



Е. А. ТРИЛЛЕР,
канд. техн. наук
(КИИ ГВУЗ «ДонНТУ»)



М. О. БАБЕНКО,
инж.
(КИИ ГВУЗ «ДонНТУ»)

В соответствии с Правилами безопасности для угольных шахт [1] температура воздуха в воздухоподающих стволах не должна опускаться ниже +2 °С. Снижение температуры ниже 0 °С может привести к обмерзанию армировки стволов и остановке подъемных установок, а иногда и предприятия. Ликвидация аварии в таких случаях сопряжена с большими материальными и экономическими потерями, поэтому калориферные установки имеют важное значение для горнодобывающих предприятий Украины.

В условиях угольных шахт Донбасса при температуре наружного воздуха -15...-20 °С и ниже в помещениях калориферных установок предусмотрено круглосуточное дежурство инженерно-

УДК 621.31

Обоснование рациональной схемы разводки теплоносителя калориферных установок горных предприятий

Выполнены аналитические исследования и определена степень влияния горизонтальной разводки теплоносителя по стоякам при использовании тупиковой схемы. Доказано, что тупиковая схема разводки теплоносителя – одна из причин неудовлетворительной работы калориферных установок угольных шахт.

Ключевые слова: калориферная установка, теплоноситель, тупиковая схема, трубопровод, воздушонагреватель.

Контактная информация: trillerea@yandex.ua

технических работников электромеханических служб. Однако даже при их повышенной готовности к низким температурам атмосферного воздуха нередки случаи обмерзания воздухоподающих стволов. Например, на шахтах ГП «Красноармейскуголь», ПАО «ДТЭК Добропольеуголь», ПАО «ДТЭК Павлоградуголь» за последние 10–15 лет при температуре воздуха около -30 °С частично обмерзло до 30 % воздухоподающих стволов, а на некоторых стволах приостанавливался спуск-подъем людей.

Одна из причин неудовлетворительной работы калориферных установок – неравномерное распределение теплоносителя по воздухонагревателям. Попытки автоматического регулирования расхода теплоносителя ожидаемого результата не дали, поскольку усложнились технологические схемы при одновременном снижении надежности работы установок.

Опытным путем установлено, что неравномерность подачи тепловой энергии связана с применением распространенной тупиковой схемы горизонтальной разводки теплоносителя по стоякам, к которым подключены воздухонагреватели. При использовании такой схемы, рекомендуемой нормативными документами [2, 3], воздухонагреватели, расположенные в тупиках трубопроводов, получают значительно меньше тепловой энергии по сравнению с воздухонагревателями, размещенными непосредственно у входа. Поэтому в воздухонагревателях, которые находятся в тупиках установки, водяной теплоноситель замерзает, что можно рассматривать как аварийную ситуацию. Чтобы не допустить этого, применяют малоэффективные ручные методы регулирования расхода теплоносителя или уменьшают количество воздуха, поступающего в шахту в единицу времени. Однако процесс снижения

расходов воздуха, который подается в шахты, сопряжен с нарушением режимов проветривания и повышением вероятности скопления метана в отдельных выработках или в забоях.

В нормативных документах [2, 3] по проектированию и эксплуатации калориферных установок нет конкретных рекомендаций по применению той или иной схемы горизонтальной разводки теплоносителя по стоякам воздухонагревателей. В Руководстве [3] указано, что установки должны быть снабжены регулирующей арматурой для плавного изменения расходов греющей и нагреваемой сред в целях регулирования производительности и защиты воздухонагревателей от замерзания в них воды. В этих требованиях есть некоторые противоречия, поскольку изменение количества теплоносителя в меньшую сторону всегда сопровождается повышением вероятности замерзания тупиковых нагревателей, а изменение количества нагреваемого воздуха сопряжено с нарушением режима проветривания шахт.

По мнению авторов, для шахт, имеющих собственные отопительные котельные, лучше регулировать температуру теплоносителя, а не

его расход. Количество воздуха, поступающего в шахты, должно оставаться неизменным независимо от температуры окружающего воздуха, т. е. калориферные установки должны надежно выполнять свое назначение при любых температурах наружного воздуха.

Протяженность горизонтальных трубопроводов в калориферных установках при тупиковой схеме разводки относительно небольшая – 16 – 18 м. В связи с этим рассмотрим влияние такой относительно малой протяженности трубопроводов горизонтальной разводки на естественное распределение теплоносителя по стоякам воздухонагревателей.

Анализ изложенного показывает, что необходимо теоретически установить, насколько тупиковые схемы разводки теплоносителя в калориферных установках шахт отрицательно влияют на их работу, а также найти более рациональные схемы.

