

ЗМЕНШЕННЯ ВТРАТ ТЕПЛОТИ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТРУБОПРОВОДАХ ЗА РАХУНОК УТЕПЛЕННЯ ЗАПІРНОЇ АРМАТУРИ

¹Національний університет «Львівська політехніка», Україна,

²Компанія K-FLEX, Україна

В даній статті описано заходи для зменшення втрат теплової енергії у технологічних трубопроводах котельні за рахунок утеплення запірної арматури. Теоретично визначено необхідну товщину теплоізоляційного шару матеріалу K-FLEX для утеплення засувки. Проведено експериментальні дослідження для визначення ефективності теплоізоляційного шару K-FLEX та визначено, що, при його використанні, температура на поверхні ізолюваної засувки зменшилась у 2,5 рази.

Постановка проблеми. Транспортування теплоти від джерела теплоти до споживачів супроводжується втратами теплової енергії. За різними даними величина тепловтрат при транспортуванні в існуючих теплових мережах оцінюється у 10-30% від теплової енергії, що відпускається джерелом теплоти. [1, 2] Теплові втрати включаються у тарифи на теплову енергію та є одним з показників енергетичної ефективності експлуатації теплових мереж, тому зменшення величини цих втрат є важливою задачею.

На існуючих трубопроводах теплових мереж теплоізоляція знаходиться у задовільному стані, а теплова ізоляція запірної арматури теплофікаційних камер, теплових пунктів, опалювальних котелень переважно відсутня. Такі умови експлуатації теплових мереж призводять до додаткових тепловтрат через запірну арматуру та елементи їх з'єднання. Так, втрати теплоти з 1 м неутепленої поверхні в умовах характерних для теплових камер у холодний період року складають понад 0,001 Гкал/год [3]. Якщо врахувати, що опалювальний період у Львові становить 4584 год, то втрати теплової енергії за вказаний період є значними, а паливні ресурси витрачаються з перевитратою.

Відсутність теплоізоляції на запірній арматурі трубопроводів в приміщеннях котельні призводить до істотних теплових втрат, збільшення температури повітря робочої зони котельного залу, а також до збільшення ризику отримання опіків у обслуговуючого персоналу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для зменшення споживання палива при виробленні теплової енергії у котельнях та зменшення втрат теплової енергії у приміщенні котельного залу відповідно до ДБН В.2.5-77:2014 всі розташовані у приміщенні котельні трубопроводи та обладнання, які транспортують теплоносій з температурою вище за 45°C, а також їх фланцеві з'єднання та арматура повинні мати теплову ізоляцію [4]. Оскільки такі

елементи теплової мережі як фланцеві з'єднання, засувки, затвори, регулюючі клапани, вентилі, фільтри, компенсатори, вимірювальні прилади потребують оперативного доступу для проведення ремонтних та профілактичних робіт, тому їх теплоізоляції повинна швидко демонтуватися та мати можливість повторного нанесення.

Відповідно до СНиП 2.04.14 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов» (п. 2.9.) для ізоляції люків, фланцевих з'єднань, арматури, сальникових та сильфонних компенсаторів трубопроводів, а також у місцях вимірювання та перевірки стану ізолювальних поверхонь необхідно застосовувати знімні теплоізоляційні конструкції [5].

На даний час промисловість випускає знімні теплоізоляційні вироби: термочохли та термобокси (термобоксы). Вони дозволяють зменшити втрати теплоти від трубопроводних фітінгів та дають можливість періодичного огляду та (або) технічного обслуговування. На рис. 1 зображені варіанти утеплення засувок.

