2. Машины, механизмы, технологическое оборудование и ручной инструмент, используемые в работе, должны быть исправными, работу следует начинать с проверки их исправности. Все пусковые приспособления технологического оборудования должны иметь надписи об их назначении. Рабочие площадки приемных и разгрузочных устройств и бункеров технологического оборудования должны быть оборудованы звуковой и световой сигнализацией, предназначенной для оповещения обслуживающего персонала о прибытии и разгрузке транспортных средств.

3. Рабочие места должны быть обеспечены средствами гашения пожара и пожарным инвентарем. Местонахождение первичных средств гашения пожара и пожарного инвентаря должно быть согласовано с органами пожарного надзора.

4. Полученный на полигонах ТБО биогаз может использоваться в качестве альтернативного источника получения топливного материала для коммунально – бытовых целей, сельского хозяйства, выработки электроэнергии, что позволит решить проблему энергосбережения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Закон Украины «Об отходах» 05.03.98 г. №187/98-ВР.
2. ДСанПіН 2.2.7.029-99 Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їх класу небезпеки для населення.
3. ДБН В.2.4-2-2005 Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування.
4. Вайсман Я.И., Коротаев В.Н., Петров В.Ю., Зомарев А.М. Управление отходами. Полигоны захоронения ТБО. Пермь: Перм. гос. т. ун-т, 2007г., 435 с.
5. Потапов П.А., Пупырев Е.И., Потапов А.Д. Методы локализации и обработки фильтрата полигонов захоронения ТБО. М.:Изд-во АСВ, 2004.-168 с.
6. Пособие по мониторингу полигонов твердых бытовых отходов. – Донецк: Тасис, 2004 г. – 291 с.
7. Бобович Б.Б., Девяткин В.В. Переработка отходов производства и потребления. – М.: Интермет Инжиниринг, 2000 г. – 496 с.
8. Артемов Н.И., Середа Т.Г., Костарев С.Н., Низамутдинов О.Б. Технологии автоматизированного управления полигоном твердых бытовых отходов. Пермь: НИИУМС, 2003. - 266 с.

УДК 697.34

Петраш В.Д., Полунин М.М.,
Одесская государственная академия строительства и архитектуры
Есин Е.С.
Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СПОСОБОВ СМЕШЕНИЯ ПОТОКОВ ПРИ ЗАВИСИМОМ ПОДКЛЮЧЕНИИ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ К ЦЕНТРАЛЬНОЙ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ

В течение многих лет в подавляющем большинстве широко применялись элеваторные схемы зависимого подключения систем водяного отопления к центральной тепловой сети [1,2], которые при известном многообразии вариантов их реконструкции по условиям эксплуатационного регулирования [3] продолжают успешно эксплуатироваться и в настоящее время. Такие схемы отличаются относительной простотой и экономичностью в реконструкции, обеспечивая достаточно высокую гидравлическую устойчивость соответствующих систем отопления в процессе их эксплуатации.

При этом сохраняется возможность реализации энергоэкономических мероприятий: утепления ограждающих конструкций, рациональной реконструкции систем отопления для использования возоб-

новляемых и вторичных низкотемпературных источников теплоты с применением теплонасосных установок, а также использования конденсационных котлов и др.

Вместе с тем во многом обоснованным техническим решением [4,5] новыми нормативами [6,7] предусматривается безальтернативный вариант применения для этой цели смесительных насосов, исключающий устройство регулируемых элеваторов с повышенной теплоэнергетической эффективностью, в том числе при дозированном байпасировании сетевого энергоносителя при пониженной его температуре в процессе эксплуатации систем отопления. Зарубежный опыт в этом направлении указывает на целесообразность перехода прежде всего на более дорогостоящий вариант схем с промежуточным теплообменником, то есть с гидравлически независимым подключением систем отопления к тепловой сети, применение которого в настоящее время в Украине весьма ограничено по известным экономическим трудностям. В связи с этим представляет интерес сопоставление расходов электроэнергии для вариантов с элеваторным и насосным смешением теплоносителя в тепловом пункте.

