

УВЕЛИЧЕНИЕ ЗАГРУЗКИ ОТБОРОВ ТЕПЛОФИКАЦИОННЫХ ТУРБИН НА БАЗЕ СНЕГОТАЯНИЯ

Н. А. ПОПОВ

(Представлена кафедрой промышленной теплоэнергетики и научным семинаром
теплоэнергетического факультета)

Увеличение загрузки нижних отборов теплофикационных турбин, когда тепловая нагрузка меньше их мощности, может быть осуществлено путем организации таяния снега на местах уборки вместо его вывозки на отвалы.

Не касаясь в данной статье экономической стороны вопроса, рассмотрим технические возможности введения этой дополнительной тепловой нагрузки.

Известно, что при выпадании снега и в весенне-осенний период года, когда температура наружного воздуха t_n выше расчетной температуры ТЭЦ $t_n^{ТЭЦ}$, отборы теплофикационных турбин по теплу не догружены.

Обращаясь к нормальному отопительному графику температур воды в тепловой сети (рис. 1), мы видим, что догрузку отборов при снеготаянии возможно производить за счет дополнительного увеличения (от $t_n^{ТЭЦ}$) перепада температур на величину δt . В предельном случае линия, определяющая этот дополнительный перепад (при постоянном расходе сетевой воды), изобразится пунктирной линией, эквидистантной линии температур обратной воды t_{20} .

Верхней границей интервала температур наружного воздуха, на котором может производиться таяние снега на базе теплофикации, принимается температура $t_n = 0^\circ\text{C}$.

Кроме того, для целей снеготаяния может быть использован отъем тепла из отборов за счет провалов суточных графиков вентиляционной нагрузки в коммунально-бытовых, общественных и частью в промышленных зданиях в часы, когда вентиляционные системы с подогревом воздуха в этих зданиях не работают.

Таким образом, для целей снеготаяния может быть использована часть тепловой мощности отборов турбин, равная

$$\Delta Q_{отб}^{ст} = (cG' \delta t^{ст} + cG'_в \Delta t_v^{ст}) \cdot 10^{-6} \quad \text{мдж/ч}, \quad (1)$$

где $\Delta Q_{отб}^{ст}$ — дополнительная тепловая мощность отборов теплофикационных турбин при расчетной температуре наружного воздуха для снеготаяния, мдж/ч;

c — теплоемкость сетевой воды, дж/кг. ч;

$G^{ст}$ — общий расход сетевой воды в тепловой сети, кг/ч;

$\delta\tau^{ct} = \tau_1^{ct} - \tau_{10}^{ct}$ — величина повышения температуры в подающей магистрали при t_H^{ct} , °C;

τ_1^{ct} — температура воды в подающей магистрали при повышенном графике при t_H^{ct} , °C;

τ_{10}^{ct} — температура воды в подающей магистрали при нормальном отопительном графике при t_H^{ct} , °C;

G'_B — расчетный расход сетевой воды на те вентиляционные установки, которые в часы таяния снега не работают, кг/г;

$\Delta\tau_B^{ct} = \tau_1^{ct} - \tau_{2B}^{ct}$ — разность температур воды до и после калориферов вентиляционных установок при t_H^{ct} , °C.

За расчетную температуру наружного воздуха для снеготаяния принимается средняя по продолжительности стояния температура на-

