© Л.Ю. Левин, Б.П. Казаков, 2008

УДК 622.4

Л.Ю. Левин, Б.П. Казаков

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГАЗОВЫХ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРОВ В СИСТЕМАХ ОБОГРЕВА ВОЗДУХОПОДАЮЩИХ СТВОЛОВ КАЛИЙНЫХ РУДНИКОВ

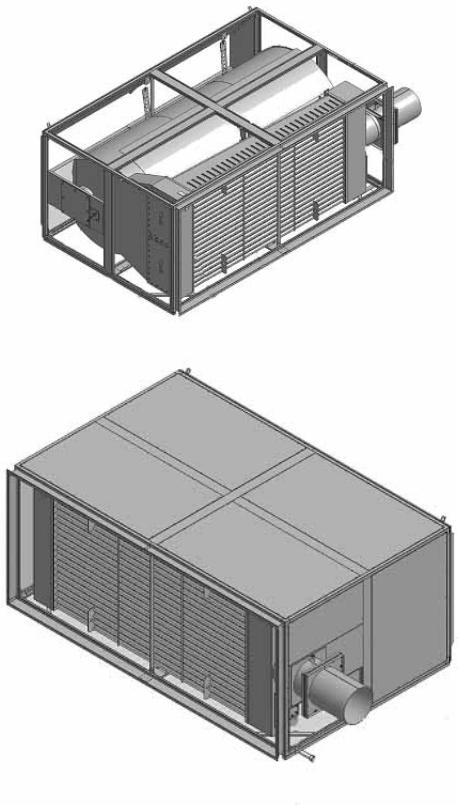
Описаны особенности использования газовых рекуперативных теплогенераторов в системах обогрева воздухоподающих стволов шахт и рудников с целью снижения энергетических затрат систем воздухоподготовки, а также приведен пример использования таких теплогенераторов на ОАО (СП) «ГипсКнауф».

Предприятия горнодобывающего комплекса относятся к числу наиболее энергоёмких в промышленности Российской Федерации. Значительная часть затрат энергии при этом приходится на подогрев атмосферного воздуха для проветривания рудников и обогрев воздухоподающих стволов. Потребление атмосферного воздуха рудниками в последние годы растёт практически на всех месторождениях, поэтому задача снижения затрат на проветривание шахты и обогрев шахтных воздухоподающих стволов в современных экономических условиях приобретает особую актуальность.

На большинстве существующих воздухоподающих стволов атмосферный воздух подогревается в калориферных установках, теплоносителем в которых является перегретая вода из тепловых сетей. При этом по конструктивным особенностям и способам перемещения воздуха калориферные установки подразделяют на вентиляторные и «безвентиляторные», расчёт и проектирование которых проводились по стандартным методикам, разработанным для сравнительно небольших промышленных установок без учёта особенностей нагрева больших объёмов атмосферного воздуха для шахт и рудников [1]. Потери тепла при транспортировке теплоносителя и перемещении нагретого воздуха в таких калориферных, как показывает их обследование, составляет 30-50%. Поэтому в последнее время при реконструкции систем подачи и подогрева воздуха, большой интерес вызывают технологические схемы нагрева атмосферного воздуха с применением газовых нагревателей, что обусловлено сравнительно низкими эксплуатационными затратами, минимальными потерями тепловой энергии и высокой эффективностью использования топлива.

Выпускаются газовые воздухонагреватели трех типов, различающиеся способами нагревания воздуха. В первом случае атмосферный воздух нагревается за счет его смешивания с продуктами сгорания при открытом сжигании газа в воздушном потоке. Во втором функции всей системы генерации и транспортировки тепла (котельной, теплотрассы и калорифера) совмещены в едином блоке, а тепло передается с помощью термосифонных элементов [2]. В третьем нагрев воздуха осуществляется в газовоздушных теплообменниках через

Рис. 1. Газовый рекуперативный теплогенератор



стальную теплообменную поверхность, теплоносителем при этом являются продукты сгорания газа, которые выбрасываются за пределы воздухозабора шахты.

В устройствах первого типа газовые горелки размещаются непосред-ственно в воздушном канале, а воздух обтекает факел пламени. Расход нагреваемого воздуха многократно превышает количество воздуха, принимающего участие в процессе горения, вследствие чего содержание вредных газов, являющихся продуктами горения (оксида углерода, диоксида азота и оксидов азота) не превышает предельно допустимых концентраций (ПДК). Эти газовые смесительные воздухонагреватели по назначению и принципу действия, а также по аналогии с определением огневых работ, проводимых на шахтах, можно классифицировать как огневые калориферы прямого действия.

