

ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ БИНАРНЫХ ТЕПЛОУТИЛИЗАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ С ДОГРЕВАЮЩИМИ ТЕПЛОГЕНЕРАТОРАМИ

Петраш В. Д. (Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г.Одесса)

Результаты аналитических исследований бинарных теплоутилизационных комплексов с догревающими теплогенераторами позволяют анализировать влияние отдельных параметров и находить их оптимальное сочетание для эффективного теплоэнергосбережения при создании наиболее рациональных вариантах систем.

Анализ схемных решений [1, 2], а также соотношений располагаемой и потребной мощности систем, свидетельствует о многообразии возможных вариантов совершенствования бинарных теплоутилизационных комплексов (БТУК) в достижении рационального теплоэнергосбережения. При рассмотрении соотношения располагаемой мощности утилизируемого теплового потока и его температуры с расчетной теплопотребностью систем отопления возникает необходимость всестороннего анализа влияния отдельных параметров на теплоэнергетические показатели ТУК. Если температурный потенциал теплоносителя либо мощность энергосберегающей системы ниже аналогичных параметров системы абонента, тем более осложненных условиями неадекватности режимов выработки и потребления утилизируемой теплоты, то возникает необходимость устройства дополнительных источников теплоснабжения (ДИЭ), работающих совместно с БТУК.

Рассмотрим стационарный режим стабилизирующего охлаждения поверхности укрываемого теплоисточника в работе БТУК, обеспечивающего условно постоянное значение параметров теплоносителя в отдельных элементах схемы, а также температуры воздуха внутри помещения при заданной температуре окружающей среды. Примем, что аккумулялирование теплоты в баках является кратковременным с суточным режимом выравнивания температур внутри помещения, что характерно для согласующихся с работой большинства тепловых агре-

гатов строительного-технологического производства, в связи с чем эффективность работы аккумуляторов принимаем [3] равной единице.

Полагаем, что поддержание установленной температуры внутри отапливаемых помещений обеспечивается от теплоутилизационного комплекса $Q_{\text{тук}}$ и традиционного теплогенератора $Q_{\text{диз}}$, т.е. рассматривается вариант неполного покрытия отопительной нагрузки утилизируемым тепловым потоком, воспринятого с укрываемого теплоисточника, следовательно

$$Q_0 = Q_{\text{тук}} + Q_{\text{диз}} = q_0 V_{\text{зд}} (t_{\text{в}} - t_0^c) z_c n, \quad (1)$$

$$Q_{\text{тук}} = q_0 V_{\text{зд}} (t'_{\text{в}} - t_0^c) z_c n, \quad (2)$$

$$Q_{\text{диз}} = q_0 V_{\text{зд}} (t_{\text{в}} - t'_{\text{в}}) z_c n, \quad (3)$$

где q_0 — удельная отопительная характеристика отапливаемого здания, Вт/(м³·К);

$V_{\text{зд}}$ — объем отапливаемого здания м³;

z_c — период работы системы отопления в течении суток, с;

n — продолжительность отопительного периода в сутках ;

t_0^c — средняя температура наружного воздуха за отопительный период, индекс «с» указывает на непрерывную работу отопительной системы в течении суток.

Коэффициент теплоэнергетической эффективности ТУК и замещения мощности обозначим соответственно

$$\eta_{\text{тук}} = \frac{Q_{\text{тук}}}{Q_{\text{п}}}; \quad f_{\text{тук}} = \frac{Q_{\text{тук}}}{Q_{\text{п}}} = \frac{t'_{\text{в}} - t_0^c}{t_{\text{в}} - t_0^c}, \quad (4)$$

где $Q_{\text{п}}$ — мощность теплового потока на поверхности теплоисточника при оптимальных условиях его охлаждения.

Учитывая вышеизложенные условия для отдельных элементов и всего БТУК, запишем уравнения:

— количество полезно воспринятой теплоты охлаждающим воздухом с поверхности теплоисточника с применением разработанного укрытия, которое при соблюдении материального и теплового балансов представим в следующем виде

$$Q_{\text{тук}} = \eta_{\text{тк}} A_{\text{п}} [q_{\text{ас}} - K_{\text{пр}} (t_{\text{ф1}} - t_0^{\text{д}})] z_{\text{д}} n, \quad (5)$$

где $\eta_{\text{тк}}$ – коэффициент учета теплотерь через торцевые элементы укрытия;

$q_{\text{ас}}$ – воспринятый тепловой поток охлаждаемой средой в процессе ассимиляции его с одного м^2 поверхности, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

t_{f1} – средняя температура теплоносителя на выходе из укрытия, $^\circ\text{C}$;

