Геоэкология и безопасность жизнедеятельности

УДК 622.481.22

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБОГРЕВЕ ВОЗДУХОПОДАЮЩИХ СТВОЛОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ ГАЗОВЫМИ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРАМИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕГАЗАЦИОННОГО МЕТАНА

В.Р.АЛАБЬЕВ, Г.И.КОРШУНОВ
Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург, Россия

Рассмотрена новая технологическая схема обогрева воздухоподающих стволов угольных шахт Украины с использованием теплогенераторов (воздухонагревателей) смесительного типа и непрямого действия. Выполнено ее сравнение с традиционными схемами обогрева стволов и указаны присущие им недостатки. Показано, что применение новой технологической схемы обогрева позволит отказаться от строительства таких структурных элементов, как котельные и теплотрассы, и приобретения металлоемких калориферов. Все это значительно сократит капитальные и эксплуатационные затраты на строительство и эксплуатацию при существенном снижении сроков ввода отопительных систем в действие.

Рассмотрен пример компоновки калориферной установки для обогрева воздухоподающего ствола шахты «Щегловская-Глубокая» шахтоуправления «Донбасс» с использованием теплогенераторов смесительного типа. Приведена схема размещения датчиков контроля параметров вентиляционной струи с учетом поступления вредных продуктов сгорания метановоздушной смеси в каналах калориферной установки. Указаны параметры системы автоматики, обеспечивающей защиту теплогенераторов от работы в аварийных режимах. Отмечены недостатки теплогенераторов смесительного типа, ограничивающие их применение в Российской Федерации.

Наряду с теплогенераторами смесительного типа рассмотрен принцип действия теплогенератора непрямого действия, наиболее полно отвечающего требованиям российского законодательства по его использованию в условиях угольных шахт. Приведена принципиальная схема компоновки калориферной установки с использованием такого теплогенератора. Показано, что после разработки нормативной документации, регламентирующей порядок проектирования, строительства и эксплуатации калориферных установок с использованием теплогенераторов непрямого действия, их применение на шахтах России станет возможным без нарушения требований Правил безопасности.

***Ключевые слова*:** безопасность, шахта, ствол, обогрев, технологическая схема, температура, калорифер, теплогенератор, метановоздушная смесь, концентрация

***Как цитировать эту статью*:** Алабьев В.Р. Обеспечение безопасности при обогреве воздухоподающих стволов угольных шахт газовыми теплогенераторами с использованием дегазационного метана / В.Р.Алабьев, Г.И.Коршунов // Записки Горного института. 2017. Т. 225. С. 346-353. DOI: 10.18454/PMI.2017.3.346

Введение. Проблема обеспечения безопасности шахтного подъема была и остается одной из ключевых в угольной отрасли. Особенно остро проблема проявляется в зимний период, поскольку из-за обводненности стволов при отрицательных значениях температуры атмосферного воздуха возникает процесс льдообразования на стенках стволов. Это приводит к обледенению лестничного отделения и проводников, сужению их проходного сечения, следствием чего является заклинивание подъемных сосудов, обрыв кабелей электроснабжения, падение кусков льда в ствол. Периодическое замерзание и оттаивание материала крепи вызывает температурные деформации, что приводит к разрушению крепления ствола в его верхней части. Все это снижает безопасность работ, создает реальную угрозу здоровью и жизни шахтеров и обуславливает необходимость совершенствования существующих и поиска новых более эффективных систем подогрева воздуха.

Технологическая схема обогрева воздухоподающих стволов, применяемая в настоящее время на подавляющем большинстве угольных шахт, состоит из следующих основных элементов: угольная или газовая котельная для выработки теплоносителя (как правило, горячей воды), калориферная установка для подогрева воздуха, поступающего в шахту, и тепловые сети для подачи теплоносителя по трубопроводам от котельной до калориферной установки. Наличие цепи «котельная – теплотрасса – калориферная установка» предопределяет недостаточную надежность таких схем, так как возникновение аварийной ситуации хотя бы в одном элементе цепи создает угрозу замораживания воды в теплосети и секциях воздухонагревателей и, как следствие, нарушение регламента подогрева воздуха, подаваемого на проветривание в ствол. Это обуславливает повышенные требования безопасности, предъявляемые к таким технологическим схемам обогрева шахтных стволов.