Воздухонагреватели второго типа представляют собой устройства, которые состоят из топки для сжигания газового топлива, дымового и воздушного каналов, разделенных герметичной перегородкой, и из термосифонов – тепловых трубок, заполненных теплоносителем, которые и передают тепловую энергию от продуктов сгорания газа к воздушному потоку.

Третий тип установок характеризуется как теплогенераторы, в которых не происходит прямого контакта дымовых газов с воздухом, поступающим в шахту, а теплообмен между продуктами сгорания и атмосферным воздухом происходит через стальную перегородку. Сгорание газа происходит в топке, которую атмосферный воздух обтекает и подогревается, после чего происходит дополнительный отбор тепла в воздухо-воздушных теплообменниках-утилизаторах тепловой энергии продуктов сгорания (рис. 1).

В отличие от первого типа воздухонагревателей, устройства второго и третьего типов при оснащении их должными системами управления и контроля за содержанием вредных газов в продуктах горения, могут успешно применяться в шахтных системах обогрева воздухоподающих стволов. Преимуществами этих систем являются:

– безопасность в эксплуатации;

– исключение затрат на строительство котельной, теплотрасс, калориферов;

– низкие эксплуатационные затраты;

– безинерционность, быстрый выход на заданный тепловой режим;

– высокий КПД использования газа;

– минимальные потери тепла с уходящими продуктами сгорания;

– плавное, экономичное управление процессом воздухоподготовки в зависимости от времени суток и температуры окружающего воздуха;

– широкий диапазон регулирования каждого агрегата по тепловой производительности;

– возможность диспетчеризации;

– компактность и простота монтажа.

В 2002 году на ОАО (СП) «ГипсКнауф» было принято решение о реконструкции существующей системы обогрева воздухоподающего ствола в связи с постоянными аварийными ситуациями, возникающими при эксплуатации существующей калориферной установки, которые сопровождались обмерзанием стволов и выходом из строя водяных калориферов.

По результатам обследования и проведенных научно–исследовательс-ких работ было принято решение о применении безвентиляторной калориферной установки с использованием в качестве воздухонагревателей газовых генераторов ТС–800 производства фирмы GoGaS (Германия). Для обеспечения температуры воздуха в стволе +5°С на отметке 5 м ниже точки сопряжения ствола с вентиляционным каналом потребовалось установить параллельно по воздуху шесть теплогенераторов с общей номинальной тепловой производительностью 6 МВт (рис. 2). В результате реконструкции здания калориферной агрегаты удалось разместить в существующем помещении в два яруса по высоте по безвентиляторной схеме. Подача воздуха через теплогенераторы осуществляется существующим центральным шахтным вентилятором.

В теплогенераторах воздух нагревается до заданной программой управления температуры в зависимости от температуры наружного воздуха. Подача воздуха на горение осуществляется автономными вентиляторами горелок. Продукты сгорания отводятся за пределы помещения и выбрасываются в соответствии с экологическим разделом проекта на высоте 25 м.

Установки выполнены из нержавеющей стали с плавнорегулируемой тепловой производительностью горелок. Расчётный срок службы установок 15-20 лет. Надежность работы установки определяется ее конструкцией, применением соответствующих материалов (жаростойкой стали) и системой автоматического управления для условий работы шахты. Надёжность и безопасность системы подготовки гарантируется комплексом мероприятий:

- Весь теплый воздух, подаваемый в шахту, дополнительно контролируется датчиками на наличие CO и NO_2, сигнал от датчиков также поступает в систему АСУ ТП.
- В соответствии с требованиями Ростехнадзора в воздушном канале каждого из воздухонагревателей ТС 800 Е предусмотрен датчик наличия дымовых газов (контроль по окиси углерода CO). При срабатывании этого датчика отключается подача газа на установку, и сигнал об этом поступает в систему АСУ ТП.
- 2 термостата, включенные последовательно в тракт горелки, обеспечивают работу установки в определенных температурных границах, т.е предохраняют установку от перегрева.
- В программе работы системы управления предусмотрен алгоритм розжига и остановки горелок, а также вре-