Аналитические исследования выполнены с использованием расчетной схемы (рис. 1), которая по своим параметрам близка к существующим схемам калориферных установок воздухоподающих стволов.

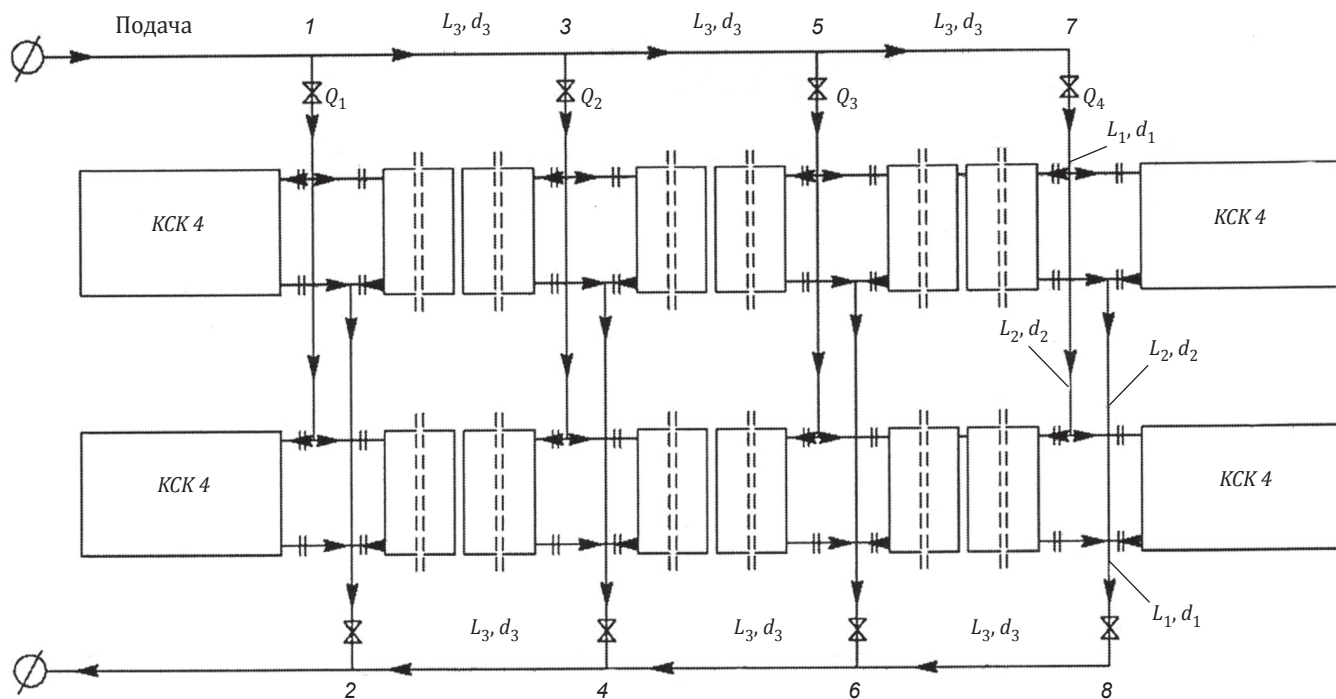


Рис. 1. Расчетная схема расходов теплоносителя по стоякам калориферной установки при тупиковой схеме разводки: КСК 4 – воздухонагреватели; L_1 – длина вертикального стояка; L_2 – длина между воздухонагревателями; L_3 – длина горизонтальных трубопроводов между стояками; d_1, d_2, d_3 – диаметры трубопроводов соответственно при L_1, L_2, L_3 .