Рассматривая представленный на рис. 1 пьезометрический график для главной магистрали системы центрального теплоснабжения, отметим, что с целью экономии электроэнергии разность напоров $\Delta H_{гну}$ главной насосной установки (ГНУ) следует принять с максимальным понижающим коэффициентом α_{min}, то есть равным $\alpha_{min} \cdot \Delta H_{гну}$. Тогда величина располагаемых разностей напоров ΔH_i для абонентов по длине магистрали будет составлять:

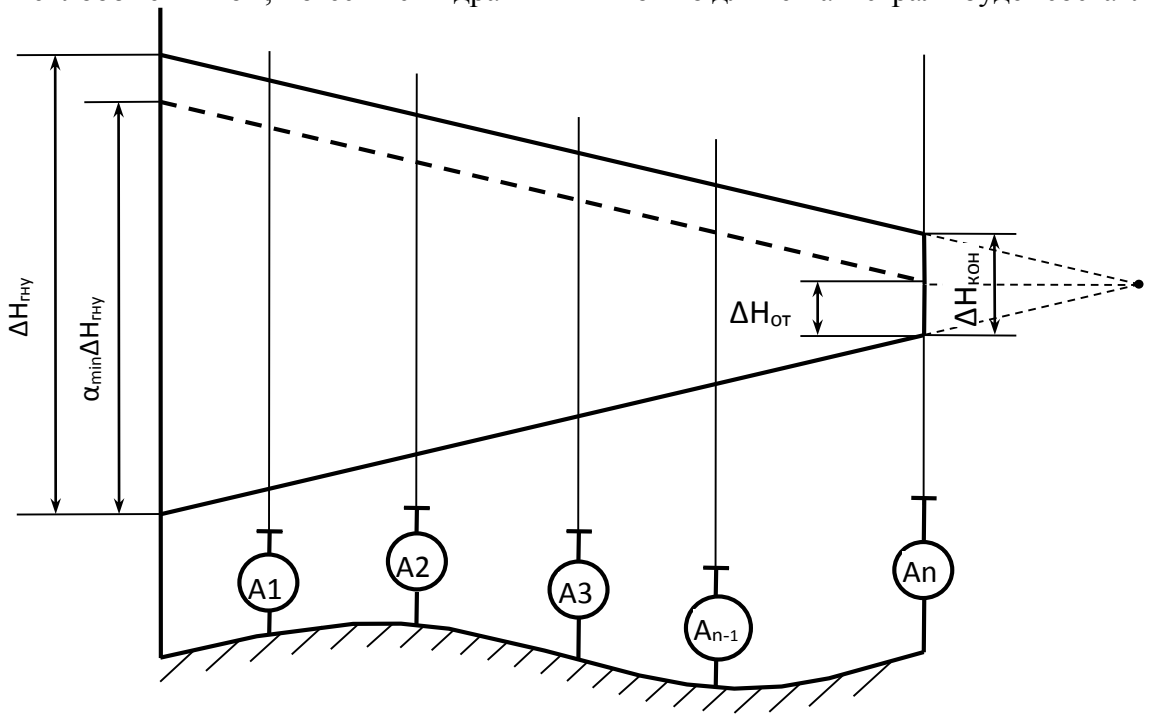

Рис. 1. Пьезометрический график для главной магистрали в расчетном режиме

$$\left.\begin{aligned}
&-\textit{для абонента } A1\\
&\Delta H_1 = (\Delta H_{ГНУ} - \Delta H_{КОН})(n-1)/n +\\
&+[\Delta H_{КОН} - (1-\alpha_{\min})\Delta H_{П+У}];\\
&-\textit{для абонента } A2\\
&\Delta H_2 = (\Delta H_{ГНУ} - \Delta H_{КОН})(n-2)/n +\\
&+[\Delta H_{КОН} - (1-\alpha_{\min})\Delta H_{ГНУ}];\\
&-\textit{для абонента } An\\
&\Delta H_n = (\Delta H_{ГНУ} - \Delta H_{КОН})(n-n)/n +\\
&+[\Delta H_{КОН} - (1-\alpha_{\min})\Delta H_{ГНУ}],
\end{aligned}\right\} \quad (1)$$

где $\Delta H_{гну}$ и $\Delta H_{кон}$ – расчетная разность напоров соответственно главной насосной установки и концевого абонента, м; n – количество смесительных узлов по длине главной магистрали, шт. A1, A2, . . . An – узлы смешения абонентов; $\Delta H_{гну}$ – разность напоров для главной насосной установки, м; $\Delta H_{кон}$ – разность напоров для концевого абонента, м; $\Delta H_{от}$ – разность напоров для системы отопления, м.