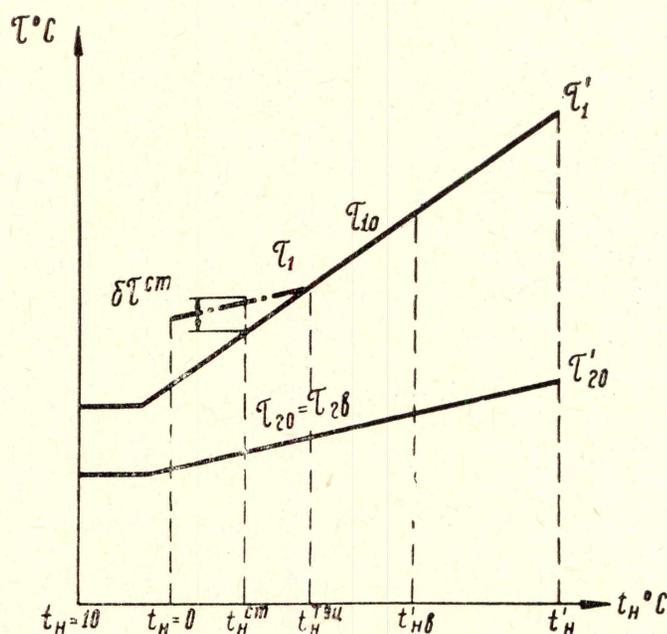


Рис. 1. Нормальный график температур воды в тепловой сети, скорректированный с учетом тепловой нагрузки по снеготаянию

ружного воздуха в интервале от $t_H = 0^\circ\text{C}$ до $t_H^{TЭЦ}$. Количество тепла, которое возможно использовать за отопительный сезон для целей снеготаяния,

$$Q_{ct}^{год} = cG' \delta\tau^{ct} n_1 + cG'_B \Delta\tau_B^{ct} n_2 \cdot 10^{-6} \text{ мдж/год}, \quad (2)$$

где n_1 — число часов использования расчетной дополнительной тепловой мощности отборов турбин за отопительный сезон за счет повышения температуры сетевой воды после основных подогревателей;

n_2 — число часов использования для снеготаяния тепловой мощности вентиляционных систем.

Кроме возможности отпуска тепла с ТЭЦ для снеготаяния на базе теплофикации, еще необходимы определенные условия, при которых эта возможность могла быть реализована.

К этим условиям относится пропуск талых вод и транспорт тепла для снеготаяния без нарушения нормальной работы существующей канализации и тепловых сетей.

Ниже будет показана возможность осуществления этих условий.

На рис. 2 приведена принципиальная схема установки по таянию снега на абонентском вводе. Здесь талая циркуляционная вода насосом

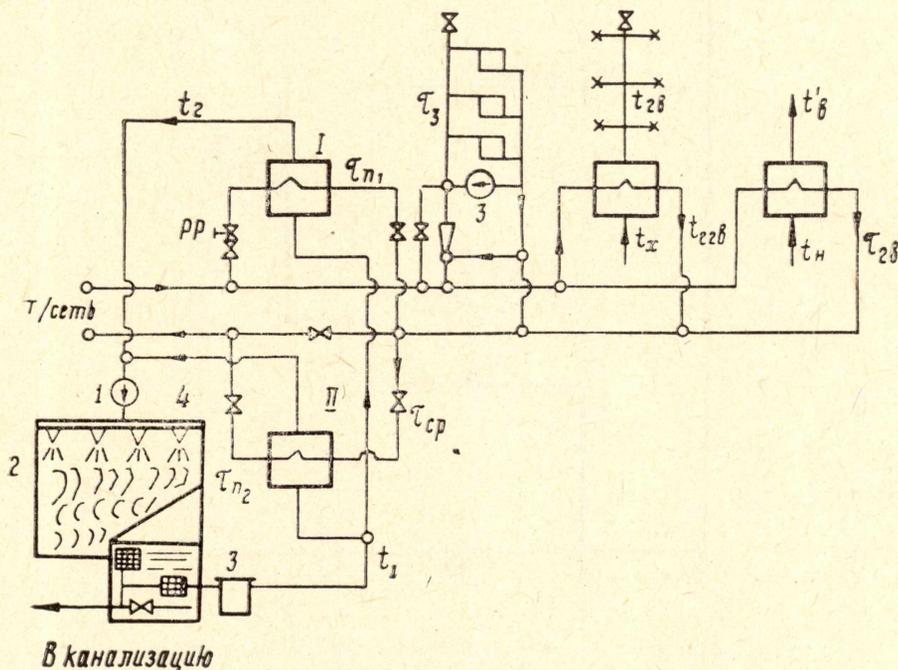


Рис. 2. Принципиальная схема поверхностно-контактной установки по таянию снега

1 забирается из приемка корпуса 2, пройдя грязевик 3, направляется в теплообменники I, II. В теплообменнике I она нагревается за счет тепла сетевой воды (в часы, когда у абонентов отсутствует нагрузка горячего водоснабжения или вентиляции), а в теплообменнике II — за счет тепла обратной воды из местных абонентских систем. Из теплообменников нагретая вода поступает к форсункам 4, с помощью которых разбрызгивается и, проходя через слой снега, расплавляет его. Сток талой воды в канализацию производится из верхней части приемка корпуса снеготаялки.