Так, например, для обеспечения бесперебойной подачи теплоносителя на воздухонагреватели обязательным условием является прокладка в тепловых сетях резервного подающего трубопровода, а калориферные установки должны иметь дополнительные средства для защиты теплообменных аппаратов от замерзания в них воды в аварийных ситуациях. Кроме того, для обеспечения технологической надежности предусматривается наличие резервных групп воздухонагревателей, снабженных соответствующей арматурой для оперативного подключения к гидравлической сети, а поверхность теплообмена воздухонагревателей необходимо принимать с резервом 10-20 % [8].

Помимо этого следует отметить низкий КПД таких схем обогрева стволов (60-65 %) вследствие многоступенчатой передачи теплоты от котла к воздуху. Такие схемы обладают большой тепловой инерцией и не в состоянии своевременно реагировать на резкие колебания температуры атмосферного воздуха, в результате чего наблюдались случаи обмерзания стволов с тяжелыми последствиями [12].

Недостаточная надежность, высокая капиталоэнергоемкость, длительные сроки строительно-монтажных работ при реализации традиционной технологической схемы обогрева стволов вызвали необходимость поиска новых способов и средств обеспечения температурного режима воздухоподающих стволов. Новым направлением в развитии технологии обогрева стволов угольных шахт стало применение в качестве теплоносителя горячего воздуха, что значительно снижает риск возникновения аварийных ситуаций. Основные тенденции и пути развития технологических схем обогрева воздухоподающих стволов угольных шахт приведены в работе [3].

В начале прошлого десятилетия на Украине на отдельных шахтах стали применять принципиально новую технологическую схему обогрева стволов, ключевым элементом которой являются промышленные теплогенераторы, работающие на природном газе [6]. Включение в состав калориферных станций газовых теплогенераторов было оправдано с точки зрения значительного снижения капитальных и эксплуатационных затрат, поскольку в таких случаях отпадала необходимость строительства традиционных котельных и теплотрасс. Значительно сокращались сроки ввода отопительных систем в эксплуатацию. Однако применение таких теплогенераторов было ограничено органами Госнадзорохрантруда Украины из-за наличия в них открытого пламени. По этой причине они были отнесены к огневым калориферам, применение которых в угольных шахтах было запрещено из-за угрозы возникновения пожара и возможности попадания ядовитых продуктов горения в воздух, поступающий на проветривание в ствол. Явные преимущества новой технологической схемы обогрева стволов остро поставили вопрос об адаптации газовых промышленных теплогенераторов к условиям угольных шахт.

Объект и методы исследований. Обобщение опыта эксплуатации принципиально новой технологической схемы обогрева воздухоподающих стволов с использованием промышленных теплогенераторов, применяющих в качестве топлива шахтный дегазационный метан. Анализ перспектив применения подобных систем обогрева стволов на угольных шахтах Российской Федерации.

Результаты обсуждения. В декабре 2000 г. на шахте «Глубокая» ОАО «Шахтоуправление «Донбасс» в качестве эксперимента была принята в эксплуатацию первая опытно-промышленная калориферная установка по обогреву воздухоподающего ствола промышленными воздухонагревателями смесительного типа ВГС-1, которая проработала на природном газе до конца отопительного сезона. И хотя на тот момент не были решены многие технические вопросы по безопасности, первый опыт ее эксплуатации показал высокую эффективность. За счет отсутствия таких структурных элементов, как котельная и теплотрасса, годовой экономический эффект от внедрения новой воздухонагревательной установки составил свыше 200 тыс. долларов, в том числе по капитальным затратам свыше 100 тыс. долларов, что в 2 раза меньше затрат на строительство обычной системы обогрева ствола. При этом срок ввода отопительной системы в эксплуатацию составил 9 мес. вместо нескольких лет. Значительно повысилась и эффективность обогрева ствола [10].

Положительный опыт применения воздухонагревателей ВГС-1 для обогрева ствола шахты «Глубокая» позволил рекомендовать эту технологическую схему обогрева стволов и для других шахт. Было принято решение о строительстве калориферной установки уже на шахте «Щегловская-Глубокая» этого же шахтоуправления.