Исходя из этих уравнений, найдём суммарную разность напоров $\sum \Delta H_A$ для абонентов

$$\sum \Delta H_A = \Delta H_1 + \Delta H_2 + ... \Delta H_n = = \Delta H_{КОН} \left\{ \begin{array}{l} 0{,}5\left(\frac{\Delta H_{ГНУ}}{\Delta H_{КОН}} - 1\right)(n-1) + \\ + \left[1 - (1-\alpha_{\min})\frac{\Delta H_{ГНУ}}{\Delta H_{КОН}}\right] n \end{array} \right\}. \quad (2)$$

Отметим, что производительность главной насосной установки главной насосной установки $G_{ГНУ}$ равна

$$G_{ГНУ} = G_A \cdot n, \quad (3)$$

где G_A – производительность каждого из абонентов, кг/с.

Таким образом, суммарная производительность $\sum G_{см}$ смесительных насосов, установленных на перемычке, составит

$$\sum G_{см} = u\, G_A \cdot n, \quad (4)$$

где u – коэффициент смешения, определяемый по уравнению

$$u = \left(T_1^p - t_г^p\right) / \left(t_г^p - t_o^p\right), \quad (5)$$

где $T_1^p, t_г^p$ – расчётные значения температуры воды в подающих трубопроводах соответственно тепломагистралей и системы отопления, °С; t_o^p – расчётная температура воды в обратном трубопроводе системы отопления, °С.

Используя полученные выше зависимости, получим следующие выражения для определения потребляемых насосами электрических мощностей:

– мощность $N_{ГНУ}^{ЭЛ}$ для главной насосной установки при элеваторном смешении

$$N_{ГНУ}^{ЭЛ} = \mu G_A \cdot n \cdot \Delta H_{ГНУ} / \eta_y; \quad (6)$$

– мощность $N_{ГНУ}^{НАС}$ для главной насосной установки при насосном смешении

$$N_{ГНУ}^{НАС} = \mu G_A \cdot n \cdot \Delta H_{ГНУ} \cdot \alpha_{\min} / \eta_y; \quad (7)$$

– суммарная мощность $\sum N_{СМ}$ установленных на перемычке смесительных насосов

$$\sum N_{СМ} = \mu G_A \cdot n \Delta H_{КОН} \cdot u \times \times \left\{ \begin{array}{l} 0{,}5\left(\frac{\Delta H_{ГНУ}}{\Delta H_{КОН}} - 1\right)(n-1) + \\ + \left[1 - (1-\alpha_{\min})\frac{\Delta H_{ГНУ}}{\Delta H_{КОН}}\right] \cdot n \end{array} \right\} / \eta_y; \quad (8)$$

где μ – коэффициент запаса; η_y – КПД насосной установки (произведение КПД насоса $\eta_н$ на КПД двигателя $\eta_д$). С некоторой погрешностью можно принять значения μ и η_y одинаковыми для рассмотренных значений установленных мощностей.

Отметим, что для обеспечения циркуляции теплоносителя в системе отопления разность напоров в трубопроводах теплосети в узле смешения не должна быть менее потери напора $\Delta H_{ОТ}$ в местной системе отопления, то-есть должно выполняться условие

$$\left[\Delta H_{КОН} - (1-\alpha_{\min})\Delta H_{ГНУ}\right] \geq \Delta H_{ОТ}, \quad (9)$$

Откуда получим, что максимальное снижение перепада напоров насосов ГНУ должно соответствовать зависимости

$$\alpha_{\min} \geq 1 - \left(1 - \frac{\Delta H_{ОТ}}{\Delta H_{КОН}}\right) / \frac{\Delta H_{ГНУ}}{\Delta H_{КОН}}. \quad (10)$$

Значения $\alpha_{\min}$ приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Значения $\alpha_{\min}$