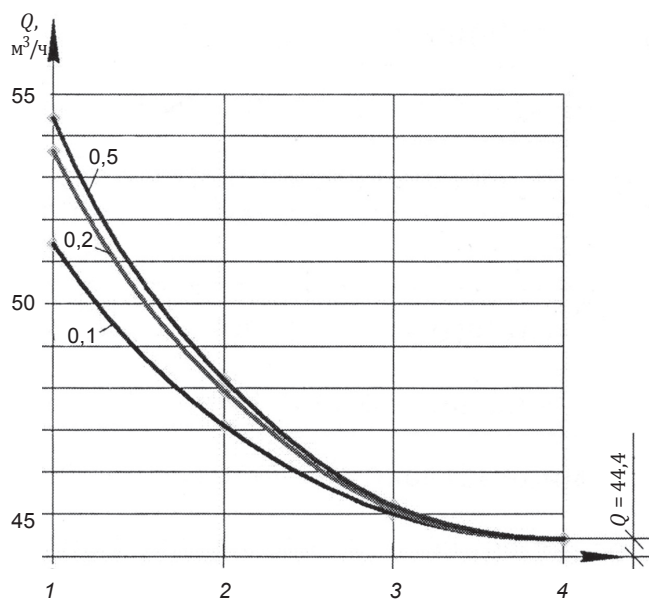


Рис. 2. Зависимости расхода теплоносителя от абсолютной шероховатости внутренних стенок трубопроводов 0,1, 0,2, 0,5 мм при тупиковой схеме разводки теплоносителя: 1, 2, 3 и 4 – стояки между точками 1 и 2; 3 и 4; 5 и 6; 7 и 8.

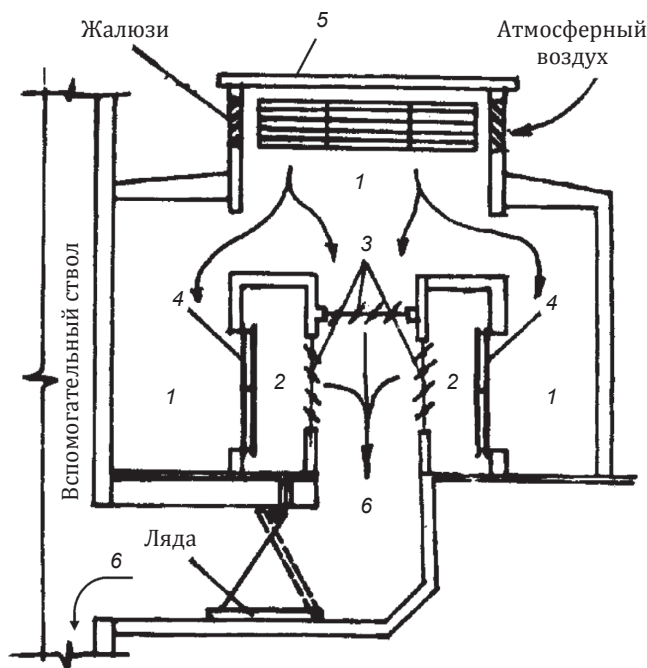


Рис. 3. Схема типовой калориферной установки: 1 – потоки холодного воздуха; 2 – потоки нагретого воздуха; 3 – многостворчатая регулируемая решетка; 4 – воздухонагреватели КСК4-12; 5 – воздухозаборная будка; 6 – калориферный канал.

Разность напоров между точками 7 и 8 ($H_{7,8}$) тупиковых воздухонагревателей

$$H_{7,8} = \Delta H_k + \{[\lambda_1(2L_1/d_1) + 2\Sigma\zeta_1][8(4Q_k)^2/(g\pi^2d_1^4)]\} + \{[\lambda_2(2L_2/d_1) + 2\Sigma\zeta_2][8(4Q_k)^2/(g\pi^2d_1^4)]\}, \quad (1)$$

где ΔH_k – разность напоров на входе воздухонагревателя, значение которой зависит от его типа и скорости движения теплоносителя в трубках (справочная величина);

λ_i – коэффициент Дарси, определяется по известной формуле А. Д. Альтшуля;

d_i , L_i и $\Sigma\zeta_i$ – диаметры, длина и сумма коэффициентов местных сопротивлений рассматриваемого участка трубопроводной сети;

Q_k – паспортный расход теплоносителя через воздухонагреватель.

Разности напоров теплоносителя между точками 5 и 6; 3 и 4; 1 и 2 определяются по выражениям:

$$H_{5,6} = H_{7,8} + [\lambda'_3(2L_3/d_3) + \Sigma\zeta'_3][8(8Q_k)^2/(g\pi^2d_3^4)], \quad (2)$$

$$H_{3,4} = H_{5,6} + [\lambda''_3(2L_3/d_3) + \Sigma\zeta''_3][8(12Q_k)^2/(g\pi^2d_3^4)], \quad (3)$$

$$H_{1,2} = H_{3,4} + [\lambda'''_3(2L_3/d_3) + \Sigma\zeta'''_3][8(16Q_k)^2/(g\pi^2d_3^4)], \quad (4)$$

где $\Sigma\zeta'_3$, $\Sigma\zeta''_3$, $\Sigma\zeta'''_3$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений в трубопроводах горизонтальной разводки между соответствующими стояками; в каждую входят коэффициенты при разделении потоков вверх и соединении их внизу, значения которых определяются в соответствии со справочными данными по известным параметрам трубопроводов и расходам теплоносителя.

