Повышение энергоэффективности работы газовых теплогенерирующих установок в условиях Крайнего Севера

*Баишева Л.М., старший преподаватель,
Иванова А.В., к.т.н., доцент,
Северо-Восточный федеральный университет,
г. Якутск*

E-mail: lidiyabaisheva@mail.ru, ivanova_anastasiia@mail.ru

В настоящее время идет активное развитие и освоение Республики Саха (Якутия). Строительство и эксплуатация различных инженерных сооружений, зданий и коммуникаций осложняется резкоконтинентальным климатом и наличием многолетнемерзлых грунтов. Резкоконтинентальность климата Якутии хорошо проявляется на всем ее температурном режиме: низких температурах зимы и высоких температур лета, большом размахе годовых и суточных амплитуд. Расчетная температура наружного воздуха холодной пятидневки в населенных пунктах Якутии находится в диапазоне от $-42\ldots-60^{\circ}\text{C}$. Особенностью района строительства является необходимость в сохранении мерзлого грунта и предупреждения оттайки [1,2].

При строительстве в условиях Крайнего Севера, встречаются проблемы, связанные с мерзлотой, это, прежде всего, разрушение зданий, деформации. Это происходит из-за того, что здания выделяют тепло, и мерзлота постепенно подтаивает (рис.1).

Рис.1. Пример оттайки грунта

Эксплуатация котельных характеризуется нестационарным режимом, соответственно происходит накопительная теплоотдача в грунт от основания котельной и самого котла, что приводит к образованию ореола оттайки и нарушению оси котельной. Поэтому в основаниях котельных для меньшего влияния на грунт и предупреждения от оттайки грунта, предусматривается подсыпка песком с установкой охладительных труб (рис.2).

Рис.2. Пример установки охлаждающих труб под здание

Замораживание оттаявшего за лето грунта и дальнейшее его охлаждение достигается пропусканием в зимнее время по вентиляционным каналам (трубам) холодного наружного воздуха. Это помогает поддерживать мерзлое состояние грунтов, чтобы не происходило деформации зданий.

Надежная и эффективная работа системы теплообеспечения здания в значительной степени зависит от теплотехнических и эксплуатационных характеристик теплогенератора, обеспечивающего тепловой энергией системы отопления, вентиляции и горячего водоснабжения. Мощность котла подбирают в зависимости от необходимой тепловой нагрузки на нужды систем отопления, вентиляции, горячего водоснабжения и собственных нужд котельной. Однако в процессе эксплуатации в северном климате при достижении расчетной температуры нарушаются условия нормальной работы котла, в результате теплопроизводительность и КПД котлов не достигают рекомендованных производителями значений. Это приводит к увеличению потребления природного газа и неэффективности материального вложения в приобретаемые современные энергоэффективные котлы в связи с невозможностью реализации их потенциала. Основной причиной нарушения их работы в условиях эксплуатации при особо низких температурах наружного воздуха является холодный воздух, необходимый для горения. Результаты натурного обследования работы котельных показали увеличенное потребления природного газа, понижение КПД котла, связанное с нарушением условий работы котла, которое наблюдается при достижении температуры наружного воздуха - 35...-40°C, что составляет основную часть отопительного периода и продолжается в течение 4-6 месяцев.

При эксплуатации котельных в условиях низких температур одной из основных причин снижения коэффициента полезного действия котельных является недостаток либо несоответствие качества (параметров) воздуха, необходимого для горения. Натурные исследования котельных, эксплуатируемых в условиях Якутии, показали, что воздух в необходимом количестве для процесса горения не успевает прогреться до положительных температур, регламентированных для паспортных значений работы котла. При поступлении воздуха с низкой температурой появляется опасность образования холодной зоны внутри конструкции котла, что нарушает нормальную работу котла и снижает эффективность его работы, а в некоторых случаях может привести к остановке.

При снижении температуры воздуха, подаваемого на горение, и увеличении коэффициента избытка воздуха резко снижается калориметрическая температура. Изменения параметров воздуха понижают калориметрическую температуру от 6...20 % и более. Для достижения абсолютной температуры горения и требуемой тепловой мощности затрачивается дополнительная теплота на подогрев поступающего воздуха.

В результате увеличивается расход природного газа или при нормированном расходе не обеспечивается необходимая тепловая мощность, что снижает КПД котла.

Комбинированная система сохранения мерзлого грунта и предварительного бестопливного нагрева воздуха, необходимого для горения котельной, предназначена для предварительного подогрева приточного воздуха за счет разности температур грунта и наружного воздуха в зимний период. Холодный воздух, проходя через систему трубопроводов, охлаждает грунт, предохраняет его от оттайки и по ходу движения нагревается до температуры нормальной работы приточных устройств.