Поскольку после местных систем вводится дополнительное сопротивление (теплообменник II), то напор, развиваемый элеватором, не будет достаточным для преодоления этого дополнительного сопротивления. В этих условиях необходима установка низконапорного смешительного насоса 5 на перемычке системы отопления.

Как указывалось выше, при организации снеготаяния необходимо соблюдение еще двух условий:

- 1) возможность пропуск талых вод без нарушения нормальной работы существующей канализации города,
- 2) не превышение расчетного расхода сетевой воды в период снеготаяния.

Если рассмотреть примерный суточный график потребления горячей воды на нужды бытового разбора, приведенного на рис. 3, то видим, что среднесуточный расход горячей воды $G_{гв}^{ср}$ составляет примерно

45% от максимального, которым определяется пропускная способность канализационных коллекторов от отдельных зданий или кварталов застройки.

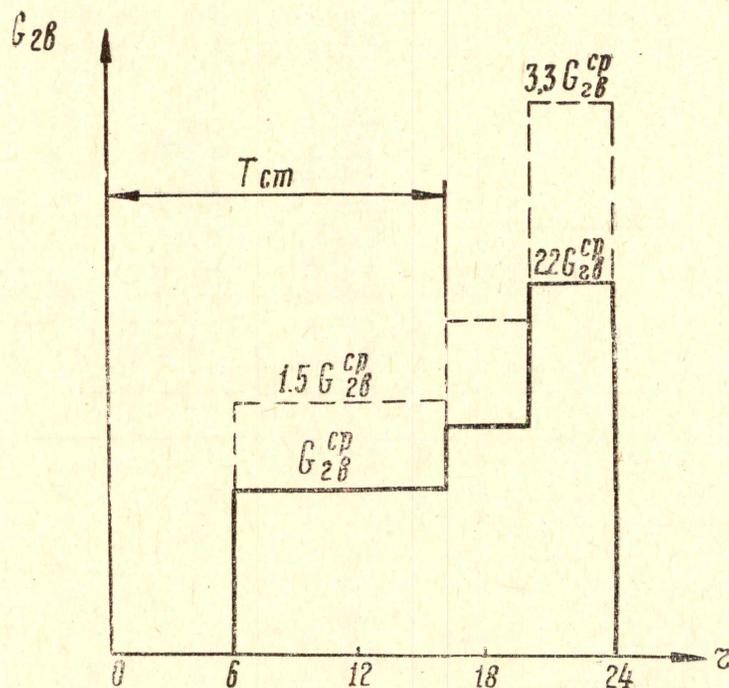


Рис. 3. Примерный суточный график горячего водоснабжения жилого дома

Чтобы не нарушить работу канализации, снеготаяния нужно продвигать в часы суток, когда сброса воды из приборов горячего водоснабжения нет или когда он сокращается до среднесуточной величины, т. е. в течение $T_{ст}$ часов. При использовании горячей воды ее обычно разбавляют до температуры 38—40°C. Поэтому количество разбавленной воды, сбрасываемой в канализацию, возрастет на 50% и изобразится на графике пунктирной линией. Тогда производительность снеготаялок из первого условия для данной площади застройки должна быть:

$$\begin{aligned} G_{ст}^k &\leq 1,5 G_{гв}^{cp} \text{ — при таянии снега в дневные часы суток,} \\ G_{ст}^k &\leq 3,3 G_{гв}^{cp} \text{ — то же в ночные часы,} \end{aligned} \quad (3)$$

здесь

$$G_{гв}^{cp} = 0,175 F_{кв} \cdot z \cdot n \cdot h \cdot 10^{-3}, \frac{кг}{ч}, \quad (3-1)$$

$F_{кв}$ — площадь застройки, $м^2$;

z — норма потребления горячей воды на одного человека в сутки, $кг/чел. \text{ сутки}$;

n — этажность зданий;

h — высота этажа, $м$.

