



**ВЕДУЩИЙ РУБРИКИ**  
**Виктор Васильевич Пырко**

к.т.н., доцент, советник по научно-техническим вопросам «Данфосс ТОВ»

## ГІДРАВЛІЧНА ТА ЕКОНОМІЧНА ВІДМІННІСТЬ ОДНО- ТА ДВОТРУБНИХ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ

**На місце вітчизняним традиціям прийшли сучасні світові досягнення, котрі змінюють проектні, експлуатаційні, споживацькі... уявлення про системи опалення будівель. Особливо це стосується однотрубних та двотрубних систем з терморегуляторами. Тож спробуємо детальніше розібратись у них.**

Існуючі системи опалення в Україні можна розрізнити за чотири ознаки:

- традиційні однотрубні з регулюванням теплового потоку радіаторів триходовими кранами або повітряними заслінками на конвекторах. Такі системи залишилися нам у спадщину з минулого століття. Вони є роботоздатними в цілому, але енергонеєфективними через неавтоматизоване індивідуальне регулювання тепловим потоком опалювальних приладів. Розрахунок таких систем здійснювали за традиційними методиками, що базуються на забезпеченні стаціонарного гідравлічного режиму;
- однотрубні та двотрубні з терморегуляторами на опалювальних приладах, котрі розраховані за традиційними підходами до постійного гідравлічного режиму. Ці системи найчастіше також є неефективними та й нероботоздатними. Вони є найгіршим варіантом застосування автоматичного обладнання, оскільки не виправдовують затрачені кошти й час;
- однотрубні та двотрубні з терморегуляторами на опалювальних приладах та ручними балансувальними клапанами на стояках або приладових вітках, котрі розраховані за європейськими методиками відповідно до змінного гідравлічного режиму. Ці системи стають роботоздатними й енергоефективними після про-

ведення налагоджувальних робіт за певними методиками. Такі системи видаються оманливо дешевшими за капітальними затратами. Адже їх використання потребує в подальшому додаткових значних затрат часу налагоджувальників та використання спеціального дорогого обладнання для наладки.

- однотрубні та двотрубні з терморегуляторами на опалювальних приладах та автоматичними балансувальними клапанами на стояках або приладових вітках, котрі розраховані за європейськими методиками відповідно до змінного гідравлічного режиму. Ці системи визначально є роботоздатними та найбільш енергоефективними і, крім того, не потребують додаткових налагоджувальних робіт.

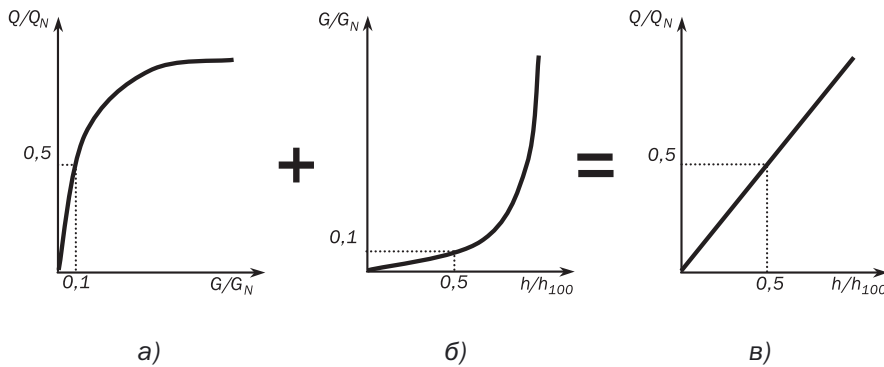
Розвиток автоматизованих систем опалення у світі, й Україні зокрема, проходить певні етапи. Оскільки гідравлічні процеси аналогічні електричним процесам, то вдосконалення систем опалення є таким же, як, наприклад, телевізорів.

Старше покоління проектувальників пам'ятає старенькі телевізори з трансформаторами ручного регулювання. Як тільки змінювалась напруга в електромережі й зникало зображення на екрані, всі мешканці синхронно підбігали до трансформатора й підкоригували напругу на його виході. Системи опалення з терморегуляторами на опалювальних приладах й ручними балансуваль-

ними клапанами на стояках або приладових вітках потребують аналогічних дій: коригування настройок ручних балансувальних клапанів за будь-яких змін гідравлічного режиму, викликаних роботою терморегуляторів, коливанням гравітаційного тиску, втручанням мешканця...