$\frac{\Delta H_{ОТ}}{\Delta H_{КОН}}$ \ $\frac{\Delta H_{ГНУ}}{\Delta H_{КОН}}$	2	3	4	5	6
0,08	0,54	0,693	0,77	0,816	0,847
0,10	0,55	0,7	0,775	0,82	0,85
0,12	0,56	0,707	0,78	0,824	0,853
0,15	0,575	0,717	0,788	0,83	0,858
0,20	0,6	0,733	0,80	0,84	0,867

Используя зависимости (6), (7), и (8), найдем соотношение мощностей для условий насосного и элеваторного смешения в виде уравнения

$$\frac{N_{ГНУ}^{НАС}+\sum N_{СМ}}{N_{ГНУ}^{ЭЛ}}=\alpha_{\min}+u\times$$

$$\times\left[\begin{array}{l}0{,}5\left(1-\dfrac{\Delta H_{КОН}}{\Delta H_{ГНУ}}\right)(n-1)+\\+\left(\dfrac{\Delta H_{КОН}}{\Delta H_{ГНУ}}-1+\alpha_{\min}\right)n\end{array}\right]. \qquad (11)$$

В табл. 2 приведены расчёты, полученные по уравнению (11).

Таблица 2 - Значения $\left(N_{ГНУ}^{НАС}+\sum N_{СМ}\right)/N_{ГНУ}^{ЭЛ}$

$\alpha_{\min}$ \ [П]	2	3	4	5	6
Параметры $T_1^р$ =130 °С; $t_г^р$ =95 °С; $t_о^р$ =70					
0,5	1,2	0,967	0,85	0,78	0,733
0,7	1,4	1,167	1,05	0,98	0,933
0,9	1,6	1,367	1,25	1,18	1,133
$T_1^р$ =150 °С; $t_г^р$ =95 °С; $t_о^р$ =70 °С; u = 2,2					
0,5	1,6	1,233	1,05	0,94	0,867
0,7	1,8	1,433	1,25	1,14	1,067
0,9	2,0	1,633	1,45	1,34	1,267
$T_1^р$ =160 °С; $t_г^р$ =95 °С; $t_о^р$ =70 °С; u = 2,6					
0,5	1,8	1,367	1,15	1,02	0,933
0,7	2,0	1,567	1,35	1,22	1,133
0,9	2,2	1,767	1,55	1,42	1,333
$T_1^р$ = 180 °С; $t_г^р$ = 95 °С; $t_о^р$ = 70 °С; u = 3,4					
0,5	2,2	1,633	1,35	1,18	1,067
0,7	2,4	1,833	1,55	1,38	1,267
0,9	2,6	2,033	1,75	1,58	1,467
Низкотемпературные системы отопления					
$T_1^р$ = 150 °С; $t_г^р$ = 80 °С; $t_о^р$ = 60 °С; u = 3,5					
0,5	2,25	1,667	1,375	1,2	1,083
0,7	2,45	1,867	1,575	1,4	1,283
0,9	2,65	2,067	1,875	1,6	1,483
$T_1^р$ = 150 °С; $t_г^р$ = 60 °С; $t_о^р$ = 40 °С; u = 4,5					
0,5	2,75	2	1,625	1,4	1,25
0,7	2,95	2,2	1,825	1,6	1,45
0,9	3,15	2,4	2,025	1,8	1,65

Примечание. Значения функционала [П] = f ($\alpha_{\min}$, u, $\Delta H_{ГНУ}$, $\Delta H_{КОН}$, n) приняты в соответствии с реальными значениями независимых аргументов в формуле (11).

Выводы

1. В подавляющем большинстве случаев элеваторное смешение обеспечивает экономию электроэнергии, иногда в значительном количестве.

2. Сравнительно высокая гидравлическая устойчивость при регулируемом элеваторном смешении позволяет при простейших средствах автоматизации получить достаточную для практики экономию тепловой энергии.

3. При насосном смешении значительное количество насосно-моторных групп, оснащенных автоматическими устройствами, требует ощутимого увеличения как капиталовложений, так и обеспечения надёжности эксплуатации систем отопления, в связи с этим необходимо проводить тщательное технико-экономическое сравнение принятых решений.

4. Заслуживает внимания то обстоятельство, что особенно заметно возрастает потребная электромощность для систем теплоснабжения в условиях применения низкотемпературных систем отопления.