Производительность снеготаялок из второго условия в общем случае запишется:

$$\begin{aligned} G_{ст}^c &= \frac{(G_{гв}^{cp} + G'_B)(\tau_1^{ст} - \tau_{п1}^{ст}) c \cdot \eta_{ст}}{(r - c_c t_H^{ст})} + \\ &+ \frac{(G_{гв}^{cp} + G'_B + G'_0)(\tau_{сп}^{ст} - \tau_{п2}^{ст}) c \eta_{ст}}{(r + c_c t_H^{ст})}, \quad кг/ч, \end{aligned} \quad (4)$$

где G'_0 — расчетный расход сетевой воды на отопление на данной площади застройки, $кг/ч$;

$\tau_{п1}^{ст}, \tau_{п2}^{ст}$ — температуры воды после теплообменников I, II при $\tau_n^{ст}$, °C;

$\eta_{ст}$ — коэффициент полезного действия снеготаяния учитывает потери тепла в окружающую среду и с талой водой, сбрасываемой в канализацию, его значение ориентировочно можно принимать в пределах 0,09—0,93;

r — скрытая теплота плавления снега, $\frac{дж}{кг}$;

$\tau_{ср}^{ст}$ — температура, с которой обратная смешанная вода поступает в теплообменник II при $t_n^{ст}$, °C;

$$\tau_{ср}^{ст} = \frac{(G'_в + G'_{гв}^{ср}) \cdot \tau_{п1}^{ст} + G'_0 \tau_{20}^{ст}}{G'_0 + G'_в + G'_{гв}^{ср}}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (4-1)$$

$\tau_{20}^{ст}, \tau_{2в}^{ст}, \tau_{2гв}^{ст}$ — температуры обратной воды после систем отопления, вентиляции и горячего водоснабжения при $t_n^{ст}$, °C.

В открытых тепловых сетях вместо величины $G'_{гв}^{ср}$ в выражениях (4) и (4-1) нужно принимать расход воды на горячее водоснабжение из подающей линии тепловой сети.

Первый член выражения (4) представляет из себя производительность снеготаялок, получаемую за счет использования тепла сетевой воды в теплообменнике I в часы отсутствия нагрузок горячего водоснабжения и вентиляции, второй — за счет использования в теплообменнике II тепла обратной воды из местных систем и теплообменника I.

Оптимальная производительность снеготаялок на отдельном вводе $G_{ст}^{опт}$ определяется по минимуму суммы зависимых годовых приведенных затрат по таянию снега $Z_{ст}$.

$$Z_{ст} = K_{ст}(f_{ст} + p_n) + \frac{G_c \cdot P \cdot T_i}{175 \cdot G_{ст}} = \min, \quad (4)$$

где

$K_{ст} = a_1 + b_1 G_{ст}$ — начальные вложения в снеготаялку, руб;

a_1, b_1 — некоторые коэффициенты, значения которых на основании предварительных расчетов принимаются $a_1 = 400$ руб; $b_1 = 160$ руб. $ч/10^3$ кг;

G_c — количество снега, подлежащего таянию на данной снеготаялке, $кг/год$;

$$G_c = \mu \cdot \varphi \cdot F_{кв} \cdot h_c \cdot \rho \cdot 10^{-3}, \frac{т}{год};$$

μ — коэффициент, учитывающий площадь уличных проездов; его величину можно принимать в пределах 1,3—1,5;

φ — доля выпавшего снега, подлежащего уборке;

$F_{кв}$ — площадь застройки, $м^2$;

h_c — высота снежного покрова, м;

ρ_c — плотность снега, $кг/м^3$;

$f_{ст}$ — доля годовых отчислений на амортизацию и ремонт; принимается в среднем по установке

$$f_{ст} = 0,06;$$

p_n — нормативный коэффициент эффективности,

$$p_n = 0,125;$$

P — заработная плата рабочего, руб/мес;
 175 — число часов работы в месяц, ч/мес;
 T_i — затрата времени рабочего на обслуживание снеготаялки в течение часа ее работы, ч/ч.

