

УДК 697.1 (075.8)

В.Д. Петраш, д-р, техн. наук, професор.

Д.В. Басист, ст. викл.

Одеська державна академія будівництва і архітектури

ВИСОКОЕФЕКТИВНІ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ЦИВІЛЬНИХ БУДІВЕЛЬ З ПРОМІЖНИМ РОЗМІЩЕННЯМ ДЖЕРЕЛА ТЕПЛОТИ

В даний час відмічається підвищений інтерес до незалежних і автономних систем теплопостачання будівель, зважаючи на їх більшу надійність і керованість. Діючі нормативні вимоги, передбачають проміжні технічні поверхи в багатоповерхових будівлях для розміщення інженерного устаткування. З аналізу чинних державних будівельних норм, наприклад [1] виходить, що для рекуперативних теплообмінників централізованого теплопостачання для електро - і рідше газових теплогенераторів, обмежень щодо їх встановлення на технічних поверхах практично немає.

Виконаний аналіз [2,3,4] показав доцільність розширення сфери застосування систем опалення з проміжним розміщенням джерела теплоти для підвищення їх теплогідрравлічної стійкості, енергетичної і техніко-економічної ефективності. Вищевикладене визначає можливість вдосконалення систем опалення на основі конструктивного і функціонального взаємозв'язку структурних елементів систем і джерел теплоти (теплообмінниками, автоматизованими і запрограмованими теплогенераторами), що володіють комплексними можливостями експлуатаційного регулювання теплогідрравлічних процесів.

Характерна особливість систем опалення з проміжним розміщенням джерел теплоти при відповідній розводці розподільних і збірних магістралей полягає в можливості створення позонних систем опалення із стояками спеціальної структури [2,4] із загальними вузловими точками для нижньої і верхньої зон стояка, внаслідок чого істотно знижується загальний гідрравлічний опір системи опалення.

Особливість аналізованої системи полягає в тому, що в нижній зоні, що відноситься до нижньої частини стояка, гравітаційний тиск перешкоджає, а у верхній зоні, розташованій у верхній його частині, — навпаки, сприяє циркуляції теплоносія. У зв'язку з викладеним необхідно оцінити зміну характеристики опору системи опалення залежно від рівня розміщення джерела теплоти по висоті будівлі.

Для оцінки зменшення загального опору запишемо відповідні рівняння, які задовольняють системи опалення (рис.1) при традиційному нижньому і проміжному розміщенні джерела теплоти із стояками

спеціальної конструкції, що забезпечують рівні значення протинаправленого гравітаційного тиску у верхній і в нижній зонах.

$$S^P_{\text{сист}} G^2 = (S^P_m G^2 + S^P_{\text{ст}} G^2_{\text{ст}}) K_{\text{гр}}; \quad (1)$$

$$S^P_{\text{сист}} G^2 = S^P_{\text{м.і}} G^2 + S^P_{\text{н-н}} G^2_{\text{ст}}, \quad (2)$$

де S^P_m та $S^P_{\text{м.і}}$ - характеристики опору магістральних ділянок відповідно в традиційній і аналізованій системах, Па с²/кг²; $G_{\text{ст}}$ - розрахункова витрата теплоносія в стояках, кг/с; $K_{\text{гр}}$ - коефіцієнт обліку розрахункової величини гравітаційного тиску; $S^P_{\text{ст}}$ - характеристика опору стояка в традиційній системі опалювання, Па с²/кг²; $S^P_{\text{в-н}}$ - характеристика опору стояка спеціальної структури з паралельно сполученими ділянками з характеристиками в нижній $xS^P_{\text{ст}}$ і верхній $(1-x)S^P_{\text{ст}}$ зонах, Па с²/кг², яка визначається за залежністю.

$$S^P_{\text{в-н}} = \frac{1}{\left(\frac{1}{\sqrt{xS^P_{\text{ст}}}} + \frac{1}{\sqrt{(1-x)S^P_{\text{ст}}}} \right)^2} = \frac{S^P_{\text{ст}}}{\left(\frac{1}{\sqrt{x}} + \frac{1}{\sqrt{(1-x)}} \right)^2}$$

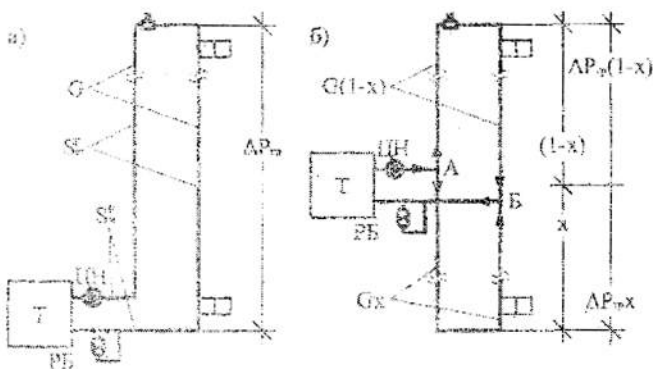


Рис.1. Схеми систем опалювання

- а) З нижнім розташуванням джерела теплої; б) З проміжним розташуванням джерела теплої.