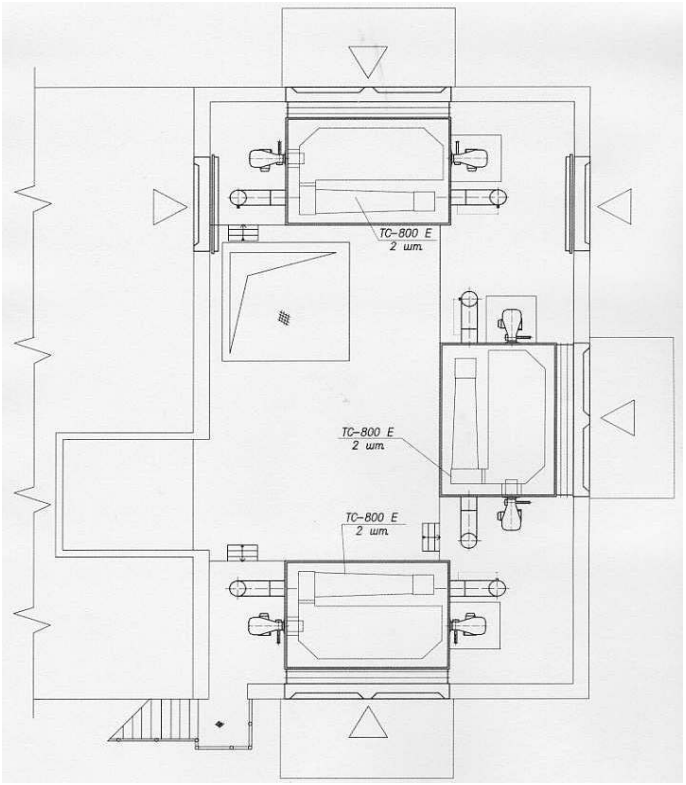


Рис. 2. Схема расположения газовых теплогенераторов в помещении калориферных

менная зависимость работы вентилятора в этом процессе.

- Горелки оснащены полным комплектом автоматики безопасности, включая контроль пламени и отключение подачи газа при отклонении давления газа от заданного значения на недопустимую величину.
- Предусмотрен контроль работы главной вентиляторной установки как гарантия стабильного протока воздуха через газовый теплогенератор.
- Система безопасности дополнена функциями контроля давления газа и возможных его утечек в помещении калориферной.

Эксплуатация системы обогрева шахтных стволов с помощью газовых теплогенераторов в течение двух отопительных периодов показала ее высокую надежность и эффективность. КПД при максимальной нагрузке, т.е. при расчётных параметрах атмосферного воздуха – не менее 88%. В течение года при более высоких температурах атмосферного воздуха система автоматизации позволяет устанавливать режимы работы с КПД, достигающим 95%. Это определяется тем, что при номинальной нагрузке плавнорегулируемые горелки позволяют поддерживать режим горения, при котором происходит охлаждение дымовых газов до «точки росы» с выпадением конденсата из дымовых газов. Таким образом достигается более высокая эффективность использования топлива. Основные технические характеристики системы обогрева воздухоподающего ствола шахты ОАО (СП) «ГипсКнауф» приведены в таблице.

Основные технические характеристики установок

Расчетная подача воздуха	540 000 м^3/час
Расчетная температура наружного воздуха	-27 С^0
Установленная тепловая мощность	6 МВт
Максимальный расход газа	650 нм^3/час
Годовой расход газа	900 000 нм^3
Давление газа на подключении	50 мбар

Экономический эффект от внедрения газовых теплогенераторов за первый отопительный период составил около трех миллионов рублей, а срок окупаемости проекта не должен превысить четырех лет.

При пусконаладочных работах были проведены дополнительные исследования, в результате которых выявлены некоторые особенности эксплуатации в условиях подготовки воздуха для рудников и некоторые отклонения от технологических режимов работы воздухонагревателей. К этим отклонениям можно отнести неравномерное распределение воздушных потоков между теплогенераторами, неравномерное обтекание теплообменных поверхностей в самих воздухонагревателях, а также образование наледи в конденсатопроводах. Указанные отклонения связаны в данном случае с особенностями конструктивных решений при проектировании системы подготовки воздуха для действующего рудника. Что позволило устранить указанные нарушения в процессе эксплуатации установки.

Заключение

Использование газовых теплогенераторов в системах обогрева шахтных стволов второго и третьего типа отвечает всем требованиям правил безопасности и является эффективным и экономически оправданным мероприятием. Для внедрения таких систем при выполнении проектно-смет-ных работ необходима детальная научно-исследовательская проработка, включающая в себя моделирование процессов теплообмена и движения воздушных потоков в комплексах воздухоподготовки, и позволяющая учесть всю специфику вентиляционных сетей и воздухоподающих стволов отдельно взятого горного предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Казаков Б.П., Левин Л.Ю.* Общие принципы работы безвентиляторных систем отопления шахтных стволов // Горная механика Солигорский институт проблем ресурсосбережения. Р Б -2001- № 1-2. С. 35-39

2. *Черниченко В.К., Коптиков В.П., Подгорный Н.Е.* Обоснование требований безопасности к огневым калориферам воздухоподающих стволов // Уголь Украины. Киев, 2004, №3. ГИАБ

Коротко об авторах

Левин Л.Ю., Казаков Б.П. – Горный институт УрО РАН.

Статья представлена Горным институтом Уральского отделения Российской Академии Наук.