$K_{\text{пр}}$ – коэффициент теплотерь через кожух укрытия в окружающую среду $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

$t_0^{\text{д}}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, учитывающая пониженный режим суточной эксплуатации теплового агрегата, $^\circ\text{C}$;

— количество теплоты, переданное от теплоносителя первичного контура вторичному

$$Q_{\text{тук}} = K_{\text{т}} A_{\text{т}} (t_{\text{f1}} - t_{\text{f2}}) z_{\text{д}} n \quad (6)$$

а для возможного варианта многоконтурной схемы ТУК

$$Q_{\text{тук}} = \left(\sum_{i=2}^m \frac{1}{K_{\text{т}} A_{\text{т}}} \right)^{-1} (t_{\text{f1}} - t_{\text{fm}}) z_{\text{д}} n, \quad (7)$$

где $K_{\text{т}}$, $A_{\text{т}}$ – соответственно коэффициент теплопередачи и поверхность промежуточного теплообменника между контурами, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K})$ и м^2 ;

m – число контуров ;

— количество теплоты, переданное от контура « m » с нагревательными приборами в отапливаемое помещение

$$Q_{\text{тук}} = K_{\text{нп}} A_{\text{нп}} (t_{\text{fm}} - t'_{\text{в}}) z_{\text{с}} n, \quad (8)$$

Представим зависимости (5) ÷ (8) и (2) относительно температурных перепадов в следующем виде

$$t_0^{\text{д}} - t_{\text{f1}} = \frac{Q_{\text{тук}}}{\eta_{\text{тк}} K_{\text{пр}} A_{\text{п}} z_{\text{д}} n} - \frac{q_{\text{ас}}}{K_{\text{пр}}}, \quad (9)$$

$$t_{\text{f1}} - t_{\text{f2}} = \frac{Q_{\text{тук}}}{K_{\text{т}} A_{\text{т}} z_{\text{д}} n}, \quad (10)$$

$$t_{f1} - t_{fm} = \frac{Q_{\text{тук}}}{\left(\sum_{i=2}^m \frac{1}{K_{\text{т}} A_{\text{т}}} \right)^{-1} z_{\text{д}} n}, \quad (11)$$

$$t_{fm} - t'_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{тук}}}{K_{\text{нп}} A_{\text{нп}} z_{\text{с}} n}, \quad (12)$$

$$t'_{\text{в}} - t_0^{\text{с}} = \frac{Q_{\text{тук}}}{q_0 V_{\text{зд}} z_{\text{с}} n}. \quad (13)$$

Обозначив соотношение перепадов температур $(t'_{\text{в}} - t_0^{\text{с}})/(t'_{\text{в}} - t_0^{\text{д}}) = a$, выражение (13) приобретает вид

$$t'_{\text{в}} - t_0^{\text{д}} = \frac{Q_{\text{тук}}}{aq_0 V_{\text{зд}} z_{\text{с}} n}. \quad (14)$$

Складывая выражения (9)–(12) и (14) получим

$$Q_{\text{тук}} = \frac{q_{\text{ас}}}{K_{\text{пр}} \left[\frac{1}{\eta_{\text{тк}} K_{\text{пр}} A_{\text{п}} z_{\text{д}} n} + \sum_{i=2}^m \frac{1}{K_{\text{т}} A_{\text{т}} z_{\text{д}} n} + \frac{1}{K_{\text{нп}} A_{\text{нп}} z_{\text{с}} n} + \frac{1}{aq_0 V z_{\text{с}} n} \right]}. \quad (15)$$

Принимая во внимание, что $z_{\text{д}}/z_{\text{с}} = b$, кроме того

$$Q_{\text{п}} = A_{\text{п}} q_{\text{п}} z_{\text{д}} n, \quad (16)$$

а также учитывая, что полезно ассимилированная воздухом часть общего теплового потока с поверхности теплоисточника может быть представлена в виде

$$q_{\text{ас}} = \psi_{\text{ук}} q_{\text{п}}, \quad (17)$$

где $\psi_{\text{ук}}$ – коэффициент герметичности торцов укрытия с поверхностью теплоисточника, учитывающий утечки либо подсосы охлаждающей среды в его работе.