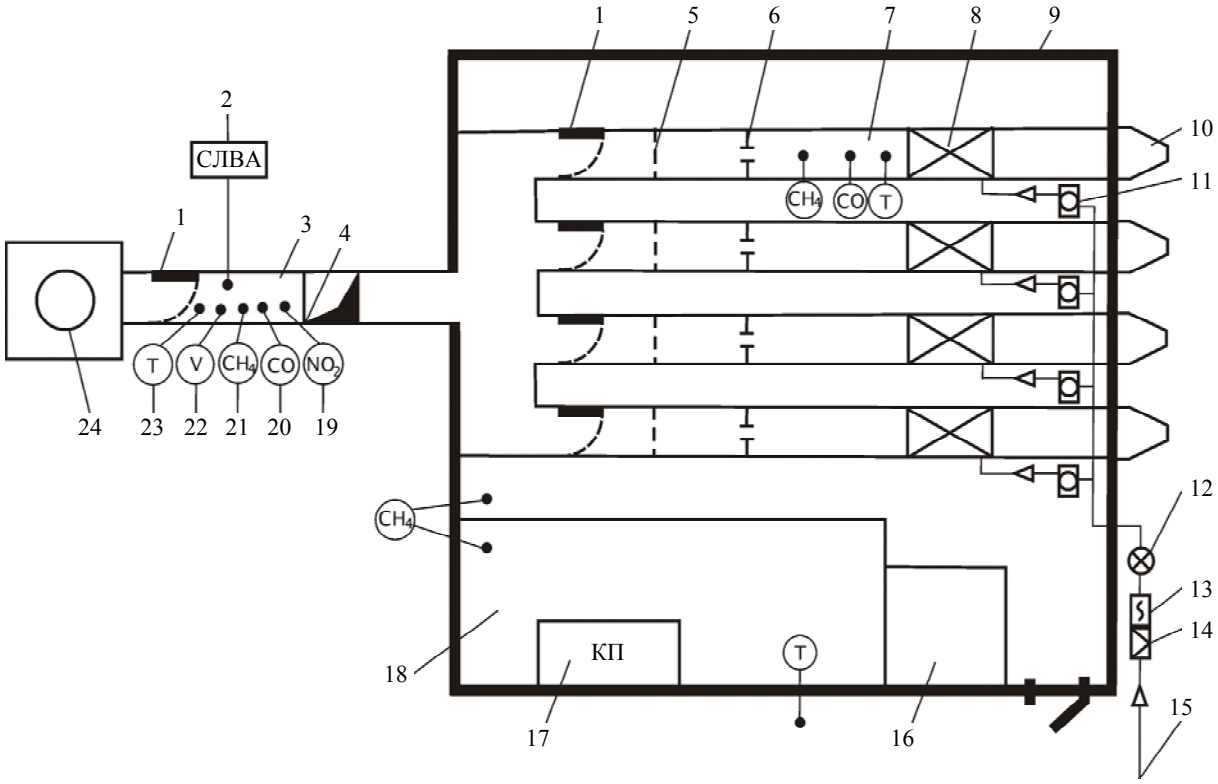


Рис.1. Схема калориферной установки на шахте «Щегловская-Глубокая»

1 – противопожарные двери; 2 – аппаратура СЛВА; 3 – общий воздухоподающий канал теплого воздуха; 4 – камера смешения; 5 – защитные решетки; 6 – клапан взрывной; 7 – каналы горячего воздуха воздухонагревателей; 8 – воздухонагреватель ВГС-1; 9 – здание калориферной установки; 10 – воздухозаборные тамбуры воздухонагревателей; 11 – блок газового оборудования воздухонагревателя; 12 – свеча; 13 – пламяподавитель ПГА; 14 – огнепреградитель ОПС-2; 15 – газопровод подачи МВС; 16 – сантехнический узел; 17 – щит управления и контроля; 18 – пункт оператора; 19 – датчик контроля оксидов и диоксидов азота; 20 – датчик контроля оксида углерода; 21 – датчик контроля метана; 22 – датчик контроля скорости воздуха; 23 – датчик контроля температуры; 24 – воздухоподающий ствол

В 2006 г. ОАО «Донгипрошахт» выполнил проект на привязку воздухонагревателей ВГС-1 смесительного типа для обогрева клетевого ствола № 1 шахты «Щегловская-Глубокая» ОАО «Шахтоуправление «Донбасс». В целях экономии топливных ресурсов было принято решение вместо природного газа использовать метановоздушную смесь (МВС), полученную из шахтного метана путем дегазации разрабатываемого пласта. Поскольку применение подобных систем обогрева воздухоподающих стволов угольных шахт запрещено правилами безопасности, было получено соответствующее разрешение Госнадзорохрантруда Украины на выполнение работ под наблюдением специалистов МакНИИ. При этом следует отметить, что на тот момент в Украине не существовало нормативных документов, регламентирующих порядок проектирования, строительства и эксплуатации калориферных установок с применением огневых калориферов, работающих на шахтном дегазационном метане. В связи с этим в МакНИИ были проведены соответствующие исследования, в результате которых разработаны требования безопасности к системам обогрева стволов, использующих огневые калориферы и дегазационный метан в качестве топлива к ним [1, 2, 9]. Принципиальная схема компоновки калориферной установки с использованием воздухонагревателей смесительного типа приведена на рис.1.

