

УДК 621.577

НАПРАВЛЕНИЯ УТИЛИЗАЦИИ ШАХТНОГО МЕТАНА

Тайлаков Олег Владимирович^{1,2},доктор техн. наук, проректор/заведующий лабораторией, e-mail: tov@kuzstu.ruЗастрелов Денис Николаевич²,кандидат техн. наук, старший научный сотрудник, e-mail: Zastrelov@uglemetan.ruУткаев Евгений Александрович²,кандидат техн. наук, научный сотрудник, e-mail: utkaev@uglemetan.ruСоколов Сергей Владиславович²,младший научный сотрудник, e-mail: sokolov@uglemetan.ruКормин Алексей Николаевич²,младший научный сотрудник, e-mail: sokolov@uglemetan.ruСмыслов Алексей Игоревич²,младший научный сотрудник, e-mail: smyslov@uglemetan.ru

¹Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

²Институт угля Сибирского отделения Российской академии наук, 650065, г. Кемерово, пр. Ленинградский, 10

Аннотация: В процессе угледобычи выделяется шахтный метан, который извлекается на поверхность системами дегазации, вентиляции и управления газовой выделением. Метан является парниковым газом и в тоже время пригоден для полезного использования. В статье приведены оценки объемов выбросов метана, сопровождающие добычу угля подземным способом, уровень концентрации метана в метановоздушной смеси в зависимости от типов источников выбросов. В статье рассмотрены основные направления и возможные способы утилизации шахтного метана с целью получения полезных продуктов, тепловой и электрической энергии, использования в качестве моторного топлива.

Ключевые слова: извлечение шахтного метана; утилизация; газомоторная установка; котельная; метановоздушная смесь; концентрация; выбросы парниковых газов

Развитие угольной промышленности в условиях низкоуглеродной экономики определены Распоряжением Президента Российской Федерации от 17 декабря 2009 г. № 861-рп «О климатической доктрине Российской Федерации» и «Энергетической стратегией России на период до 2030 года», утвержденной Распоряжением Правительства Российской Федерации от 13 ноября 2009 г. В качестве целевых показателей в них указаны: внедрение энергоэффективных технологий, использование возобновляемых источников энергии, снижение негативного влияния на климат. Указом Президента России от 30 сентября 2013 года №752 «О сокращении выбросов парниковых газов» и «Планом мероприятий по обеспечению к 2020 г. сокращения объема выбросов парниковых газов до уровня не более 75 процентов объема указанных выбросов в 1990 г.», утвержденным Распоряжением Правительства Российской Федерации от 02.04.2014 г. № 504-р, предусмотрена ответственность предприятий, которые выбрасывают в атмосферу парниковые газы [1].

Производственный цикл угледобывающих предприятий характеризуется значительной эмиссией метана, снижение которой возможно путем

применения газоутилизационных установок. В 1990-2012 гг. ежегодная эмиссия метана (парникового газа) в атмосферу на предприятиях угольной промышленности составила до 30 млрд. м³ (рис. 1) [2]. При этом выбросы шахтного метана, сопровождающие добычу угля подземным способом, составили 25,5 млрд. м³, из которых ежегодно перерабатывалось до 1,3 млрд. м³, т.е. 5%.

В глобальном масштабе при разработке угольных месторождений подземным способом выбросы метана составляют 50 млрд. м³/год, из которых ежегодно утилизируется до 3 млрд. м³ или 6% [3]. Таким образом, объемы утилизации шахтного метана в РФ близки к среднемировым показателям. Большая часть метана при разработке угольных месторождений подземным способом выводится на поверхность через вентиляционные системы угольных шахт (до 90%) с обедненным содержанием этого газа. Высокое содержание метана обеспечивается при применении средств дегазации угольных пластов путем бурения вертикальных и наклонных скважин с поверхности, а также из горных выработок в пласт. Метановоздушная смесь (МВС) по системе трубопроводов поступает на дневную поверхность. Согласно Инструкции по

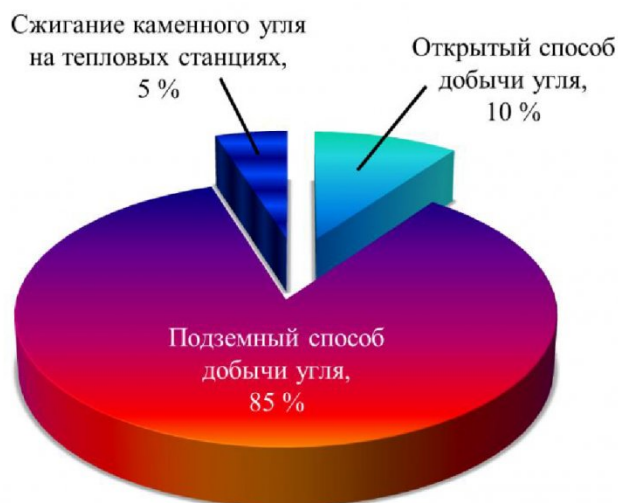


Рис. 1. Распределение выбросов метана в угольной отрасли РФ

дегазации угольных пластов МВС можно транспортировать при концентрации метана более 25 % [4]. Для контроля объемной доли метана, кислорода и оксида углерода используются специализированные станции контроля параметров дегазации, которые устанавливаются:

- в пластовых скважинах;
- на выходе участкового трубопровода;
- на прямолинейных участках через 500 м;
- в местах изменения диаметра и направления трубопровода;
- на выходе трубопровода из шахты.

