

АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО

УДК 697.1

И.В. Зоря, А.Д. Байдалин

Сибирский государственный индустриальный университет

ВОПРОСЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛА ДЫМОВЫХ ГАЗОВ КОТЕЛЬНЫХ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ КУЗБАССА

В настоящее время актуальным является уменьшение потребления топлива, тепловой и электрической энергии за счет их наиболее полного и рационального использования во всех сферах деятельности. Решение вопросов использования вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) – один из главных приоритетов научно-технического поиска в разработке и внедрении современных энергосберегающих технологий.

Перед страной, как и перед всем миром, стоят новые вызовы. Этим и определяется необходимость модернизации экономики, ее инновационное развитие и обеспечение энергоэффективности. Нельзя забывать, что суть и направления модернизации определяются ее конечной целью, которой, при всей важности экономического роста, технического совершенства и конкурентоспособности, является улучшение условий жизни каждого человека уже сегодня и обеспечение благоприятных условий для будущих поколений.

Экономический рост зависит от увеличения загрязнения и деградации среды, истощения природных ресурсов, нарушения баланса биосферы, изменения климата. Все эти причины ведут к ухудшению здоровья человека и ограничивают возможности дальнейшего развития. Это означает, что решение крайне важной задачи повышения благосостояния населения не обеспечивает необходимого качества жизни.

Все вышесказанное определяет необходимость совместного решения вопросов энергосбережения и оптимизации различных выбросов в окружающую среду как по составу, так и по температуре. В рамках решения этой проблемы с целью энергосбережения при отоплении и вентиляции водогрейных котельных, предназначенных для отопления горных выработок, на шахтах Кузбасса разработана схема системы отопления с утилизацией теплоты дымовых газов.

В настоящее время для отопления горных выработок на шахтах Кузбасса используют

следующую схему: в котельных дымовые газы из топок котлов по газоходу поступают в воздухонагревательные установки (ВНУ), где отдают часть теплоты наружному воздуху, нагревая его от расчетной температуры -39°C до средней температуры в $+70^{\circ}\text{C}$ (в зависимости от типа и производительности котлов), после этого дымовые газы выбрасываются в атмосферу через дымовую трубу, а подогретый воздух поступает на отопление горных выработок. Тепло газов, удаляемых в дымовую трубу, для отопления самих котельных не используется.

В настоящей работе предлагается часть теплоты дымовых газов утилизировать для системы воздушного отопления котельной, для чего в газоходе устанавливается теплоутилизатор (рекуператор), по трубкам которого течет теплоноситель системы теплоснабжения отопительных агрегатов – вода, нагреваемая в теплоутилизаторе от 70 до 95°C (расчетные условия).

Принципиальное значение имеет место установки теплоутилизатора системы воздушного отопления котельной в газовом тракте. При решении этого вопроса необходимо учитывать температуры дымовых газов после теплоутилизатора и после ВНУ. При установке теплоутилизатора между котлоагрегатом и ВНУ в зависимости от расхода теплоносителя системы теплоснабжения отопительных агрегатов и расхода дымовых газов возможно снижение температуры последних на выходе из теплоутилизатора до значения, достаточного для конденсации водяных паров на теплообменных поверхностях ВНУ, что недопустимо. При установке теплоутилизатора между ВНУ и дымовой трубой возможен аналогичный процесс в теплоутилизаторе.

При возникновении угрозы образования конденсата, приемлемой, на взгляд авторов, является схема, в которой теплоутилизатор установлен параллельно ВНУ. При этом опасности конденсации паров в следующем по хо-

ду движения дымовых газов теплообменном аппарате не возникает (см. рисунок).

При установке теплоутилизатора в газоходе перед ВНУ или параллельно ВНУ необходим расчет обоих теплообменников, так как при установке теплоутилизатора перед ВНУ уменьшается расчетная температура дымовых газов на входе в воздухонагреватель, а при параллельной установке снижается расчетный расход дымовых газов в ВНУ [1].

Конструктивные характеристики теплоутилизатора системы отопления определяются по площади (F) поверхности нагрева по известной формуле

$$F = \frac{Q}{K \Delta t},$$

где Q – количество теплоты, участвующее в теплообмене; K – коэффициент теплопередачи; Δt – температурный напор.

Значение Q , равное тепловой мощности системы отопления, забирающей теплоту дымовых газов, определяется по уравнению теплового баланса теплоутилизатора

$$Q = \varphi (I_p' - I_p'' + \Delta \alpha_p I_v),$$

где φ – коэффициент сохранения теплоты, зависящий от теплопотерь котлоагрегата в окружающую среду; I_p' и I_p'' – энтальпия дымовых газов на входе в теплоутилизатор и на выходе из него; I_v – энтальпия присасываемого в теплоутилизатор воздуха; $\Delta \alpha_p$ – присос воздуха в теплоутилизатор (присосы воздуха учитываются только в случае, когда теплоутилизатор находится на всасывающей стороне дымососа).

Из приведенного уравнения можно найти энтальпию и температуру дымовых газов на выходе из теплоутилизатора в случае, если он установлен в газоходе между котлоагрегатом и ВНУ. В случае установки теплоутилизатора между ВНУ и дымовой трубой или при параллельной установке температуру дымовых газов после него можно принять равной расчетной температуре уходящих газов.