Согласно проекту, для поддержания температуры воздуха в клетевом стволе не менее 5 °С при его расходе 900000 м^3/ч приняты четыре воздухонагревателя ВГС-1 (поз.8 на рис.1) тепловой мощностью 1 МВт каждый. Каждый воздухонагреватель обеспечивает нагрев воздуха до 100 °С при расходе 50000 м^3/ч. Управление и контроль работы воздухонагревателей предусматривалось осуществлять со щита управления и контроля 17, расположенного в пункте оператора 18. Защита воздухонагревателей от работы в аварийных режимах обеспечивалась системой автоматики, которая производит защитное отключение подачи газа к блоку горелок в следующих случаях:

а) при повышении температуры нагретого воздуха выше 100 °С;

б) при погасании контролируемого пламени горелочного устройства;

DOI: *10.18454/PMI.2017.3.346*

в) при превышении предельно допустимой концентрации (ПДК) метана;

г) при исчезновении электрического напряжения в цепях автоматики (прекращении подачи электроэнергии);

д) при изменении скорости и направления потока воздуха.

Под постоянным контролем находятся расходы газа и нагреваемого воздуха в каждом воздухонагревателе, а также расход воздуха и его температура в 5 м от сопряжения канала калориферной установки со стволом. При возникновении аварийных условий закрываются электромагнитные клапаны на входе блока газового оборудования 11, перед блоком горелок и на запальном устройстве, а также открывается электромагнитный клапан на «свечу» 12 (кроме случая отключения электроэнергии). При достижении предельных значений параметров, контролируемых автоматикой безопасности, происходит включение световой и звуковой сигнализации.

Помещение калориферной установки и каналы воздухонагревателей оборудованы системами пожаротушения. В воздухоотводящих каналах воздухонагревателей предусмотрена установка противопожарных дверей с механическим приводом 1, которые предназначены для перекрытия каналов в случае пожара при опрокидывании струи воздуха в стволе или при наличии в каналах метана с концентрацией более 0,5 % на протяжении более 10 мин. В месте сопряжения общего воздухоподающего канала со стволом была установлена противопожарная ляда. Для регулировки подачи холодного воздуха в камере смешения 4 имеется ляда, которая одновременно выполняет противопожарную функцию по отсечению воздухонагревателей от ствола.

На горизонтах 534, 784 и 915 м шахты была установлена аппаратура непрерывного автоматического контроля расхода и направления воздуха ДРПВ-1, которая обеспечивала защитное отключение подачи газа к горелкам в случае опрокидывания струи воздуха в стволе или резкого сокращения скорости воздуха (более чем на 15 %).

Для обнаружения и подавления несанкционированного горения предусмотрена аппаратура локализации взрывов СЛВА. Для этого в общем воздухоподающем канале подогретого воздуха устанавливаются по два датчика пламени и взрывоподавителя ВПУ-30П (поз.2). В пункте оператора устанавливается блок питания и устройство согласования УСД. Аппаратура СЛВА работает в выжидательном режиме. При появлении вспышки в калориферном канале датчик пламени фиксирует ее и подает командный импульс на воспламенитель взрывоподавителя ВПУ-30П, который, срабатывая, выбрасывает в область вспышки заряд инертной пыли и тем самым локализует дальнейшее распространение горения и взрыва.

При работе воздухонагревателей предусмотрен контроль содержания в воздухе оксида углерода (CO) в 5 м от сопряжения канала калориферной установки со стволом и в отводящих каналах воздухонагревателей, а также содержания диоксида азота (NO_2) и оксидов азота (в пересчете на NO_2) в 5 м от сопряжения канала калориферной установки со стволом. Установлена периодичность контроля этих газов.

Газоснабжение воздухонагревателей осуществлялось от наружных сетей дегазации давлением 15-20 кПа при концентрации МВС от 30 до 50 %. Диаметр подводящего газопровода 325 мм (поз.15). На вводе в здание был установлен огнепреградитель ОПС-2 (поз.14) и пламяподавитель ПГА (поз.13). Расход газа дегазации на один воздухонагреватель составлял 300 $м^3$/ч. Для сбрасывания излишков МВС в атмосферу предусмотрена «свеча» (поз.12) диаметром 219 мм, выведенная на 2 м выше наиболее выступающей части крыши здания. На «свече» были установлены задвижки с ручным приводом.