5. В квазикризисной энергоэкономической ситуации в стране нормирование исключительно применения схем насосного смешения в тепловых пунктах ограничивает возможность применения усовершенствованных регулируемых элеваторов и других эффективных решений на их основе.

6. Показанная энергоэкономичность регулируемого элеваторного присоединения систем отопления на основе использования низкотемпературных теплоисточников одновременно во многих случаях решает экологические проблемы теплообеспечения потребителей.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Сканави А.Н. Отопление /А.Н. Сканави, Л.М. Махов – М.: Издательство АСВ, 2002. – 576с
2. СНиП 2.04.05-91* Отопление, вентиляция и кондиционирование. - / Минстрой России. – М.: ГП ЦПП, 1999. – 66 с Изменением №1 СНиП 2.04.05-91. – Киев: Госком Градостроительства Украины. 1998 – 19с.
3. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети.-М.: Энергоиздат, 1982. -360с.
4. Пырков В.В., Повышение энергоэффективности однотрубных систем отопления //Данфос INFO.-№3-4.-2011

5. Гершкович В.Ф. Куда исчезли регулируемые элеваторы? //Новости теплоснабжения. -№02(06).- 2001
6. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. Київ, Міністерство регіонального розвітку будівництва та житлово-комунального господарства України. 2013р. 141с.
7. ДБН В. 2.5-39:2008. Теплові мережі. Зовнішні мережі та споруди. Інже-нерне обладнання будівель і споруд. - К.: Мінрегіонбуд України. 2009. – 55с.

УДК 004.021:681.5:697

Головатенко С.В., Новожилова М.В.
Харківський національний університет будівництва та архітектури

МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕПЛОВИМИ РЕЖИМАМИ БУДІВЛІ

Вступ. Енергетична ефективність будівель і споруд – одна з найбільш важливих проблем в Україні. Підвищення енергоефективності передбачає побудову математичної моделі будівлі як єдиної енергетичної системи, що описує різні по фізичній сутності процеси поглинання, перетворення і перенесення теплоти завдяки різниці температур зовнішнього і внутрішнього повітря і сонячної радіації, урахування архітектурно-конструктивних особливостей, характеристик елементів огороджувальних конструкцій та інженерного обладнання об'єкта [1].

Розглядаючи енергетичну ефективність будівлі як її властивість забезпечувати оптимальні мікрокліматичні умови приміщень, задачу підвищення енергоефективності можна поставити як задачу енергозбереження. У такій постановці особливої актуальності набуває оптимізація методів управління інженерними системами будівлі, що забезпечують потреби людини і мікрокліматичні умови її перебування і проживання, включаючи опалення, освітлення, вентиляцію і кондиціонування повітря [2].

У науковій літературі представлено низку публікацій, в яких вивчаються різні аспекти проблеми енергозбереження будівель [1, 3-5]. В роботі [1] математична модель будівлі як єдиної енергетичної системи представлена у вигляді комплексу моделей, що включає: модель зовнішнього клімату; модель теплопередачі через огороджувальні конструкції будівлі; модель променистого та конвективного теплообміну в приміщеннях будівлі, при цьому тепловий режим будівлі визначальний оптимальні мікрокліматичні умови приміщень являє собою сукупність усіх факторів і процесів, які задають теплову обстановку в його приміщеннях.

Відзначимо роботу [3], в якій у якості показника енергоефективності виступає витрата теплової енергії, а цільовою функцією є сумарна вартість витрачених ресурсів.

Існують наступні шляхи зниження енерговитрат на експлуатацію будівлі із збереженням комфортного мікроклімату: зниження теплопередачі огороджувальних конструкцій будівель [1,4]; зниження енерговитрат системи теплопостачання; зниження енерговитрат на вентиляцію приміщень, в т.ч. з використанням високоефективної рекуперації тепла. Прикладом може служити еволюція енергозбереження в країнах Прибалтики, Східної та Центральної Європи. Після 1991 року ці країни прийняли європейську систему стандартизації, для чого був реалізований спеціальний проект під назвою BEEN - Baltic Energy Efficiency Network for the Building Stock.

На західному ринку в будівельних технологіях представлено кілька автоматизованих систем управління (BMS) тепловим режимом будівель, наприклад, BMS