет газоносности пласта (пробы) выполняется по формуле:

$$\chi_{пл} = \left( \frac{V_1 - V_2}{m_n} \right) + \chi_{прб}, \text{ см}^3/\text{г с.б.м.} \quad (3)$$

где  $V_1$  — общий объем газа, выделившийся при бурении интервала шпура,  $\text{см}^3$ ;  $V_2$  — объем газа, выделившийся со стенок шпура

при отборе пробы,  $\text{см}^3$ ;  $m_n$  — масса пробы, г с.б.м.;  $\chi_{прб}$  — остаточная газоносность после герметизации пробы угля,  $\text{см}^3/\text{г с.б.м.}$

Замеры объемов газа возлагаются на совместную разработку Института угля ФИЦ УУХ СО РАН и Института физики полупроводников СО РАН — переносной измерительный комплекс, предназначенный для измерения и фиксации динамики расхода метана из шпура посредством электронных датчиков и автономной микропроцессорной системы. Отличительной особенностью устройства является высокая точность измерения с возможностью сохранения результата в цифровом виде. Вторая особенность — возможность одновременного выполнения независимого измерения двух потоков газа: потока из пробы в штыбоприемнике и с поверхности шпура.

На рисунке 4 представлен экспериментальный образец устройства переносного измерительного комплекса. На момент написания публикации производится подготовительная работа по созданию методики проведения испытаний устройства в шахтных условиях.



Рис. 4. Переносимый двух поточный измерительный комплекс

Представлен метод измерения газоносности угольного пласта из подготовительной выработки с возможностью контроля параметров развития зоны неупругого деформирования с использованием данных о метанобильности подготовительной выработки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Инструкция по определению и прогнозу газоносности угольных пластов и вмещающих пород при геологоразведочных работах. М., 1977. 96 с.
2. ГОСТ Р ИСО 18871-2018. Горное дело. Метод определения содержания метана в угольных пластах. Введ. 01.11.2018. М.: Стандартинформ, 2018. 24 с.
3. ГОСТ Р 55955-2014. Стандартная практика определения содержания газа в угле. Введ. 01.07.2015. М.: Стандартинформ, 2014. 12 с.
4. Клишин В.И., Кокоулин Д.И., Кубанычбек Б., Дурнин К.М. Разупрочнение угольного пласта в качестве метода интенсификации выделения метана // Уголь. 2010. № 4. С. 40–42.
5. Чернов О.И. Прогноз опасных по внезапным выбросам участков пластов в угольных шахтах // Вопросы безопасности угольных шахтах. Труды ВостНИИ. М., 1959. Т. 1. С. 88–106.
6. Зыков В.С. Внезапные выбросы угля и газа и другие газодинамические явления в шахтах. Кемерово, 2010. 333 с.
7. Полевщиков Г.Я. Динамические газопроявления при проведении подготовительных и вскрывающих выработок в угольных шахтах. Кемерово, 2003. 317 с.
8. Пузырев В.Н. Метод текущего прогноза газодинамических явлений в подготовительных выработках угольных шахт // Проблемы аэрогазодинамики угольных шахт: Труды ВостНИИ. Кемерово, 1984. С. 32–52.
9. Мурашев В.И., Бульбенко В.Л. Развитие внезапного выброса угля и газа при проведении подготовительных выработок // Уголь. 1978. № 3. С. 19–22.
10. Шинкевич М.В. Газовыделение из отработываемого пласта с учётом геомеханических процессов во вмещающем массиве // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2013. Отд. вып. № 6. С. 278–285.
11. Полевщиков Г.Я., Козырева Е.Н., Рябцев А.А. Оценка влияния напряжений на газоносность приконтурной части пласта // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2016. № 1. С. 16–24.
12. Плаксин М.С. Разработка метода оценки газодинамической активности угольного пласта при проведении подготовительных выработок: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук / Плаксин Максим Сергеевич. Кемерово, 2012. 24 с.
13. Курленя М.В., Опарин В.Н. Проблемы нелинейной геомеханики // ФТПРПИ. 1999. № 3. С. 12–26.