Наступне покоління телевізорів вже мало стабілізатори, котрі теж встановлювали поруч. Ці стабілізатори автоматично коригували напругу на виході й забезпечували безтурботний перегляд телепередач. За таким принципом відповідно до вимог зміни №2 до СНиП 2.04.05-91 повинні проектуватись системи опалення з автоматичними регуляторами перепаду тиску на стояках (приладових вітках) двотрубних або регуляторами витрати на стояках (приладових вітках) однотрубних систем опалення. Ці регулятори стабілізують гідравлічні параметри потоку теплоносія на стояках і забезпечують ефективну роботу терморегуляторів на опалювальних приладах. Відмінність лише в тому, що автотрансформатори були біля кожного телевізора, а зазначені регулятори в системах обслуговують групу терморегуляторів в межах стояка або приладової вітки.

Нарешті сьогодні всі телевізори оснащені вбудованими автотрансформаторами. У найсучасніших системах опалення реалізують аналогічний підхід – застосовують терморегулятори з вбудованими



**Рис. 1.** Схема ідеального регулювання опалювального приладу:  
 а – характеристика опалювального приладу; б – витратна характеристика терморегулятора; в – ідеальна характеристика регулювання опалювального приладу

регуляторами перепаду тиску. В Україні поки що такі системи лише проєктують.

Неприйняття та незрозуміння роботи автоматизованих систем опалення та методик їх розрахунку (до речі розроблених ще в 60-х роках минулого століття в СРСР) призводить до того, що деінде виникають думки: чи не слід повернутись до однотрубних систем з кульовими кранами на опалювальних приладах, поховавши ідею енергозбереження. Приймаючи проєктне рішення, слід усвідомлювати, в якому напрямку ми спрямовуємо наше суспільство: вперед до теплового комфорту при мінімальних затратах споживача за використання теплової енергії й до економічного зростання держави; чи задкуємо до енергонеефективних систем і незадоволення мешканців та до поглиблення енергетичної залежності держави, нехтуючи Постановою Кабміну України від 27.11.1995 р. № 947 із змінами від 19.10.1998 р. № 1657 та від 25.12.2002 р. № 1957 «Про Програму поетапного оснащення наявного житлового фонду засобами обліку та регулювання споживання води і теплової енергії на 1996-2007 роки».

Все ж сучасні проєктні рішення й світові досягнення впевнено й беззворотно приходять на зміну традиційним системам і методам розрахунку. Звичайно, вони потребують додаткових знань. Тож спробуємо детальніше розібратись в них та застосувати до порівняння однотрубних й двотрубних систем.

Почнемо з розгляду основного аспекту створення автоматичної системи опалення – забезпечення керованості теплогідравлічних процесів, на яку спрямовують зусилля розробники автоматичного обладнання та проєктувальники сучасних систем опалення. Контрольованість роботи системи полягає в адекватній реакції регулювальних клапанів і терморегуляторів, у тому числі на збуджуючі фактори. Наприклад, при зміні температури повітря у приміщенні терморегулятор повинен відповідно коригувати тепловий потік опалювального приладу. Ідеальним випадком є лінійне регулювання (рис. 1). Для цього слід підлаштувати регулювальну характеристику терморегулятора до характеристики опалювального приладу – забезпечити 10-відсоткове збільшення відносної витрати теплоносія  $G/G_N$  (де індексом N позначена розрахункова величина при проєктуванні системи) на терморегуляторі при підйомі його штоку  $h/h_{100}$  на 50 % (де  $h_{100}$  – максимальна висота підйому). В результаті досягають збільшення теплового потоку  $Q/Q_N$  на 50 % (індексом N позначена номінальна величина теплового потоку опалювального приладу при розрахунку системи), яке відповідає лінійному регулюванню.

На перший погляд нічого складного у такому поєднанні характеристик опалювального приладу і терморегулятора немає. Але це не так, оскільки розглядається статичний стан системи. Ці характеристики видозмінюють свою кривизну

## ❓ Бліц-відповіді

**Чи мають однотрубні системи опалення з терморегуляторами постійний гідравлічний режим?**  
 Ні.

**Чи забезпечують триходові клапани у вузлах обв'язки калориферів, чиллерів та в теплових пунктах постійний гідравлічний режим?**

При невірному застосуванні, ні.