Т – теплообмінник (джерело теплої); ЦН – циркуляційний насос;
РБ – розширювальний бак.

Співставлення рівнянь (1) і (2) дозволяє відзначити, по-перше, що завжди $S^P_{\text{м.і}} \leq K_{\text{гр}} S^P_m$ зважаючи на меншу протяжність магістралей запропонованої системи, а по-друге, оцінити міру зниження опору стояка запропонованої структури з врахуванням гравітаційного тиску,

що діє, при тих же діаметрах з традиційними стояками, в наступному виді

$$\frac{S_{\text{ст}}^p}{S_{\text{н-н}}^p} = \left(\frac{1}{\sqrt{x}} + \frac{1}{\sqrt{1-x}} \right)^2. \quad (4)$$

Зменшення характеристики опору стояка запропонованої структури згідно залежності (4), ілюструється графічно на рис.2

Отже, гідравлічна характеристика запропонованих систем опалення багатоповерхових будинків з проміжним розташуванням джерела теплоти істотним чином відрізняється від аналогічного показника в традиційних системах з нижнім його розміщенням, що особливо необхідно враховувати при розрахунках відповідних систем. При тих же діаметрах в порівнянні з традиційними пропонується структура стояка дозволяє значно понизити його характеристику опору або відповідно зменшити діаметри трубопроводів.

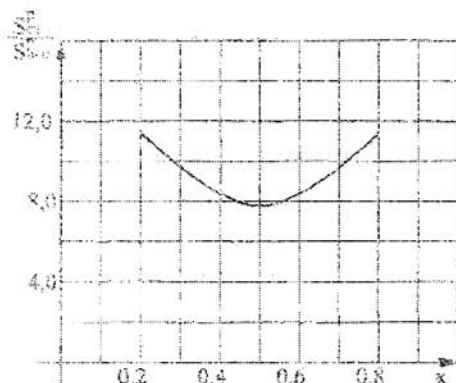


Рис.2. Зміна характеристики опору стояка спеціальної структури в залежності від розміщення джерела теплоти x

Таким чином, вдосконалення систем водяного опалювання на основі проміжного розміщення джерела теплоти розширює сферу їх практичного застосування з одночасним зниженням капітальних і експлуатаційних витрат.

Експериментальними дослідженнями підтверджена достовірність аналітичних залежностей у визначенні зниження характеристик стояків опору запропонованих конструкцій з врахуванням гравітаційних тисків на діючу систему водяного опалення. Для цього в процесі дослідно-експериментального дослідження була застосована діюча в натурі лабораторна система опалення 2,3,4 і 5 поверхів північної частини 9-ти поверхового корпусу ОГАСА з індивідуальними газовими котлами.

Дослідно-експериментальна система є додатковою системою до існуючої системи центрального опалення будівлі.

Система водяного опалення виконана двотрубною з індивідуальними горизонтальними вітками. Центр нагріву теплоносія знаходиться на 4 поверсі на висоті 1,5 м від рівня підлоги.

Джерелом теплоти є 2 настінних газових котли («Vaillant ecoTEC» та «turboTEC») з тепловою потужністю $Q=24$ кВт. Система обладнана загальним 3-х швидкісним циркуляційним насосом «DABVA55/130» ($\Delta P^{\max}=6.3$ м.вод.ст., $G^{\max}=3,6$, м³/ч).

На зворотньому трубопроводі кожного котла встановлені ультразвукові лічильники теплової енергії «SENSUS». Всі горизонтальні вітки системи опалювання підключені до загального розподільного і збірних колекторів, змонтованих на висоті 1,2 м від рівня підлоги. На вхідних і вихідних ділянках кожної вітки встановлені клапани «HERZ» які дали можливість підключати з'єднувальні трубки із скляними п'єзометрами. До клапанів підключалися також з'єднувальні трубки вимірювального приладу «HERZ» серії «FLOW PLUS». Розширювальний бак мембранного типу ($V=50$ л.) приєднаний до колектора зворотнього трубопроводу.