В целях получения конкретных значений воспользуемся показателями наиболее распространенных воздухонагревателей серии КСК 4–12, для которых расчетный расход теплоносителя для скорости воды 0,6 м/с в теплообменных трубках составляет $Q_k = 11,1$ м³/ч при паспортной разности напоров $\Delta H_k = 2,56$ м.

Тогда по оставшимся стоякам между точками 5 и 6; 3 и 4; 1 и 2 расход теплоносителя составит

$$Q_{5,6} = \sqrt{(H_{5,6} - \Delta H_k)/a}; \quad (5)$$

$$Q_{3,4} = \sqrt{(H_{3,4} - \Delta H_k)/a}; \quad (6)$$

$$Q_{1,2} = \sqrt{(H_{1,2} - \Delta H_k)/a}; \quad (7)$$

где a – гидравлическое сопротивление горизонтальных трубопроводов между стояками.

Принятая расчетная схема (см. рис. 1) по своим параметрам аналогична гидравлической схеме калориферной установки, работающей в ПАО «Шахтоуправление «Покровское». Согласно условиям работы трубопроводных систем калориферной установки в этой шахте недостающие параметры (см. схему на рис. 1) имеют такие значения: $d_1 = 0,08$ м, $L_1 = 1,5$ м, $L_2 = 1$ м, $\sum \zeta_1 = 1,8$, $\sum \zeta_2 = 1,5$, $d_3 = 0,15$ м, $L_3 = 5,5$ м, $\sum \zeta_3' = 0,6$, $\sum \zeta_3'' = 0,44$, $\sum \zeta_3''' = 0,38$.

Результаты расчетов расходов теплоносителя по стоякам выполнены с учетом разной шероховатости внутренних стенок, которая соответствует новым и бывшим в эксплуатации трубопроводам (рис. 2).

Расчеты показывают, что при использовании наиболее распространенной с типовыми параметрами тупиковых схем горизонтальной разводки теплоносителя в калориферных установках наблюдается существенная разность расходов теплоносителя по стоякам на входе и в тупике, к которым подключены воздухонагреватели. В частности, при длине трубопроводов горизонтальной разводки 18 м и диаметре 150 мм расход теплоносителя через двухэтажный стояк для воздухонагревателей серии КСК 4–12, находящийся у входа в калориферную установку (между точками 1 и 2), больше на 11 м³/ч расхода через стояк, расположенный в тупике схемы между точками 7 и 8 ($55,4 > 44,4$ м³/ч). Указанные значения справедливы для трубопроводов, бывших в эксплуатации с шероховатостью стенок 0,5 мм. В процентном выражении эта разность составляет 22,7 %.

В процессе эксплуатации калориферных установок из-за коррозии абсолютная шероховатость внутренних стенок трубопроводов увеличивается от 0,1 мм для новых до 0,5 мм и более – для бывших в эксплуатации трубопроводов. Следовательно, в процессе эксплуатации калориферных установок существен-

но возрастает и разность расходов теплоносителей по стоякам, которая может превышать приведенные значения.

Не менее важен вопрос направления подогретого воздуха в шахту. Согласно рис. 3 подогретый атмосферный воздух через калориферный канал 6 поступает в шахту ниже отметки приемной площадки ствола. В такой схеме привязки калориферных установок к воздухоподающим стволам на приемные площадки не исключается подача холодного воздуха и тем самым создаются трудности в соблюдении норм промышленной санитарии.

Выводы. На основании теоретических исследований тупиковой схемы разводки теплоносителя, рекомендуемой в нормативных документах [2, 3] по проектированию и эксплуатации калориферных установок, необоснованно даны рекомендации по применению и эксплуатации тупиковых схем горизонтальной разводки теплоносителя по воздухонагревателям.

Для повышения надежности работы калориферных установок необходимо разрабатывать и применять самонастраивающиеся технологические схемы горизонтальной разводки теплоносителя, одна из которых – апробированная схема с попутной разводкой теплоносителя.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Правила безопасности в угольных шахтах*: НПАОП 10.0-1.01-10. – К.: Госгорпромнадзор Украины, 2010. – 430 с.
2. *Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт* // Утверждено Госгорпромнадзором Украины от 20.12.1993 № 131. – К.: Пресса Украины, 1994. – 312 с.
3. *Руководство по техническому обслуживанию калориферных установок шахт* / [Н. И. Карасев, Б. Ф. Негруцкий, А. И. Григорьев и др.]; под ред. Н. И. Карасева. – М.: Недра, 1984. – 176 с.