Анализ готовности шахты к реализации новых технических решений показал, что проектная документация была выполнена в соответствии с требованиями нормативного документа [9], а обслуживающий персонал прошел курс обучения по программе «Особенности эксплуатации газовых воздухонагревателей ВГС-1, использующих в качестве топлива метановоздушную смесь. Дополнительные требования по технике безопасности при эксплуатации ВГС-1, работающих на метановоздушной смеси». Специалистами был сделан вывод о том, что шахтоуправление «Донбасс» способно обеспечить соблюдение требований нормативно-правовых актов по охране труда и промышленной безопасности при выполнении проекта по эксплуатации газовых воздухонагревателей ВГС-1 на шахтном дегазационном метане, а Государственным департаментом промышленной безопасности, охраны труда и горного надзора Украины выдано соответствующее разрешение на начало выполнения работ повышенной опасности.

Наблюдения за работой системы обогрева ствола воздухонагревателями ВГС-1 выполнялись в соответствии с программой и методикой исследовательских испытаний при работе двух воздухонагревателей ВГС-1. Результаты теплофизических измерений при работе системы обогрева ствола приведены в табл.1.

Таблица 1

Результаты теплофизических измерений

Время замера	Температура наружного воздуха, °С	Температура МВС в газопроводе, °С		Давление МВС, Па	Концентрация МВС, %	Температура воздуха после калорифера, °С		Температура воздуха в начале ствола, °С
		Начало	Конец			№ 2	№ 3	
19:00	–8,3	32,6	1,7	12940	45,5	96,0	105,9	12,1
20:00	–8,3	32,6	1,1	13040	45,6	104,1	110,5	12,1
21:00	–7,0	32,7	1,4	13040	45,6	106,3	112,3	12,2
22:00	–6,9	32,8	1,6	13140	45,6	106,5	112,7	12,0
23:00	–7,0	32,9	1,7	13040	45,6	107,2	114,5	12,4
24:00	–6,9	32,9	1,8	12940	45,6	108,0	117,1	12,6
01:00	–5,9	32,9	1,7	12940	45,8	111,8	122,3	13,2
02:00	–6,0	33,1	1,6	12850	45,9	118,2	119,6	13,1
03:00	–5,5	33,2	1,4	11670	46,1	111,9	119,3	13,1
04:00	–6,5	33,1	1,2	11180	46,1	113,3	120,1	14,0
05:00	–7,0	33,1	1,1	11770	46,2	116,1	121,5	14,0
06:00	–6,3	33,1	1,1	12450	46,1	114,0	118,0	13,7
07:00	–6,5	33,2	1,5	12360	46,1	112,6	117,0	13,6

Анализ результатов наблюдений показал, что система обогрева ствола работала устойчиво. Расход воздуха через воздухонагреватели ВГС-1 в период наблюдений составлял 42000 м^3/ч, а расход свежего воздуха по стволу – 780000 м^3/ч. Температура воздуха после воздухонагревателей колебалась от 96 до 121 °С, при этом температура воздуха на входе в воздухоподающий ствол составляла 12,1-14,0 °С. Давление и концентрация МВС в газопроводе поддерживались в заданном режиме. Унифицированная телекоммуникационная система (УТАС), установленная на шахте, обеспечивала контроль всех основных параметров работы системы обогрева диспетчером шахты и оператором калориферной установки.

Из данных табл.1 следует, что при незначительном понижении температуры атмосферного воздуха (до –8 °С) температура МВС в конце подающего газопровода вплотную приблизилась к граничному значению и составила 1,0-1,7 °С. При дальнейшем понижении температуры атмосферного воздуха температура МВС в конце подающего газопровода достигнет отрицательных значений. Во избежание обмерзания газопровода шахте было предложено улучшить теплоизоляцию газопровода или осушить МВС. При этом вариантные тепловые расчеты допустимой длины поверхностного газопровода (поз.15 на рис.1) от поверхностных скважин до здания калориферной установки 9, при которой отсутствует процесс намораживания льда на его внутренней поверхности, предложено осуществлять по методике [4], разработанной на основании аналитических исследований [13].

В период экспериментальных исследований были проведены анализы проб шахтного метана из дегазационной системы шахты «Щегловская-Глубокая» ОАО «Шахтоуправление «Донбасс» на количественный компонентный состав. Получены следующие результаты, %:

Кислород O_2 8,46
Азот N_2 51,91
Метан CH_4 38,84
Этан C_2H_6 0,0615
Пропан C_3H_8 0,0106
Изобутан *i*-C_4H_{10} 0,0023
Н-бутан *h*-C_4H_{10} 0,0019
Диоксид углерода CO_2 0,763
Гелий He ..... –
Водород H_2 ..... –

DOI: *10.18454/PMI.2017.3.346*

Измерения проводились на хроматографе типа ЛХМ-8МД и хроматографе «Газохром 3101» с использованием поверочных газовых смесей. Как видно из приведенных данных, следов наличия серосодержащих соединений в шахтном метане не обнаружено.