**Як змінюється гідравлічний опір двотрубною системою опалення при застосуванні автоматичних регуляторів перепаду тиску?**

У горизонтальних системах при розташуванні цих регуляторів на приладових вітках опір системи зменшується: у висотних будівлях у декілька раз.

**Чи може сусід отримати матеріальну компенсацію від нерадивого сусіда, котрий несанкціоновано втрутився в систему опалення?**

Є всі законні підстави.

**Чи існує методика техніко-економічного обґрунтування проєктних рішень та порівняння різних систем опалення при будь-якому їх технічному оснащенні?**  
 Так.

**Чи виготовляють в Україні терморегулятори?**

Так, з 1998 р. на виробничих лініях «Данфосс ТОВ» у Києві. Більша частина терморегуляторів експортується в європейські країни.

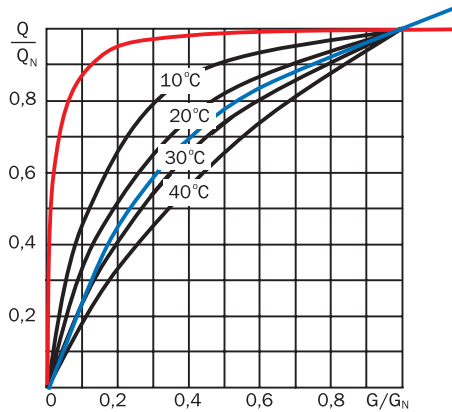
**Чи пристосовані терморегулятори Danfoss до забрудненого теплоносія?**

Так.

**Грунтовну відповідь на ці та багато інших питань Ви отримаєте у випусках «Данфосс INFO».**

Свої питання надсилайте за адресою: 04080 м. Київ, вул. Вікентія Хвойко, 11 «Данфосс ТОВ» з відміткою «Данфосс INFO», або до електронної скриньки: [ua\\_info@danfoss.com](mailto:ua_info@danfoss.com)

не тільки при проєктуванні, а й при роботі системи. Ось тут і виникають розбіжності між однотрубними та двотрубними системами у спроможності забезпечення або, принаймні



**Рис. 2.** Характеристика опалювального приладу залежно від перепаду температур теплоносія:

- червона крива – в однотрубних системах;
- синя – у двотрубних системах

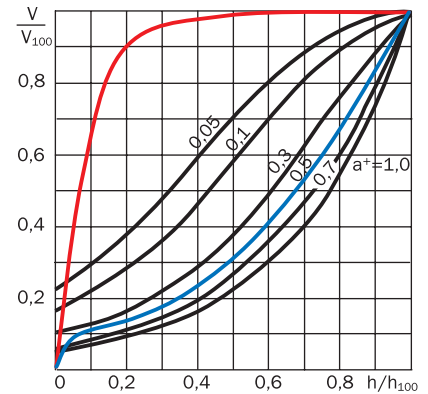
наближенні до ідеального регулювання. Проаналізуємо детальніше ці характеристики.

Характеристика опалювального приладу залежно від зміни температури теплоносія в ньому показана на рис. 2. Кривизна характеристики зростає з підвищенням перепаду температур. Нескладно підрахувати, що, наприклад, у десятиповерховій будівлі з однотрубною системою опалення та розрахунковим перепадом температур в 25 °С перепад температур в опалювальному приладі складатиме  $25/10 = 2,5$  °С. Крім того, в процесі якісного центрального регулювання системи змінюється перепад температури теплоносія з 25 до приблизно 10 °С, то й перепад температури в опалювальному приладі може зменшуватись до  $15/10 = 1,5$  °С. Характеристика опалювального приладу при цьому стане майже прямокутною (червона крива на рис. 2). Безумовно, що лінійного регулювання опалювальним приладом однотрубної системи годі й очікувати, оскільки при незначному відкриванні терморегулятора максимально зростає тепловіддача опалювального приладу. Решта ходу штока терморегулятора буде незадіяною. Отож терморегулятор працюватиме у двопозиційному режимі – «відкрито» або «закрито». При цьому відбуватиметься стрибкоподібне регулювання теплового комфорту у приміщенні, збільшиться вірогідність утворення шуму та зменшиться енергоефективність системи.