При прокладке трубопровода в грунте, он представляет собой определенное термическое сопротивление. В массиве неограниченного пространства грунта действуют сосредоточенные линейные источники тепла. Согласно второму закону термодинамики наиболее нагретое тело отдает свою тепловую энергию более холодному. В таком случае, холодный воздух, проходя через трубопровод, будет принимать тепловую энергию от грунтов, тем самым охлаждая до средней отрицательной температуры [5, 6]. Таким образом, трубопровод, проложенный в толще грунта, не будет отрицательно влиять на тепловой режим грунтов. На рис. 3 представлена схема распределения изотерм в грунте [3, 4].

Рис. 3. Схема распределения изотерм в грунте

Холодный воздух, проходя через трубопровод, будет принимать тепловую энергию от грунта, тем самым охлаждая до средней отрицательной температуры и предотвращения увеличения ореола оттайки грунта при длительной эксплуатации котельной. В процессе движения воздуха по каналам системы через стенки каналов происходит теплообмен от температуры t_1 до температуры t_2 и в приемное помещение поступает нагретый воздух.

На основе известных зависимостей теплового баланса с допустимыми упрощениями [4]:

$$t''_g = t_{cp} - (t_{cp} - t'_g) \cdot e^{-\frac{k_{zp} \pi D y}{L_g \rho_g c_g}}, \quad (1)$$

где dQ_b – изменение отрицательного стока теплоты, Вт; $dQ_{гр}$ – изменение теплового потока от источника теплоты, Вт; L – расход воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$; c_b , ρ_b – теплоемкость и

плотность воздуха соответственно, $\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$; $k_{\text{гр}}$ – линейный коэффициент теплопередачи от грунта воздуху, $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$; $t_{\text{гр}}$, $t_{\text{в}}$ – температура грунта и воздуха соответственно, $^{\circ}\text{C}$.

Данное уравнение позволяет рассчитать температуру воздуха после прохождения через толщу грунта и в любом сечении трубопровода в зависимости от его длины.

Нагретый воздух через систему воздухопроводов подается к пространству всасывания воздуха горелки котлоагрегата. В переходный режим отопительного периода (осенне-весеннего сезона) система оснащается байпасным воздухопроводом, либо для проведения ремонтных работ. Также данный воздухопровод может служить как дополнительный источник для приемного помещения через распределительно-приемную решетку. В случае недостатка необходимого воздуха приемное помещение оснащается приточными решетками наружного воздуха. Во время окончания отопительного периода и отсутствия тепловыделений от котлоагрегатов и в целях предотвращения увеличения оттайки многолетнемерзлых грунтов в летний период данная система отключается до следующего начала отопительного периода [7].

Таким образом, система комбинированного подогрева приточного воздуха и охлаждения грунта позволяет бестопливным способом нагреть воздух, тем самым понизить тепловые затраты на подогрев приточного наружного воздуха и повысить эффективность горения топлива. Также, позволяет сохранить тепловой режим грунта за счет компенсации теплового воздействия основания строения на многолетнемерзлые грунты путем экранирования теплового воздействия системой трубопроводов с циркулирующим холодным наружным воздухом, что предохраняет грунт от увеличения ореола сезонной оттайки в течение длительной эксплуатации котельной.

Список литературы:

1. Гаврилова М.К. Климат Центральной Якутии / М.К. Гаврилова. – Якутск: Кн. изд-во, 1973. – 119 с.
2. Балобаев В.Т. Прогноз изменения климата и мощности мерзлых пород Центральной Якутии до 2020 года / В.Т. Балобаев, Ю.Б. Скачков, Н.И. Шендер // География и природные ресурсы. – 2009. – №2. – С. 50–56.
3. Ионин А.А. Теплоснабжение / А.А. Ионин, Б.М. Хлыбов, В.Н. Братенков, Е.Н. Терлецкая. – М.: Стройиздат, 1982.
4. Иванов В.Н. Повышение эксплуатационной эффективности работы систем рекуперации в условиях Крайнего Севера / В.Н. Иванов, А.В. Иванова, Л.М. Баишева // Промышленное и гражданское строительство. – 2016. - №8. – С. 75-80.
5. Чертищев В.В. Расчет полей температур и тепловых потоков в неподвижной среде методом конечных элементов / В.В. Чертищев, В.В. Чертищев // Известия АлтГУ. – 2011. – №1-2. С. 176-180.
6. Тарасова В.А., Харлампики Д.Х., Шерстюк А.В. Моделирование тепловых режимов совместной работы грунтового теплообменника и теплонасосной установки / В.А. Тарасова, Д.Х. Харлампики, А.В. Шерстюк // ВЕЖПТ. – 2011, – №8 (53). – С. 34-40.
7. Иванов В.Н. Повышение эксплуатационной эффективности работы газовых котельных в условиях низких температур / В.Н. Иванов, А.В. Иванова, Л.М. Баишева // Инновации и инвестиции. – 2017. - №11. – С. 162-166.