Также был выполнен анализ состава газовых смесей, образуемых после сжигания МВС, на содержание токсичных газов в продуктах сгорания. Для снижения погрешности измерений пробы продуктов сгорания отбирались непосредственно после рамповых горелок воздухонагревателя в канале горячего воздуха 7 (рис.1). Результаты анализов, а также значения ПДК токсичных газов приведены в табл.2. Как следует из табл.2, концентрация токсичных газов в каналах горячего воздуха не превышает ПДК, а оксидов серы в исходящих дымовых газах не обнаружено.

По результатам экспериментальных исследований опытно-промышленная установка обогрева клетевого ствола № 1 шахты «Щегловская-Глубокая» воздухонагревателями смесительного типа ВГС-1 с использованием в качестве топлива шахтного дегазационного метана была принята в эксплуатацию.

Таблица 2

Результаты анализа продуктов сгорания шахтного метана, мг/м^3

Компонент	Содержание	ПДК
Диоксид азота NO_2	0,0529	2,0
Монооксид азота NO (в пересчете на NO_2)	0,0201	5,0
Монооксид углерода CO	0,0001	20,0

К недостаткам технологической схемы обогрева стволов газовыми воздухонагревателями смесительного типа следует отнести поступление вредных продуктов горения МВС (CO_2, NO_2 и диоксидов азота в пересчете на NO_2) в шахтную атмосферу, что прямо запрещено действующими Правилами безопасности Российской Федерации [11]. Не исключается также опасность превышения ПДК по этим газам в воздухе, поступающем на проветривание в ствол, в случае нарушения режима горения или выхода из строя горелочных устройств и отказа приборов автоматического контроля и защиты. Кроме того, отсутствует нормативно-правовая база, регламентирующая порядок построения, проектирования и эксплуатации систем обогрева воздухоподающих стволов с использованием газовых воздухонагревателей.

Указанные недостатки способа обогрева воздухоподающих стволов угольных шахт воздухонагревателями смесительного типа предопределили необходимость его усовершенствования при сохранении главных преимуществ: там, где это возможно, выработка тепловой энергии должна осуществляться за счет сжигания природного газа или МВС; использование в качестве теплоносителя горячего воздуха вместо горячей воды. Для этого воздухонагреватели смесительного типа следует заменить на более безопасный тип теплогенераторов, при котором отсутствует процесс поступления вредных продуктов сгорания в рудничную атмосферу.

Решение этой задачи стало возможным после внесения принципиальных изменений в конструкцию воздухонагревателей смесительного типа (рис.2) [5]. В корпус воздухонагревателя помещена герметичная перегородка 4, разделяющая его на две части: камеру нагрева атмосферного воздуха 7 и теплообменную камеру 13. Герметичная перегородка пронизана термосифонными трубками 6, в которых находится промежуточный теплоноситель. За счет кипения и конденсации промежуточного теплоносителя осуществляется процесс переноса теплоты от продуктов сгорания газообразного топлива к воздуху, подаваемому на проветривание в ствол. Воздухонагреватель вынесен за пределы надшахтного здания, и нагретый атмосферный воздух поступает в ствол 9 по каналу горячего воздуха 8, что снижает вероятность попадания газов из дымовой трубы в воздух, который поступает в шахту. Вентилятор для подачи атмосферного воздуха 3 создает избыточное давление в камере нагрева атмосферного воздуха, а вентилятор для удаления продуктов сгорания 14 – разрежение в теплообменной камере. За счет этого исключается попадание продуктов сгорания газообразного топлива в воздух, подаваемый на проветривание в ствол, в случае механического износа герметичной перегородки 4 или термосифонных трубок 6.

Указанные конструктивные изменения отличают предложенный тип воздухонагревателя от воздухонагревателей смесительного типа ВГС-1 отсутствием поступления вредных продуктов сгорания МВС в рудничную атмосферу, что полностью удовлетворяет требованиям [11]. Новизна предложенного способа обогрева стволов подтверждена декларативным патентом Украины на изобретение [7]. Применительно к разработанному способу обогрева воздухоподающих стволов (рис.2) разработана принципиальная схема компоновки калориферной установки, которая приведена в работе [5].