Окрім того, слід звернути увагу на розбіжність напрямків червоної та синьої кривих за межами графіка (рис. 2). У однотрубних системах відкривання терморегулятора відносно розрахункового положення (при розрахунках систем шток терморегулятора знаходиться у проміжному положенні між позиціями «відкрито» та «закрито») не призведе до збільшення теплової потужності опалювального приладу, оскільки відносне збільшення його теплового потоку  $Q/Q_N$  за рахунок контрольованого терморегулятором збільшення витрати залишається майже незмінним. Це означає, що не надається можливість підвищення температури приміщення принаймні на декілька градусів для літніх людей, дітей, хворих та й тих, хто полюбляє теплі, а не прохолодні приміщення. Таке можливо досягнути лише у двотрубних системах, де із збільшенням витрати відносно розрахункового значення збільшується тепловий потік опалювального приладу.

У значно кращих умовах здійснюється зміна теплового потоку опалювального приладу двотрубної системи. Оскільки він згідно з проектом та умовами експлуатації має більші перепади температур теплоносія, які приблизно дорівнюють перепаду температур у системі. Наприклад, ті ж 25...15 °С (синя крива на рис. 2). Отримувана плавність кривизни характеристик опалювального приладу дає змогу кількісно регулювати витрату теплоносія ходом штока терморегулятора, керуючи тепловим потоком опалювального приладу й забезпечуючи споживання теплової енергії відповідно до потреб.

Найліпшими умовами (з точки зору регулювання, але не санітарно-гігієнічних) було б збільшення перепаду температури в опалювальному приладі. Дійти певного компромісу між цими поглядами вдається лише у двотрубних системах із перепадами температур теплоносія приблизно в 15...25 °С, оскільки ці перепади є більшими, ніж в однотрубних, і не залежать від кількості опалювальних приладів у стояку або приладовій вітці.



**Рис. 3.** Логарифмічна витратна характеристика терморегулятора:

- синя крива – в системі опалення багатоповислової будівлі з автоматичними регуляторами перепаду тиску на приладових вітках;
- червона крива – в системі з ручними балансувальними клапанами

Наступним фактором порівняння систем є регульовальна характеристика терморегулятора, яка показана на рис. 3. Вона залежить від авторитету  $a^+$ . Тобто частки втрат тиску на терморегуляторі від наявного тиску в системі або підсистемі з автоматичним регулятором перепаду тиску. Ідеальній характеристиці, показаній на рис. 16, відповідає витратна характеристика терморегулятора при  $a^+ = 1$  на рис. 3, тобто втраті на ньому всього наявного тиску. Звичайно, такий випадок скоріш є винятком, ніж правилом. Тому з урахуванням втрат тиску в інших елементах системи діапазон зміни авторитету терморегулятора знаходиться приблизно в межах від 0,5 до 1,0. Характеристики терморегуляторів при таких значеннях (синя крива на рис. 3) є дзеркальним відображенням характеристик опалювального приладу при 15...25 °С (синя крива на рис. 2). Поєднання цих характеристик відтворює ідеальну характеристику регулювання опалювального приладу (рис. 16). Але все це властиве двотрубній системі з автоматичними регуляторами перепаду тиску на приладових вітках (горизонтальні системи) або на стояках (вертикальні системи). При застосуванні ручних балансувальних клапанів зменшується авторитет терморегулятора (червона крива на рис. 3), оскільки ручні клапани забирають частину

наявного тиску на себе й віддаляють регулювання від ідеального. Дещо інакше відбувається регулювання в однотрубній системі: для забезпечення роботи терморегулятора у ефективному діапазоні його авторитету слід урахувати вплив замикаючої ділянки вузла обв'язки опалювального приладу.

Замикаюча ділянка однотрубною системи є паралельним циркуляційним контуром до регульованого терморегулятором контуру. Розглядаючи контури разом, визначаємо, що замикаюча ділянка являє собою нерегульований терморегулятором постійно відкритий отвір. У такому випадку, щоб робота терморегулятора відбувалась у межах авторитету від 0,5 до 1,0 при коефіцієнті затікання (наприклад, 0,33), слід забезпечити авторитет вузла обв'язки опалювального приладу у межах від 0,12 до 0,38. Це означає, що в однотрубному вузлі (наприклад, поверхостояку) слід утратити, відповідно, від 12 % до 38 % наявного тиску системи. Звичайно, при цьому виникають проектні обмеження у кількості застосовуваних вузлів стояка або приладової вітки. Наявної кількості вузлів достатньо лише для однотрубних стояків малоповерхових (приблизно до п'яти поверхів) будівель та однотрубних приладових віток односімейних будинків або квартир.