Після стабілізації встановленого теплогидравлічного режиму при роботі одного котла (приблизно через 4-5 годин) знімалися показання тиску на початковій і кінцевій ділянках досліджуваного контура з одночасним зняттям відповідних значень температур і витрат теплоносія. Визначення вказаних параметрів виконувалось окремо для верхньої і нижньої віток системи, які обслуговують відповідно 2 і 5 поверхи будівлі в режимі індивідуальної роботи. Аналогічні виміри проводились при паралельній роботі нижньої і верхньої віток із загальними вузловими точками в подаючому і зворотньому колекторах, а також при функціонуванні всіх чотирьох віток системи опалення. Пара скляних п'єзометрів з можливістю підключення до відповідної вітки знаходилася на рівні появи менісків для зняття показань. Вони розташовувалися вище верхнього приладу системи на 11-14 метрів. Такий спосіб забезпечував досить надійну і високу точність вимірюваного тиску в межах ± 10 Па. Одночасно виконувались порівняльні виміри витрат і тиску за допомогою вимірювального приладу «FLOW PLUS».

Температура теплоносія вимірювалась двома ртутними термометрами, встановленими на розширених ділянках подаючих і зворотніх теплоізолюваних трубопроводів. Ці свідчення також контролювалися теплосчетчиком «SENSUS» (клас точності - 2 по EN1434, вимірювальний діапазон 1:200) до і після теплогенератора.

Для порівняльної оцінки впливу гравітаційного тиску гідравлічні випробування системи проводилися спочатку в «холодному» режимі. Враховуючи обмежені технічні можливості зміни конструктивних і

теплогідравлічних параметрів діючої системи, в процесі експериментального дослідження, була обґрунтована доцільність відповідних вимірів при двох теплових режимах роботи її з початковою температурою гарячої води $t_r=60-65^{\circ}\text{C}$ і $70-75^{\circ}\text{C}$, а також при температурі «холодної» води $20-25^{\circ}\text{C}$, що практично повністю виключає вплив гравітаційного тиску. Такий підхід при незмінній гідравлічній характеристиці опору досліджуваного циркуляційного контура дозволив в подальшому розрахунковим шляхом визначити вплив гравітаційного тиску на зміну витрат теплоносія при інших температурних режимах, які відрізняються від «холодного».

Існуюча система опалення з колекторним приєднанням окремих горизонтальних віток, дозволила з досить високою точністю визначити дійсний загальний опір циркуляційного кільця, що включає верхню і нижню зони приладових віток 2 і 5 поверхів із загальними вузловими точками на рівні розміщення джерела теплоти по висоті системи опалення $x=0,8$.

При роботі системи в «холодному» режимі за виміряними перепадами тиску, $\Delta P_{\Sigma x}$, P_a , і витраті води, $G_{\Sigma x}$, кг/год, можна визначити характеристику опору S відповідного контуру за залежністю:

$$S = \frac{\Delta P_{\Sigma x}}{G_{\Sigma x}^2} \quad (5)$$

Розрахункове значення загальної характеристики опору стояка ($5,14 \times 10^{-4}$), що включає нижню і верхню зони з відповідними характеристиками опору віток другого і п'ятого поверхів (значення їх встановлювалося попереднім експериментом) відрізнялося від загальної характеристики стояка такої конструкції експериментальними вимірами ($5,4 \times 10^{-4}$) в межах 5,5%

При інших теплових режимах з незмінною гідравлічною характеристикою опору досліджуваних контурів по виміряному перепаду тиску ΔP_{Σ} визначалася витрата теплоносія розрахунком за залежністю:

$$G_{r,r} = 100 \sqrt{\frac{\Delta P_{\Sigma r}}{S}}, \text{ кг/г.} \quad (6)$$

Одержане значення витрати теплоносія $G_{r,r}$ зіставлялося з витратою теплоносія згідно показань теплолічильника $G_{\Sigma 1}$. Розбіжність вказаних витрат теплоносія з відхиленням 10% підтвердили достовірність результатів експериментальних вимірів. Результати виміру витрати G , також зіставлялися з показаннями приладу FLOW PLUS.

Аналіз одержаних даних (рис.2) підтверджує задовільну збіжність значень розрахункових витрат при відповідному тиску експериментальним даних для досліджуваної системи опалення. З

графіків. рис.2, витікає, що проміжне розміщення джерела теплоти по висоті системи опалення ($\chi=0,8$) зменшує опір стояка запропонованої конструкції в 3,3 рази.

Вплив гравітаційного тиску на зміну витрати в досліджуваних температурних режимах роботи системи опалення з нагрівальними приладами в чотирьох рівнях встановити не представилося можливим, оскільки їх відносні значення практично знаходилися в межах точності натурного експерименту.

