

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ УТИЛИЗАЦИИ МЕТАНА УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Круть Б.А. студ.; Рак А.Н., доц., к.т.н.; Мирошниченко Н.Н., асс.

(ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк, ДНР)

Наряду с традиционными выбросами от промышленных предприятий и автотранспорта в угледобывающих в Донбассе, существенную долю выбросов в атмосферу добавляют выбросы шахтного метана от вентиляционных и дегазационных систем угольных шахт. В отличие от выбросов промышленных предприятий выбросы шахтного метана невидимы и не имеют запаха, поэтому об их наличии мало известно общественности и недостаточно уделяется внимания.

Доля выбросов шахтного метана в Донбассе весьма значительна. По имеющимся данным, на примере шахты «Суходольская-Восточная», которая относится к газоносным шахтам Донбасса выбросы метана в атмосферу за 2009 год составили 26, 28 млн.м³. Таких шахт в Донбассе около сотни. В настоящее время при разработке газоносных угольных пластов вентиляционными и дегазационными системами шахт России извлекалось от 1, 2 до 1, 4 млрд.м³ шахтного метана, однако лишь около 25% извлекается системами дегазации, из которых только около 45-50 млн. м³ утилизируется, остальное выбрасывается в атмосферу, загрязняя ее устойчивым парниковым газом. Примерно такое же состояние по шахтному метану было и на Украине.

Киотский протокол, принятый в дополнение к Рамочной конвенции ООН об изменении климата, обязывает сократить или стабилизировать выбросы парниковых газов. Парниковый газ – газ, задерживающий инфракрасное излучение земной поверхности, что приводит к глобальному потеплению на планете. К основным парниковым газам относятся: двуокись углерода (CO₂), метан (CH₄) окись азота (N₂O) и другие. Метан - второй по значимости парниковый газ, регламентируемый Киотским протоколом. Шахтный метан является сильнейшим загрязнителем окружающей природной среды, одним из разрушителей озонового слоя атмосферы планеты.

В связи с этим разрабатываются законы и постановления, поддерживающие и регулирующие необходимые мероприятия в области дегазации угольных пластов и использовании шахтного метана.

Следует подробно остановиться на выделениях шахтного метана. Выделения шахтного метана условно можно разделить на три вида:

- выделение шахтного метана сквозь трещины и разломы в земной коре;
- выделение шахтного метана в составе вентиляционных выбросов шахтных выработок;
- выделение шахтного метана из дегазационных скважин угольных пластов.

Утилизация шахтного метана, выделяющегося сквозь трещины и разломы в земной коре, практически нереализуема из-за невозможности их централизованного сбора для переработки и весьма низкой концентрации метана. Утилизация шахтного метана в составе вентиляционных выбросов шахтных выработок также в настоящее время не реализуема из-за низки концентраций метана и отсутствия промышленных технологий его утилизации и использования.

Выделения шахтного метана из дегазационных скважин угольных пластов являются основными источниками выбросов и загрязнителей атмосферы. Высокая концентрация метана (до 80%) в этих выбросах и возможность его централизованного сбора и подготовки позволяют использовать его в качестве источника для получения электроэнергии, тепла и сжатого метана для заправки автомобилей и при этом существенно снизить вредные выбросы в атмосферу.

Утилизация шахтного метана из дегазационных скважин решает следующие задачи:

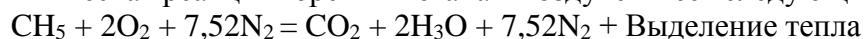
- снижение загазованности горных выработок и как следствие этого повышение производительности угольных шахт и обеспечение безопасных условий труда;
- снижение выбросов метана, который относится к парниковым газам;
- снижение потребности Донбасса в дефицитном и дорогом природном газе;
- выработка собственной электрической энергии и тепла угледобывающими предприятиями.

Утилизация и использование шахтного метана решает не только экологические проблемы, но и важна по экономическим соображениям, поскольку позволяет использовать существенно более дешевое газообразное топливо для выработки тепловой (в котельной) и электрической энергии.

В соответствии с предпроектными проработками по комплексному использованию шахтного метана на центральной промплощадке шахты «Суходольская-Восточная» предусматривается установка контейнерных теплоэлектростанций (КТЭС) с двигателями ТСС 2020 V 16 производства Deutz Power System (Германия). Топливом для них является мегановоздушная смесь, поступающая с участка дегазации, расположенного на центральном участке промплощадки шахты.