DOI: [10.25558/VOSTNII.2020.84.97.007](https://doi.org/10.25558/VOSTNII.2020.84.97.007)

UDC 622.831.322

© M.S. Plaksin, 2020

**M.S. PLAKSIN**

Candidate of Engineering Sciences,

Senior Researcher

Federal Research Center For Coal And Coal Chemistry, Kemerovo

e-mail: plaksin@bk.ru

## FEATURES OF COAL BED GAS BEARING MEASUREMENTS DURING PREPARATION WORKINGS

*The article deals with technological peculiarities of coal bed gas-bearing measurements during preparatory working. It is proposed to use the methane abundance data as an additional parameter for monitoring the «sudden» expansion of the support inelastic deformation zone due to a change in the strength coefficient of the coal seam.*

Keywords: COAL BED, PACE OF ADVANCE OF PREPARATORY WORKINGS, GAS CONTENT, MINE SAFETY, GAS-KINETIC REACTION OF COAL BED.

#### REFERENCES

1. Instructions for determining and predicting the gas content of coal seams and enclosing rocks during geological exploration. M., 1977. 96 p. [In Russ.].
2. GOST R ISO 18871-2018. Mining engineering. Method for determination of methane content in coal seams. Enter. 01.11.2018. M.: Standartinform, 2018. 24 p. [In Russ.].
3. GOST R 55955-2014. Standard Practice for Determining Gas in Coal. Enter. 01.07.2015. M.: Standartinform, 2014. 12 p. [In Russ.].
4. Klishin V.I., Kokulin D.I., Kubanychbek B., Durnin K.M. Softening of a coal seam. as a method for intensifying the release of methane // Coal [Ugol]. 2010. No. 4. P. 40–42. [In Russ.].
5. Chernov O.I. Forecast of areas of seams in coal mines hazardous by sudden outbursts // Issues of safety of coal mines. Proceedings of VostNII. M., 1959. T. 1. P. 88–106. [In Russ.].
6. Zykov V.S. Sudden outbursts of coal and gas and other gas-dynamic phenomena in mines. Kemerovo, 2010. 333 p. [In Russ.].
7. Polevshchikov G.Ya. Dynamic gas showings during preparatory and opening workings in coal mines. Kemerovo, 2003. 317 p. [In Russ.].
8. Puzyrev V.N. Method of current forecast of gas-dynamic phenomena in preparatory workings of coal mines // Problems of aerogas dynamics of coal mines: Proceedings of the VostNII. Kemerovo, 1984. P. 32–52. [In Russ.].
9. Murashev V.I., Bulbenko V.L. The development of a sudden outburst of coal and gas during development workings // Coal [Ugol]. 1978. No. 3. P. 19–22. [In Russ.].
10. Shinkevich M.V. Gas release from the mined formation taking into account geomechanical processes in the enclosing massif // Gornyy information-analytical bulletin [Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten]. 2013. Separate issue No. 6. P. 278–285. [In Russ.].
11. Polevshchikov G.Ya., Kozyreva E.N., Ryabtsev A.A. Assessment of the effect of stresses on the gas content of the near-contour part of the reservoir // Bulletin of the Scientific Center for Safety of Work in the Coal Industry [Vestnik Nauchnogo tsentra po bezopasnosti rabot v ugolnoy promyshlennosti]. 2016. No. 1. P. 16–24. [In Russ.].
12. Plaksin M.S. Development of a method for assessing gas-dynamic activity of a coal seam when carrying out preparatory workings: dissertation author's abstract for the degree of candidate tehn. sciences / Plaksin Maxim Sergeevich. Kemerovo, 2012. 24 p. [In Russ.].
13. Kurlenya M.V., Oparin V.N. Problems of nonlinear geomechanics // Journal of Mining Science [FTPRPI]. 1999. No. 3. P. 12–26. [In Russ.].