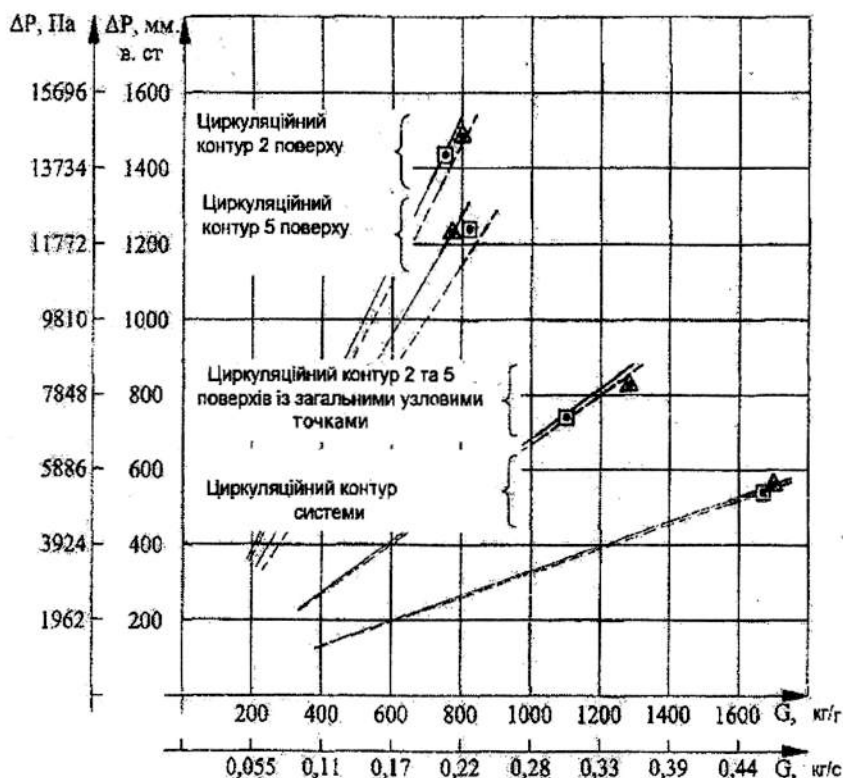


Рис. 2. Залежність втрат тиску від витрат теплоносія у відповідних контурах системи опалення з проміжним розміщенням джерела теплоти ($\chi=0,8$)

Умовні позначення:

- розрахункові значення витрат теплоносія при $(t_f - t_0)$, °C:
 — — (60-45), °C; — — — — (75-59), °C;
- експериментальні значення витрат при $(t_f - t_0)$, °C:
 Δ - (60-45), °C; - (75-59), °C

Висновки

1. Результатами дослідження системи з проміжним розміщенням джерела теплоти встановлено зменшення загального опору системи опалення із стояками спеціальної структури. В порівнянні з традиційними стояками при тих же діаметрах пропонується структура стояка дозволяє значно понизити його характеристику опору або відповідно зменшити діаметри. Таким чином, вдосконалення систем водяного опалення з проміжним розміщенням джерела теплоти розширює сферу їх практичного застосування з одночасним зниженням капітальних і експлуатаційних витрат, в т.ч. на засоби автоматики.

2. Результатами експериментального дослідження двотрубною горизонтальною системи підтверджено вплив проміжного рівня розміщення теплогенератора по висоті будівлі на зниження гідравлічного опору стояків запропонованої конструкції з врахуванням впливу гравітаційного тиску. Вони підтверджують достовірність отриманих аналітичних залежностей (5) і (6), рекомендованих для застосування в інженерній практиці проектування систем опалення будівель підвищеної поверховості.

Список літератури

1. ДБН В.2.2-24:2009 Будинки і споруди. Проектування висотних житлових і громадських будинків. - Київ, Мінрегіонбуд, України 2009
2. *Петраш В.Д., Басист Д.В.* Новый подход к устройству систем водяного отопления с промежуточным размещением источника теплоты. Науковий вісник будівництва, ХДТУБА, "ХОТВ АБУ", №60. Харків 2010р. 88-95с.00
3. *Петраш В.Д., Басист Д.В.* Система водяного опалення з проміжним розміщенням теплогенератора по висоті будівлі. Бюл. №8, ДП "Інститут промислової власності України" К. 2011р.
4. *Басист Д.В.* Системи опалення з комбінованими стояками підвищеної теплогідравлічних стійкості. Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. Вип. 14 К.:КНУБА, 2010. - С. 169-174.

Надійшла до редакції

27.09.11 р.