Слід також звернути увагу на те, що замикаючі ділянки визначають не тільки гідравлічний режим системи, а й температурний режим теплоносія у зворотному трубопроводі. Вони перепускають теплоносій з подавального у зворотний трубопровід при закритих терморегуляторах. Це негативно впливає на роботу обладнання, оскільки є недопустимим для конденсаційних котлів, розширювальних баків, тепломережі... До того ж збільшуються тепловтрати у зворотних трубопроводах.

Двотрубним системам такі обмеження та проблеми неприйнятні. Кількість вузлів обв'язки опалювальних приладів є необмеженою. А при закриванні терморегуляторів температура теплоносія у зворотному трубопроводі знижується, покращуючи процес теплообміну в котлах

та зменшуючи тепловтрати у трубопроводах.

Крім регульовальних розбіжностей однотрубних та двотрубних систем, є й конструктивні відмінності. Розглядаючи вертикальні й горизонтальні системи, слід зазначити, що в системах із двотрубними приладовими вітками доволі просто забезпечити поквартирний облік теплоспоживання. З'являється можливість відключення споживачів за несплату комунальних послуг або в разі невикористання квартир. Особливо це стосується нових будинків, де порожні квартири роками очікують господарів і комунальні послуги тяжіють над продавцем. Відпадає також залежність від сусідів, котрі порушують гідравлічний і тепловий режими системи, несанкціоновано втручаючись у неї. Також зменшується взаємовплив між опалювальними приладами однієї квартири, що є характерним для однотрубних систем.

Несанкціоноване втручання мешканців у системи опалення є ознакою сьогодення. Переважно замінюють опалювальні прилади, рідше – запірно-регульовальну арматуру і трубопроводи. Однотрубні системи є більш вразливими до таких дій, оскільки мають менший гідравлічний опір та повний взаємовплив опалювальних приладів у стояку або приладовій вітці. Внаслідок такого втручання розрегулюється, як мінімум, весь стояк або приладова вітка. Змінюється коефіцієнт затікання в опалювальний прилад та зовнішній авторитет терморегулятора, тобто погіршується керованість опалювальним приладом. Новий опалювальний прилад, маючи інший гідравлічний опір та ще й іншу поверхню теплообміну, змінює температуру теплоносія на виході, а отже, і на вході іншого приладу, що ланцюгово передається до інших приладів стояка або приладової вітки. Звичайно, двотрубні системи є менш вразливими до таких змін, оскільки температура теплоносія на вході всіх опалювальних приладів однакова, а через опалювальні прилади проходять окремі циркуляційні контури.

Санкціоноване втручання мешканця в систему опалення обмежене

лише маніпулюванням температурною настройкою терморегулятора. Але й тут в однотрубних системах не все гаразд. При відключенні деяких опалювальних приладів з метою енергозбереження у решті збільшується температура теплоносія на вході. Починають перегріватись приміщення доти, поки не запрацює терморегулятор. Отже, зменшується енергоефективність порівняно з двотрубними системами.

Економічним аспектом порівняння систем є капітальні та експлуатаційні затрати. Співставлення вертикальних систем, проведені в Німеччині та Росії не виявили значних переваг за капітальними затратами одних над іншими. Більш вагому економічну відмінність між порівнюваними системами мають експлуатаційні затрати. Двотрубні системи споживають на 10...15 % менше теплової енергії від однотрубних, що дає значний економічний зиск протягом терміну експлуатації будівлі.

Таким чином, однотрубні системи не здатні задовольнити вимоги сьогодення – створення теплового комфорту при мінімальному енергоспоживанні, оскільки є обмеженими у теплогідравлічній керованості опалювальних приладів та невідповідними до умов експлуатації сучасного обладнання. Саме тому світова практика опалення будівель надала перевагу двотрубним системам.

Однотрубні системи також мають право на існування, але сьогодні область застосування для них значно обмежується, наприклад, – системи опалення гаражів; системи опалення адміністративних будівель для нагрівання приміщень до 14 °C при їх догріванні до 20 °C кондиціонерами-доводчиками з терморегуляторами та ін.

Україна широко застосовує світовий досвід у створенні енергоефективних будівель, в основу яких покладено сучасне автоматичне обладнання. В той же час серед фахівців йде визначення ефективної сфери застосування однотрубних систем. Запрошуємо до відкритої дискусії з цього питання у нашій газеті.

*В. В. Пирков*