Значение приведенного коэффициента K теплоутилизатора можно определить, пользуясь нормативным методом теплового расчета котельных агрегатов, разработанным ЦКТИ им. И.И. Ползунова и ВТИ им. Ф.Э. Дзержинского. Для коридорных пучков стальных труб при сжигании твердого топлива, а также для шахматных и коридорных пучков стальных труб при сжигании газа (мазута) значение коэффициента K рассчитывается по формуле

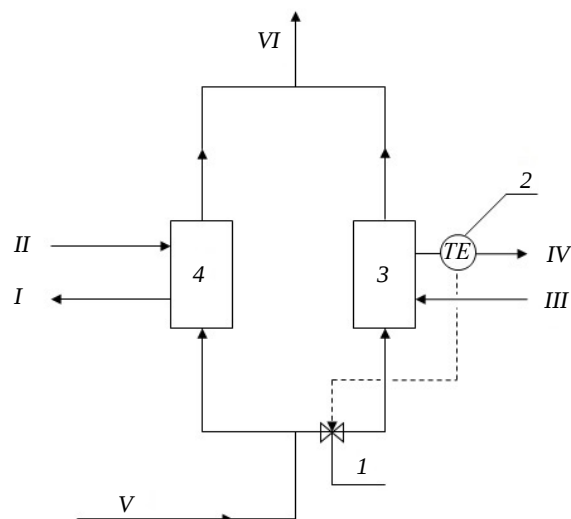


Схема утилизации дымовых газов от водогрейных котельных:

1 – регулятор температуры; 2 – датчик температуры; 3 – теплоутилизатор; 4 – воздухонагревательные установки; I – подача нагретого воздуха с температурой +70 °C на воздушное отопление горных выработок; II – подача наружного воздуха с температурой –39 °C в воздухонагревательные установки; III – обратный трубопровод системы отопления котельной с температурой теплоносителя +70 °C; IV – подающий трубопровод системы отопления котельной с температурой теплоносителя +95 °C; V – выход дымовых газов после топок водогрейных котлов; VI – выброс дымовых газов через дымовую трубу

$$K = \psi \xi (\alpha_k + \alpha_n),$$

где ψ – коэффициент тепловой эффективности, зависит от вида топлива, сжигаемого в котле; ξ – коэффициент использования, учитывает уменьшение тепловосприятия поверхности нагрева вследствие неравномерного омывания ее дымовыми газами, частичного протекания дымовых газов мимо нее и образования застойных зон; α_k – коэффициент теплоотдачи конвекцией от дымовых газов к поверхности нагрева; α_n – коэффициент теплоотдачи, учитывает передачу теплоты излучением в конвективных поверхностях нагрева.

Температурный напор Δt определяется для прямотока, перекрестного тока с числом ходов более четырех как среднелогарифмическая разность температур

$$\Delta t = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{2,3 \lg \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}},$$

где Δt_6 и Δt_m – большая и меньшая разности температуры дымовых газов и температуры нагреваемой жидкости в теплоутилизаторе.

Наибольшую трудность в расчете теплоутилизатора представляет собой определение

коэффициентов теплоотдачи конвекцией и излучением. Коэффициент α_k зависит от скорости дымовых газов в теплоутилизаторе и направления их движения (продольное, поперечное омывание пучка), вида пучка труб (коридорный, шахматный), их диаметра, числа рядов труб по ходу дымовых газов, расстояния между трубами, геометрии поверхности труб (гладкая, рифленая и т.д.). Коэффициент $\alpha_{\text{л}}$ зависит от температуры дымовых газов, их запыленности и степени черноты, степени загрязнения стенок труб. Эти коэффициенты можно определить непосредственно экспериментальным путем или по эмпирическим зависимостям, приведенным в специальной литературе.

Внесение в предложенную схему элементов автоматизации позволит более рационально распределять греющий теплоноситель в виде дымовых газов между ВНУ и теплоутилизатором. Так как тепловая мощность системы отопления зависит от температуры наружного воздуха, то необходимо с помощью регулятора температуры 1 (см. рисунок) проводить регулирование расхода греющего теплоносителя через теплоутилизатор в зависимости от показаний датчика температуры 2, установленного на подающем трубопроводе системы отопления котельной.

Выводы. Результатом решения задачи утилизации теплоты дымовых газов для воздушного отопления котельных может стать разработка конкретных проектных решений для действующих котельных на шахтах Кузбасса. Использование тепловой энергии дымовых газов для отопления котельных позволит сэкономить только для одной котельной (строительный объем примерно 1500 м³) за отопительный период 0,2 Гкал энергии или 29 т.у.т./год.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Зоря И.В., Чапаев Д.Б. Задача утилизации теплоты дымовых газов для отопления котельных. – В кн.: Наука и молодежь: проблемы, поиски, решения. Материалы Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Новокузнецк: изд. СибГИУ, 2006. С. 255 – 257.
2. Тепловой расчет котлов (Нормативный метод). Изд. 3-е перераб. и доп. – СПб: изд-во НПО ЦКТИ, 1998. – 256 с.
3. Справочник по котельным установкам малой производительности / Под ред. К.Ф. Роддаса. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 488 с.

© 2017 г. И.В. Зоря, А.Л. Байдалин
Поступила 25 октября 2017 г.