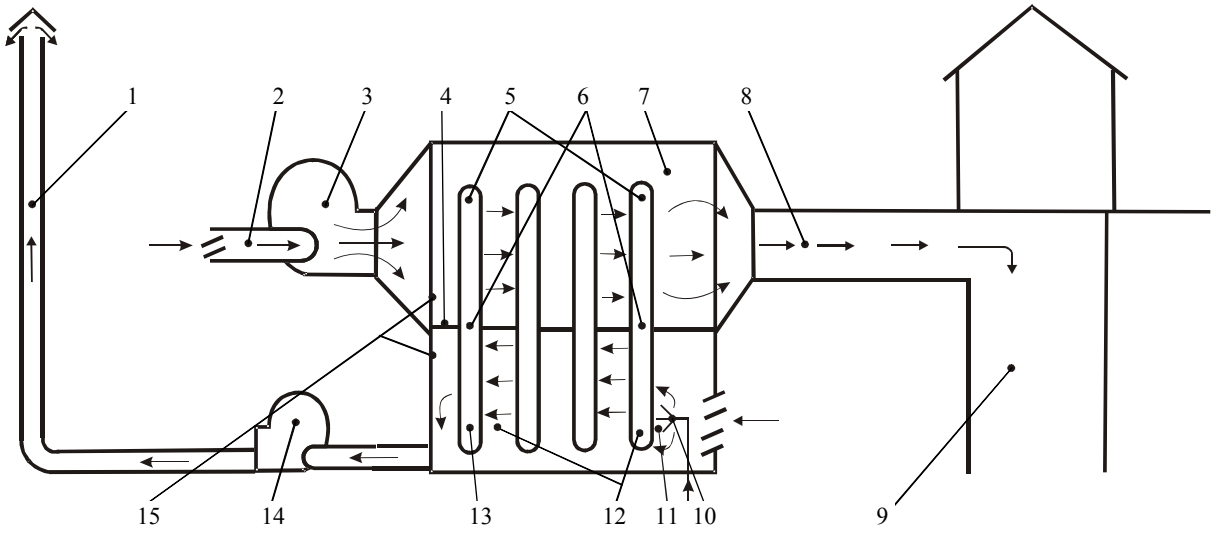


Рис.2. Способ обогрева воздухоподающего ствола

1 – дымовая труба; 2 – воздуховод для подачи атмосферного воздуха; 3 – вентилятор для подачи атмосферного воздуха; 4 – герметичная перегородка; 5 – конденсаторная часть термосифонных трубок; 6 – термосифонные трубки; 7 – камера нагрева атмосферного воздуха; 8 – канал горячего воздуха; 9 – ствол; 10 – газовая горелка; 11 – камера сгорания газообразного топлива; 12 – испарительная часть термосифонных трубок; 13 – теплообменная камера; 14 – вентилятор для удаления в атмосферу продуктов сгорания; 15 – воздухонагреватель

Система обогрева воздухоподающего ствола теплогенератором непрямого действия тепловой мощностью 750 кВт была успешно реализована ша шахте «Чайкино-2» государственного предприятия «Макеевуголь» [2]. В ходе приемочных испытаний калориферная установка обеспечила нагрев 22000 м^3/ч воздуха до 80 °С и устойчиво работала при давлении МВС от 8 до 12 кПа. Расход МВС при этом составлял 220 м^3/ч с концентрацией метана 35 ± 2 %. Концентрация вредных веществ в уходящих продуктах сгорания не превышала нормативных значений. Автоматика безопасности теплогенератора обеспечила безопасность его эксплуатации.

Несмотря на положительный опыт применения теплогенераторов смесительного типа на угольных шахтах Украины, использование подобных отопительных систем на угледобывающих предприятиях Российской Федерации невозможно ввиду прямого запрета их применения Правилами безопасности [11] и отсутствия нормативно-технической документации. Поэтому на первоначальном этапе следует обратить внимание на теплогенераторы непрямого действия и разработать соответствующую нормативную документацию по проектированию, строительству и эксплуатации подобных отопительных систем применительно к условиям угольных шахт Российской Федерации. В дальнейшем номенклатуру газовых промышленных теплогенераторов можно расширить за счет теплогенераторов смесительного типа как наиболее простых и удобных в эксплуатации при внесении соответствующих изменений в действующие Правила безопасности [11].