Реализация этого проекта позволит не только снизить выбросы метана, но и выработать электроэнергию в размере 50615 тыс. кВт. ч и перевести существующие котельные с твердого топлива на газообразное, что позволит сэкономить 7320 т/год твердого топлива. Может возникнуть вопрос, что при утилизации и использовании шахтного метана все равно присутствуют вредные выбросы в атмосферу. Следует отметить, что в результате сжигания метана образуется менее вредный (в 21 раз) по своему парниковому эффекту углекислый газ. Кроме этого, при использовании шахтного метана в качестве топлива наблюдается сокращение выбросов диоксида серы и оксида углерода (за счет сокращения применения твердого топлива, сжигаемого в котельных). Наряду с вышеуказанными преимуществами при использовании шахтного метана в качестве топлива для электростанций и котельных имеется определенный недостаток, связанный с увеличением выбросов диоксида азота в продуктах сгорания шахтного метана. Но выбросы диоксида азота значительно менее вредны, чем выбросы шахтного метана без сжигания и их в несколько раз меньше. Кроме этого, имеется возможность снижения выбросов диоксида азота при использовании современного высокоэффективного газогорелочного оборудования.

Горение метановоздушных смесей представляет собой химический процесс окисления горючего вещества и окислителя. Окислителем выступает содержащийся в воздухе кислород в смеси с азотом. Химическая реакция горения метана в воздухе имеет следующий вид:



Азот, присутствующий в парах в отношении 70-75%, является балластом, понижающим КПД, вследствие рассеивания значительной доли тепла через дымоход. В энергетических установках для сгорания метан должен находиться при достаточном уровне температуры, что составляет основную техническую проблему, требующую более эффективного решения.

Наибольшую пропорцию от общего выброса метана в процессе добычи угля составляют выбросы метана через систему вентиляции в шахтах с содержанием метана в воздухе менее 1%. Несмотря на низкие концентрации, в структуре глобальных выбросов метана является крупнейшим отдельным источником выбросов. Ежегодно в мире выбрасывается в атмосферу около 1,5 млрд. м³ вентиляционного метана, что является эквивалентом 200 млн. т парникового газа CO₂.

В последние годы разработаны технологии, которые позволяют утилизировать и энергетически эффективно использовать метан сочень низкой концентрацией в вентиляционном воздухе шахт путем термического окисления на катализаторах. Некоторые из этих технологий могут комбинироваться с системами рекуперации тепла, предназначенными для использования на шахтах или при централизованном теплоснабжении либо в паровых турбинах, генерирующих электроэнергию. На нескольких

предприятиях мира (в Австралии, США, Китае) в целях борьбы с такими выбросами в демонстрационных и коммерческих масштабах внедрены технологии сжигания вентиляционного метана для производства электрической и тепловой энергии. Последний крупнейший проект реализован в Китае в 2010 г. с применением шести установок "VOCSIDIZER", разработчик "MEGTEC Systems", с обработкой вентиляционного метана расходом 235000 м³/час (3916 м³/мин). Система обеспечивает снижение выбросов парниковых газов массой более 200 тыс. т CO₂-экв. в год.

Значимые результаты в технологии «VAM» достигнуты в Австралии. На практике реализована технология получения электричества из исходящей вентиляционной струи, в результате сжигания низко концентрированного метана в каталитических горелках. Доказано, что вентиляционная струя угольной шахты расходом 255000 м³/час может дать приблизительно в 5 МВт электричества. Австралийский проект «WestVAMP» преобразовывает в тепло и электричество приблизительно одну пятую часть вентиляционной струи. Доказано, что энергосистемы «VOCSIDIZER» могут работать с низкими концентрациями метана, даже 0,1%, без дополнительных затрат энергии. Тепловая энергия извлекается из агрегата с помощью рекуперативных труб с возможностью получения, например, горячей воды или перегретого пара. Пар может использоваться для вращения турбины, составляя тем самым основу электростанции. «VOCSIDIZER» представляет также интерес для пользователя низкотемпературной энергии, без выбросов оксидов азота. Эффективность использования энергии (тепло и электричество) энергосистемы «VOCSIDIZER» - приблизительно 98%. Конструктивная реализация энергоустановок предусматривает стальной контейнер с блоком керамического материала и тепловыми элементами в центре блока. В процессе прохождения вентиляционного воздуха через установку центральная часть керамического блока, в результате окисления метана, нагревается до температуры 1000°С и полученная энергия передается в периферийную часть блока. Теплообмен весьма эффективен: в балансе системы различие в температурах входящего и выходящего воздуха составляет не более 40°С. Для повышения эффективности теплообмена направление потока регулярно меняют. Отсутствие пиков температуры в зоне окисления исключает появление оксидов азота. Показано, что энергия струи расходом 800 000 м³/час с концентрацией метана 1% может генерировать 72 МВт тепловой энергии. Эта энергия может быть трансформирована в 18 МВт электрической энергии.

Воспользуемся данными шахты им. «А.Ф. Засядько».