Концентрация метана в МВС на выходе может изменяться в пределах 25-60 % из-за подсоса воздуха из горных выработок.

На рис. 2 в качестве примера приведено содержание дегазационного метана, извлекаемого на угольных шахтах в различных геолого-экономических районах Кузбасса.

Классификация используемых и перспективных технологий переработки угольного метана

представлена на рис. 3. Возможность и эффективность их применения определяется двумя основными факторами: концентрация метана в метановоздушной смеси и объемом МВС, который выводится на поверхность в единицу времени. С учетом принятых в угольной промышленности технологий, направленных на снижение содержания метана в горных выработках, можно выделить четыре основных его источника: системы вентиляции и управления газовыделением – вентиляционный метан с концентрацией менее 1% и 3,5%; системы предварительной и заблаговременной дегазации угольных пластов – дегазационный метан с концентрацией 25-95%.

К основным технологиям утилизации МВС со средней концентрацией CH_4 , которая характерна для смеси, извлекаемой дегазационными системами шахт, относятся:

- деструкция (факелы);
- выработка тепловой энергии (котельные);
- получение электрической энергии (газогенераторы).

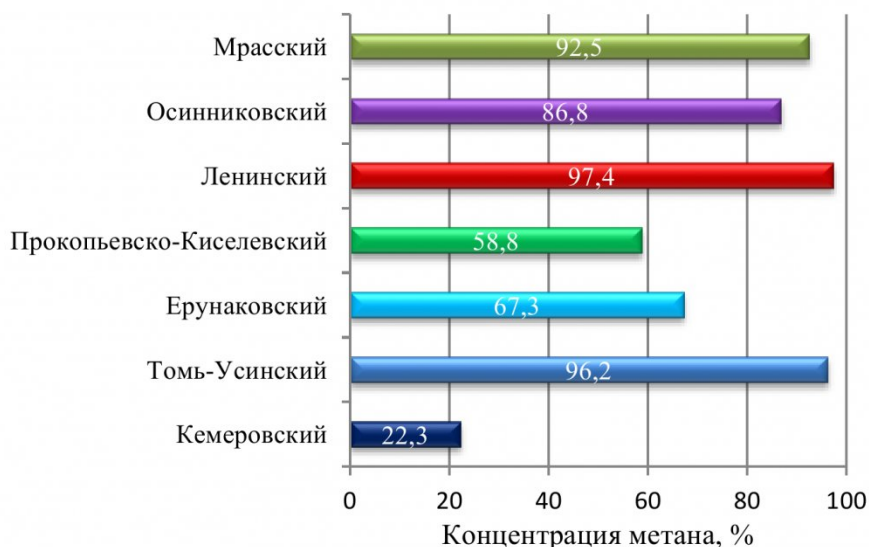


Рис. 2. Содержание метана в метановоздушной смеси, извлекаемой дегазационными системами угольных шахт в основных геолого-экономических районах Кузбасса (точечные измерения)



Рис. 3. Основные направления использования угольного метана

Для метановой смеси с высокой концентрацией CH_4 , помимо представленных вариантов использования, существует также возможность производства автотоплива, поставки отбираемого газа потребителю и химической переработки. Вентиляционный метан из-за низкой концентрации (0-1 %) может самостоятельно утилизироваться только в сложных дорогостоящих установках. Преимущественно его используют как дутье при сжигании основного топлива.

Наиболее простым в исполнении способом утилизации дегазационного метана является его сжигание или деструкция в факельных установках. К недостаткам способа можно отнести то, что в процессе сокращения выбросов не производится тепловая и электрическая энергия. Одним из примеров эксплуатации факельной установки в России является система утилизации шахтного метана на базе газоперерабатывающей установки (КГУУ-8) в Кемеровской области на шахте «Комсомолец» [5]. Установка предназначена для снижения вредных выбросов в атмосферу путем деструкции метановоздушной смеси в камере сгорания при температуре 1000 – 1200 °С. Работа КГУУ обеспечивается при концентрации метана в МВС более 25 %, которая поступает по надземным трубопроводам от скважин с помощью ротационного насоса. Факелы также эксплуатируются в комплексе с теплоэлектростанцией для подачи и подготовки газа.