Заключение. Современный уровень телеметрической и контрольно-измерительной аппаратуры и автоматики технически позволяет обеспечить требуемый Правилами безопасности [11] температурный режим воздухоподающих стволов угольных шахт с применением промышленных газовых теплогенераторов как смесительного типа, так и непрямого действия. Внедрение таких систем позволит существенно снизить капитальные и эксплуатационные затраты при функционировании систем обогрева воздухоподающих стволов при значительном сокращении сроков ввода их в эксплуатацию. Использование МВС вместо природного газа в качестве топлива для теплогенераторов будет способствовать экономии топливных ресурсов и улучшению экологической обстановки в угледобывающих регионах за счет снижения вредных выбросов в атмосферу при утилизации шахтного дегазационного метана.

Необходимо разработать нормативную документацию, регламентирующую порядок проектирования, строительства и эксплуатации калориферных установок с использованием газовых теплогенераторов как смесительного типа, так и непрямого действия.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алабьев В.Р.* Анализ потенциальных опасностей при использовании огневых калориферов для обогрева воздухоподающих стволов угольных шахт // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: Сб. научн. тр. Макеевка: МакНИИ, 2005. С. 166-174.

2. *Алабьев В.Р.* Повышение безопасности использования огневых калориферов для обогрева воздухоподающих стволов угольных шахт // Сборник научных трудов Национального горного университета. 2004. № 19. Т. 3. Днепропетровск: Наука и образование. С. 100-105.

3. *Алабьев В.Р.* Пути развития и совершенствования технологических схем обогрева воздухоподающих стволов угольных шахт // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: Сб. научн. тр. Макеевка: МакНИИ, 2006. С. 104-114.

4. *Алабьев В.Р.* Разработка методики расчета длины газопровода для транспортировки влажной метановоздушной смеси в зимний период года // Вести Донецкого горного института. Донецк: ДонНТУ, 2006. № 1. С. 117-124.

5. *Алабьев В.Р.* Совершенствование технических решений по обеспечению безопасности обогрева воздухоподающих стволов угольных шахт газовыми воздухонагревателями // Вестник Забайкальского государственного университета. 2016. Т. 22. № 10. С. 4-13.

6. Патент 46503 Украина, МКИ E21F3/00. Способ обогрева воздухоподающих стволов шахт и устройство для его осуществления / Ю.И.Баранов, Е.А.Колосов, П.К.Кудренко, В.Т.Черкун; заявители и собственники Ю.И.Баранов, Е.А.Колосов, П.К.Кудренко, В.Т.Черкун. № 2001075420; заявл. 30.07.01; опубл. 15.05.02. Бюл. № 5.

7. Патент 63368 Украина, МКИ E21F3/00, F24H3/00. Способ обогрева воздухоподающих стволов / В.К.Черниченко, В.Р.Алабьев; заявитель и владелец МакНИИ. № 2003043095; заявл. 08.04.03; опубл.15.01.04. Бюл. № 1.

8. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт / Минуглепром СССР. Макеевка-Донбасс, 1989. 319 с.

9. Системы обогрева воздухоподающих стволов огневыми калориферами с использованием метановоздушной смеси: СОУ 10.1.00174088.004-2005: Офиц. издание. Макеевка: МакНИИ: Министерство угольной промышленности Украины, 2005. 14 с.

10. *Солдатов В.И.* Обогрев воздухоподающих стволов с использованием огневых калориферов / В.И.Солдатов, С.А.Синявский // Уголь Украины. 2002. № 7. С. 34-35.

11. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах». М.: НТЦ ПБ, 2014. 196 с.

12. *Черниченко В.К.* Обеспечение безопасности шахтного подъема в зимних условиях / В.К.Черниченко, В.Р.Алабьев, Н.Е.Подгорный // Способы и средства создания безопасных и здоровых условий труда в угольных шахтах: Сб. научн. тр. Макеевка: МакНИИ, 2002. С. 45-47.

13. *Alab'ev V.* Methodological Basics of Gas-drainage Pipeline Engineering for Transporting Wet Firedamp in Winter Time / V.Alabiev, S.Alekseenko, I.Shaykhlislamova // Progressive technologies of coal, coalber methane, and ores Mining. CRC Press/Balkema, Taylor & Francis Group, London, 2014. P. 195-200.

***Авторы*: В.Р.Алабьев**, *д-р техн. наук*, *профессор*, *avr.09@mail.ru* (*Санкт-Петербургский горный университет*, *Санкт-Петербург*, *Россия*), **Г.И.Коршунов**, *д-р техн. наук*, *профессор*, *korshunov_gi@spmi.ru* (*Санкт-Петербургский горный университет*, *Санкт-Петербург*, *Россия*).

Статья принята к публикации 08.02.2017.