Зависимость для определения эффективности ТУК и коэффициента замещения мощности согласно (4) с учетом (15), (16) и (17) приобретает следующий вид

$$\eta = \frac{\psi_{\text{ук}}}{\frac{1}{\eta_{\text{тк}}} + K_{\text{пр}} A_{\text{п}} \left[\sum_{i=2}^m \frac{1}{K_{\text{т}} A_{\text{т}}} + \frac{b}{K_{\text{нп}} A_{\text{нп}}} + \frac{b}{aq_0 V} \right]}, \quad (18)$$

$$f = \frac{q_{\text{п}}}{t_{\text{в}} - t_0^{\text{с}}} \frac{b A_{\text{п}}}{q_0 V} \frac{\psi_{\text{ук}}}{\frac{1}{\eta_{\text{тк}}} + K_{\text{пр}} A_{\text{п}} \left[\sum_{i=2}^m \frac{1}{K_{\text{т}} A_{\text{т}}} + \frac{b}{K_{\text{нп}} A_{\text{нп}}} + \frac{b}{aq_0 V} \right]}. \quad (19)$$

Из выражения (18) следует, что эффективность анализируемых БТУК, работающих в отопительном режиме, в основном зависит от коэффициента учета теплотерь $\eta_{\text{тк}}$ через торцевые элементы и герметичности $\psi_{\text{ук}}$ укрытия, количества контуров m , а также отношений

$$K_{\text{пр}} A_{\text{п}} \left(\sum_{i=2}^m \frac{1}{K_{\text{т}} A_{\text{т}}} \right), K_{\text{пр}} A_{\text{п}} / K_{\text{нп}} A_{\text{нп}}, K_{\text{пр}} A_{\text{п}} / q_0 V \text{ и не зависит от мощ-}$$

ности теплового потока на поверхности охлаждения и температуры окружающей среды.

Как следует из выражения (19), коэффициент замещения мощности в работе ТУК при одинаковых теплотехнических качествах и герметичности укрытия зависит от соотношения укрываемой поверхности теплоисточника к объему отапливаемых помещений $A_{\text{п}}/V$, удельной отопительной характеристики q_0 отапливаемого здания и перепада температур $(t_{\text{в}} - t_0^{\text{с}})$ воздуха внутри здания и окружающей среды.

Из сопоставительного анализа зависимостей (18) и (19) следует, что с увеличением площади поверхности укрываемого теплоисточника $A_{\text{п}}$ коэффициент замещения f возрастает, однако это приводит и к снижению эффективности η , что свидетельствует о наличии оптимального значения $A_{\text{п}}$, которое может быть выявлено на основе минимизации приведенных затрат для конкретных данных анализируемых вариантов ТУК.

Разработанная методика позволяет оценить значения эффективности и коэффициента замещения мощности анализируемых раз-

личных схем ТУК на стадии их предварительной разработки. В частности для всех систем воздушного отопления, реализуемых по прямоточным и регенеративно-смесительным схемам МТУК, в которых исключается применение промежуточного теплообменника и нагревательных приборов ($K_T A_T \rightarrow \infty$, $K_{\text{нп}} A_{\text{нп}} \rightarrow \infty$, $a=b=1$), зависимости (18) и (19) соответственно приобретают вид

$$\eta = \frac{\psi_{\text{ук}}}{\frac{1}{\eta_{\text{тк}}} + \frac{K_{\text{пр}} A_{\text{п}}}{q_0 V}}, \quad (20)$$

$$f = \frac{q_{\text{п}}}{(t_{\text{в}} - t_0^{\text{с}})} \left(\frac{\psi_{\text{ук}}}{\frac{q_0 V}{\eta_{\text{тк}} A_{\text{п}}} + K_{\text{пр}}} \right). \quad (21)$$

Таким образом, результаты исследований работы ТУК в отопительном режиме с догревающим теплогенератором позволяют анализировать влияние отдельных параметров и находить их оптимальное сочетание на общие показатели теплоэнергосбережения, а также установить зависимости для определения коэффициентов эффективности и замещения для комплексной оценки всех элементов при создании наиболее экономичных вариантов ТУК.

Литература

1. Петраш В. Д., Полунин М. М. Бинарная система утилизации теплоты с поверхности обжиговой печи // Известия вузов. Строительство. – №1. – 1996, Новосибирск.
2. В. Д. Петраш. Режимные параметры бинарных теплоутилизационных комплексов на базе периодических эксплуатируемых тепловых агрегатов // Экотехнологии и ресурсосбережение. Научно-технический журнал. – № 2. – 2002. Институт газа, Киев.
3. Дж. А. Даффи, У. А. Бекман. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии: Пер. с англ. / Под ред. Ю. Н. Малевского. – М.: Мир, 1977. – 420 с.