Эффективным способом получения тепла из метана является сжигание метановоздушной смеси в котельных установках шахт [6]. Кондиционная метановоздушная смесь сжигается как самостоятельно, так и совместно с углем. Тепловая энергия, получаемая при окислении метана, в основном используется для собственных нужд шахт с целью отопления помещений и снабжения горячей водой. Котельная установка позволяет обеспечить снижение вредных выбросов в атмосферу и получение тепла при нагревании сетевой воды, причем некондиционная метановоздушная смесь, поступающая из систем вентиляции шахт, может быть переработана совместно с дегазационным метаном в котлоагрегате.

Перспективы развития новых технологий утилизации и совершенствования существующих тесно взаимосвязаны между собой. При этом в ближайшее перспективе можно ожидать появления новых технологий, направленных на переработку метана в легко транспортируемые виды топлива, например метанол, а также его использование в качестве сырья в химической промышленности. Необходимо отметить, что утилизация шахтного метана способствует рациональному использованию энергетических ресурсов и снижению техногенной нагрузки на окружающую среду.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. План мероприятий по обеспечению к 2020 г. сокращения объема выбросов парниковых газов до уровня не более 75 процентов объема указанных выбросов в 1990 г. Утвержден Распоряжением Правительства Российской Федерации от 02.04.2014 г. № 504-р.

2. Пучков Л.А., Сластунов С.В., Федунец Б.И. Перспективы добычи метана в Печорском угольном бассейне. – М.: Изд. Московского государственного университета. – 2004. – 557 с.
3. Пучков Л.А., Ярунин С.А., Красюк Н.Н. Дегазация и добыча метана угольных месторождений. – Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), №1. – М.: Изд-во МГУ. – 1995.
4. Инструкция по дегазации угольных шахт. Серия 05. Выпуск 22. – М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности». – 2012. – 250 с.
5. Бакхаус К., Голутва И.А., Застрелов Д.Н. Опыт извлечения и использования шахтного газа в Германии. Комплексный подход к промышленной добыче метана из угольных пластов и дегазации шахт // Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности. – Труды международной научно-практической конференции. Кемерово: ООО «Кузбасская выставочная компания «Экспо-Сибирь». – 2013. – С. 292 – 295.
6. Tailakov O.V., Zastrelov D.N., Utkaev E.A., Smyslov A.I., Kormin A.N. Experience for Coal Mine Methane Utilization to Generate Thermal and Electric Power // Taishan Academic Forum – Project on mine Disaster Prevention and Control – Mining 2014. – Qingdao, China, 17-20 October, 2014. – pp. 450-454.

Поступило в редакцию 14.10.2015

UDC 621.577

PROSPECTS OF THE COAL MINE METHANE UTILIZATION

Tailakov Oleg V.^{1,2}

Professor, Prorector/Head of laboratory, e-mail: tov@kuzstu.ru

Zastrelov Denis N.²

PhD, senior researcher, e-mail: Zastrelov@uglemetan.ru

Utkaev Eugeny A.²

PhD, researcher, e-mail: utkaev@uglemetan.ru

Sokolov Sergey V.²

researcher, e-mail: sokolov@uglemetan.ru

Kormin Alexei N.²

researcher, e-mail: sokolov@uglemetan.ru

Smyslov Alexei I.²

researcher, e-mail: smyslov@uglemetan.ru

¹T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 650000, Russia, Kemerovo, 28 street
Vesennyaya,

²Institute of Coal of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, 650065, Russia,
Kemerovo, Ave. Leningradskiy, 10

Abstract: During coal mining the methane is extracted to the surface via degassing, ventilation and bleeder systems. Methane is a greenhouse gas and at the same time is suitable for beneficial use. The article presents estimates of volumes of methane emissions that accompany underground coal mining, the concentration of methane in the methane-air mixture depending on the types of emission sources. The article describes the major aspects and possible ways of utilization of coal mine methane for the purposes of producing the useful products, heat and electric energy, a motor fuel usage.

Keywords: the extraction of coal mine methane; utilization; gas generator; boiler house; methane-air mixture; concentration; greenhouse gas emissions

REFERENCE

1. The plan of measures to ensure by 2020, reduce greenhouse gas emissions to no greater than 75% of these emissions in 1990, Approved by the Decree of the Government of the Russian Federation dated 02.04.2014, No. 504-R.
2. Puchkov L. A., Slastunov S.V., Fedunets B. I. Perspectives of methane extraction in the Pechora coal basin. – М.: Publishing House. The Moscow state University. – 2004. – p. 557.

3. Puchkov L. A., Yarunin S. A., Krazyuk N. N. Degassing and methane extraction from coal deposits. – Mining information and analytical Bulletin (Scientific and technical journal), No. 1. – Moscow: Publishing house of Moscow State University. – 1995.