Исходные данные:

- Расход метана вентиляционной струи - 800 000 м³/час (222 м³/сек);
- Количество автономных установок - 4 шт.
- Объемная концентрация метана в струе, средняя – 0,5%
- Теплота сгорания метана - 35,9 МДж/м³
- Молекулярная масса 100% метана равна 0,717 кг/м³
- Молекулярная масса 100% углекислого газа – 1,97 кг/м³
- 1 млн.м³ 100%-ного метана эквивалентен выбросам парниковых газов в количестве

15057 т CO₂,

Следовательно, 1 млн. м³ рудничного газа вентиляционной струи с объемной концентрацией метана 0,5 % соответствует выбросам CO₂, эквивалентным

$$15057 \cdot 0,5 / 100 = 75,285 \text{ т}$$

Энергетическая мощность метана, содержащегося в метане вентиляционной струи вычислим сопоставлением с пионерскими проектами. При расходе вентиляционной струи 800000 м³/час с концентрацией метана 0,5% энергетическая установка может генерировать 36 МВт тепловой энергии и 9 МВт электрической энергии.

Тогда годовое сокращение выбросов CO₂ - эквивалента при условии сжигания метана вентиляционной струи:

$$800000 \cdot 0,005 \cdot 24 \cdot 364 \cdot 15,057 = 526,2 \cdot 10^6 \text{ кг (526200 т)}$$

При продаже квот на выбросы CO₂ по цене 7 €/т получим годовую выручку

$$7 \cdot 526 \cdot 200 = 3 \, 683 \, 400 \text{ €}/\text{год} \text{ (€3,68 млн/год)}$$

При продаже электроэнергии по цене 0,8 руб/(кВт · час) получим
 $9000 \cdot 0,8 \cdot 24 \cdot 364 = 62,9 \cdot 10^6 \text{ руб}/\text{год} \text{ (€1,8 млн/год)}$

Если использовать тепловую энергию для собственных нужд, вместо угля, то при КПД=0,8 преобразования теплоты сгорания угля ($30 \cdot 10^6 \text{ Дж}/\text{кг}$) в тепловую энергию горячей воды будет достигнута годовая экономия угля

$$36 \cdot 10^6 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 364 \cdot 0,8 / (30 \cdot 10^6) = 30,19 \cdot 10^6 \text{ кг}/\text{год} \text{ (30190 т/год)}$$

При себестоимости угля 10 €/т экономия составит
 $30190 \cdot 10 = 301900 \text{ €}/\text{год} \text{ (€0,3 млн./год)}$

Таким образом, суммарная экономия, за счет трех статей дохода (квоты за выбросы + электроэнергия + тепловая энергия) составит

$$3,68 + 1,8 + 0,3 = €5,78 \text{ млн. /год.}$$

Исходя из представленного оценочного расчета, можно предположить экономически выгодную стоимость энергосистемы «VOC SIDIZER». В частности, при стоимости установок "под ключ" €15 млн. энергосистема окупится за 3-4 года. Очевидно, расчет является приблизительным и конечный результат должен уточняться для каждого конкретного случая.

К другим разрабатываемым технологиям использования МВС относятся каталитические монолитные реакторы (КМР), турбины для сжигания бедной топливной смеси, в которых сжигается МВС при концентрациях 1,5% и ниже, и роторные печи, в которых МВС смешивается с мелкими отходами угледобычи.

Перспективная технология утилизации вентиляционного метана развивается по трем направлениям:

- 1) для улучшения горения рядового угля в традиционных угольных котлах;
- 2) для совместного сжигания в газомазутных котлах с углем ультрамелкого помола (до 15-20 мкм);
- 3) в котлах «большой энергетики» - подача воздуха с вентиляционным метаном в пылеугольную топку.

При применении технологии сжигания вентиляционного метана, может быть достигнут ряд положительных эффектов в том числе:

- экологический эффект: сократятся прямые выбросы метана в атмосферу и при замещении им угля в котлах снизятся выбросы загрязняющих веществ CO_2 , NO , SO ;
- энергетический эффект: улучшатся энергетические характеристики горения угля за счет наддува воздуха с дополнительным высококалорийным топливом, замещающим по эквиваленту сжигаемый уголь, что приведет к повышению КПД оборудования;
- экономический эффект: в зависимости от концентрации вентиляционного метана может снизиться расход основного топлива, снизятся ущербы от выбросов метана, снизятся ущербы за счёт улучшения структуры топливно-энергетического баланса региона, снизится топливная составляющая в тарифе за счет использования «бросового» энергоресурса.

В заключение следует отметить, что для снижения выбросов шахтного метана, которые являются одними из основных загрязнителей атмосферы Донбасса, необходимо активно внедрять установки по утилизации для получения электроэнергии и тепла.

Перечень ссылок

1. Интернет-источник: MEGTEC to build world's largest coal mine ventilation methane emissions abatement system in China.
http://www.megtec.com/documents/lr_megtec_to_build_worlds_largest_coal_mine_ventilation_methane_emissions_abatement_system_in_china.pdf

2. VAM TO ELECTRICITY – FIRST COMMERCIAL INSTALLATION ! Richard Mattus MEGTEC Systems. Alabama Symposium on Coalbed Methane, 2004. – 0436p.