Взяв первую производную $\frac{\partial Z_{ст}}{\partial G_{ст}}$, приравняв ее нулю и решая относительно $G_{ст}$, находим

$$G_{ст}^{опт} = \sqrt{\frac{G_c P T_i}{175 b_1 (f_{ст} + p_n)}}, \quad \frac{кг}{ч}.$$

Расчетная производительность снеготаялки на отдельном вводе $G'_{ст}$ должна быть такой, чтобы удовлетворить условиям сброса талой воды в канализацию и не превышения расчетного расхода сетевой воды на вводе, т. е.

$$G'_{ст} \leq G_{ст}^k; \quad G'_{ст} \leq G_{ст}^c, \quad G'_{ст} \leq G_{ст}^{опт}.$$

Количественную оценку возможностей для снеготаяния на базе теплофикации покажем на частном примере г. Томска.

По данным управления тепловых сетей, расчетный расход сетевой воды составляет $3 \cdot 10^6$ кг/ч. Ввиду отсутствия точных данных о тепловой мощности и времени работы вентиляционных систем при определении дополнительной мощности отборов теплофикационных турбин для целей снеготаяния второй член в уравнении (1) не учитывается.

В расчетах принимается:

$$\Delta t' = t'_1 - t'_{20} = 150 - 70^\circ\text{C}; \quad P_{отб} = 1,2 \text{ бар};$$

$$t_n^{тэц} = -14^\circ\text{C}; \quad t_n^{ст} = -7^\circ\text{C}; \quad \delta t_{ст} = 10^\circ\text{C};$$

$$G' = 3 \cdot 10^6 \text{ кг/ч}; \quad \eta_{ст} = 0,9; \quad \mu = 0,5; \quad \varphi = 0,5;$$

$$h_c = 0,5 \text{ м}; \quad \rho_c = 250 \text{ кг/м}^3; \quad r = 335000 \text{ Дж/кг};$$

$$c = 4186,8 \text{ Дж/кг}^\circ\text{C}; \quad n_1 = 1760 \text{ ч/год}.$$

Из приведенных расчетов получаем:

1) Дополнительная тепловая мощность отборов низкого давления теплофикационных турбин

$$\Delta Q'_{отб} = 125 \cdot 10^3 \text{ МДж/ч},$$

что составляет 12,5% от расчетного отпуска тепла по горячей воде.

2) Количество тепла, которое возможно использовать для снеготаяния за отопительный сезон

$$Q_{ст}^{год} = 220 \cdot 10^6 \text{ МДж/год}.$$

3) Количество снега, которое может быть растаяно за сезон

$$G_c^{год} = 565 \cdot 10^6 \text{ кг/год}.$$

4) Убираем от снега площадь застройки

$$F_{кв} \approx 6,0 \text{ кв. км}$$

5) Экономия условного топлива на ТЭЦ за счет комбинированной выработки электрической и тепловой энергии на базе снеготаяния

$$\Delta B_{ст} = 6,06 \cdot 10^6 \text{ кг у. т./год}.$$

6) Экономия в денежном выражении при цене условного топлива 11,5 руб/10³ кг у. т. составит

$$\Delta Z_{ст} = 69500 \text{ руб/год}.$$

Заключение

1) Организация снеготаяния на базе теплофикации, не требуя дополнительных затрат в ТЭЦ и тепловые сети, позволит увеличить выработку электроэнергии на тепловом потреблении и тем повысить экономичность работы систем теплоснабжения.

2) Наиболее благоприятными условиями для снеготаяния являются условия Сибири и северных районов страны, где выпадает значительное количество снега, а расчетная температура ТЭЦ имеет относительно низкие значения.

3) В приведенном примере из-за отсутствия данных не учтены провалы суточных графиков расхода тепла на вентиляцию. Поэтому действительная величина $\Delta Q_{отб.}$, подсчитанная для условий города Томска, будет значительно выше.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. В. Никитин. Снеготаялки. Изд. МКХ РСФСР, М., 1952.
 2. Е. Я. Соколов. Теплофикация и тепловые сети. Изд. Госэнергоиздат, М.—Л. 1963.
-