4. Manual for underground coal mines. Series 05. Edition 22. – Moscow: JSC "Scientific and technical center of research of problems of industrial safety". – 2012. – p.250.

5. Backhaus C., Golutva I. A., Zastrelov D. N. Experience of the extraction and use of coal mine gas in Germany. An integrated approach to industrial extraction of methane from coal seams and degasing of mines // Energy security of Russia. New approaches to the development of the coal industry. In: proceedings of international scientific-practical conference. Kemerovo: LLC "Kuzbass exhibition company "Expo-Siberia". - 2013. - pp. 292-295.

6. Tailakov O.V., Zastrelov D.N., Utkaeв E.A., Smyslov A.I., Kormin A.N. Experience for Coal Mine Methane Utilization to Generate Thermal and Electric Power // Taishan Academic Forum – Project on mine Disaster Prevention and Control – Mining 2014. – Qingdao, China, 17-20 October, 2014. - pp. 450-454.

Received 14 October 2015

ГОРНЫЕ МАШИНЫ

УДК 622.232.72:622.02.2

РАБОЧИЕ ОРГАНЫ ВЫЕМОЧНЫХ МАШИН
ДЛЯ ДОБЫЧИ ПРОЧНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХГерике Борис Людвигович^{1,2},д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник, e-mail: gbl_42@mail.ruКлишин Владимир Иванович^{1,2},член-корр. РАН, директор Института, зав. кафедрой, e-mail: klishinvi@icc.kemsc.ru¹ Институт угля СО РАН. 650065 г. Кемерово, пр. Ленинградский, 10² Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы оснащения рабочих органов горных выемочных машин дисковым инструментом для добычи прочных полезных ископаемых. Приведены результаты промышленной апробации рабочих органов при непрерывном разрушении сложно структурированных угольных пластов, многолетнемерзлых песков и рудных тел различного литологического состава. Показано, что использование дискового инструмента позволяет эффективно разрабатывать прочные полезные ископаемые механическим способом.

Ключевые слова: выемочная машина, рабочий орган, дисковый инструмент, непрерывное механическое разрушение, прочные массивы полезных ископаемых.

Опыт эксплуатации очистных механизированных комплексов в нерегламентированных условиях (отработка угольных пластов сложного строения, выемка рудных и россыпных месторождений) [1-3] показывает, что работа очистных комбайнов характеризуется высокой энергоемкостью процесса разрушения и большим расходом рабочего инструмента. Альтернативой серийному режущему инструменту в столь тяжелых условиях эксплуатации может стать дисковый скалывающий инструмент, широко используемый на исполнительных органах разного рода проходческих машин и комбайнов [4].

Ранее выполненными исследованиями [5] доказано, что для дискового скалывающего инструмента, устанавливаемого на исполнительных органах очистных комбайнов, предназначенных для разрушения крепких горных массивов, наиболее эффективным является режим так называемого **малоциклового силового разрушения**, для которого характерным является создание предварительного напряженно-деформированного состояния массива и использование его при повторных проходах инструмента. При этом удается снизить потребные на разрушение энергозатраты в 15...20 раз по сравнению с режимом **свободного скалывания**, что делает возможным использование серийных выемочных комбайнов для отработки месторождений полезных ископаемых с пределом прочности на одноосное сжатие $\sigma_{сж} \leq 140$ МПа.

В результате стендовых исследований процесса разрушения различных литотипов горных пород дисковым скалывающим инструментом опре-

делена область режимных параметров его работы (шаг разрушения t_p и глубина внедрения h), в которой обеспечиваются минимальные энергозатраты, и сформулированы основные требования к компоновке исполнительных органов, на основе которых разработана концепция агрегированного инструмента, обрабатывающего кутковую часть забоя.

Для анализа различных компоновочных схем исполнительных органов и выбора рациональных режимов работы очистных комбайнов с учетом их энергетических и силовых характеристик разработана имитационная модель [6] формирования нагрузки на исполнительном органе. Входом модели является последовательность импульсов нагрузки, формирующихся на отдельных инструментах с учетом переменного сечения снимаемой стружки, параметры которых определяются согласно полученным в лабораторных условиях экспериментальным законам распределения, а выходом – случайная дискретная последовательность мгновенных значений мощности, потребляемой комбайновым электродвигателем.

Результаты исследования различных возможных вариантов компоновочных схем опорного узла с точки зрения обеспечения гарантированного вращения дискового скалывающего инструмента, в особенности расположенного в завальной части исполнительного органа, позволили остановиться на опорном узле, встроенном в корпус дисковой шарошки. При этом было установлено, что наиболее существенными факторами, определяющими работоспособность узла, являются трибо-