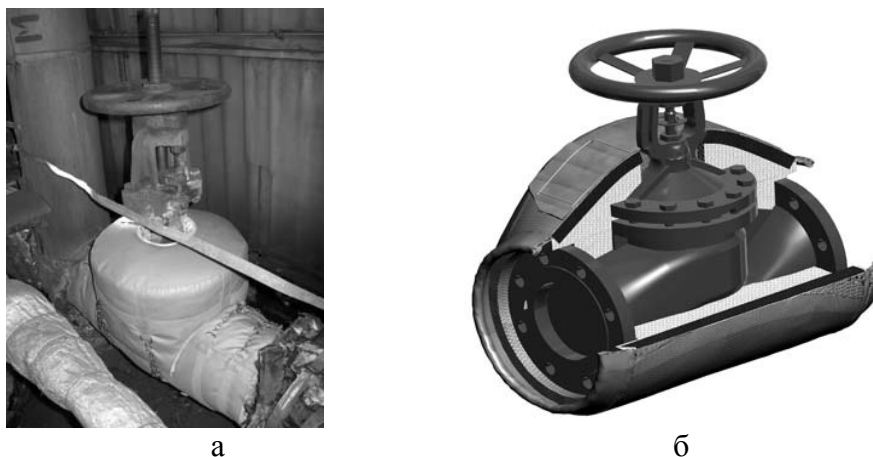


Рис. 1. Схема сполучення в'язей:
а – термочохол; б – термобокс

Термочохли – гнучкі знімно-роз'ємні теплоізоляційні конструкції багаторазового використання. Форма і габарити термочохлів підбираються і зшиваються таким чином, щоб термочохол ідеально підходив до форми ізолюваного об'єкта. Кріпиться термочохол на арматурі за допомогою різних видів ременів, шнурів залежно від форми елемента теплової мережі. Термочохол складається з двох частин: внутрішня частина – гнучкий теплоізоляційний матеріал, зовнішня частина – покривний шар з міцної технічної тканини. Термочохли дозволяють легко і оперативно отримати доступ до поверхні різного устаткування, що вимагає тепло- і звукоізоляції. В Україні термочохли випускаються під торговою маркою «ТЕРМОПАК» [6]. Вибір теплоізоляційних матеріалів і покривного шару залежить від технічних вимог до конкретної теплоізоляційної системи. Такі вимоги відображаються у технічних характеристиках чохла:

- густина 20-200 кг/м³;
- робоча температура від -260°C до +1400 °C;

- коефіцієнт теплопровідності 0,0202-0,034 Вт/(м²·К);
- теплоізоляційні матеріали: базальтові мати, склополотно, крігель, піrogель, вспінений каучук.

У якості багаторазової теплоізоляції запірної арматури теплової мережі, використовують також термобокси різних геометричних форм (рис. 2) [7].



Рис. 2. Варіанти конструкцій термобоксів [7]
а – F-бокс, б – V-бокс, в – T-бокс

Засувки ізолюються знімними коробами з перетином у вигляді усіченого еліпса (V-бокс) або T-подібними коробами (T-бокс). Вибір варіанту термобоксу визначається залежно від геометричних розмірів засувки (рис. 3):

- якщо $h < \frac{d_{\phi}}{2 + \delta + 100}$, то виконується F-бокс,
- якщо $h \geq \frac{d_{\phi}}{2 + \delta + 100}$, то виконується T-бокс,

де h – висота розташування сальника, вимірюється від поздовжньої осі засувки до нижньої частини болтів сальникового ущільнення, d_{ϕ} – зовнішній діаметр трубопроводу, d_{ϕ} – діаметр фланця, δ – товщина ізоляції.

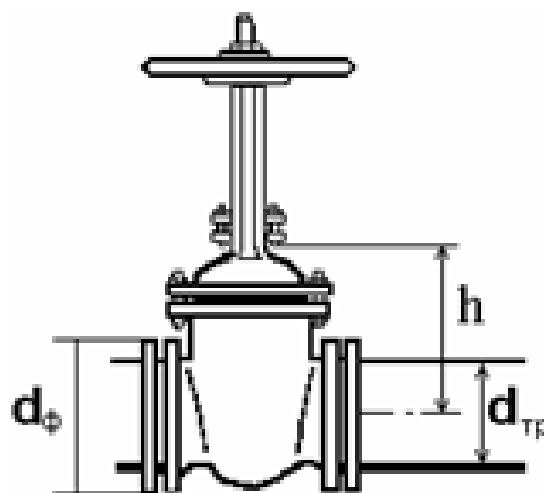


Рис. 3. Визначення геометричних розмірів засувки при виготовленні термобоксу

Ще одним з варіантів зменшення втрат теплоти від регулювальної та запірної арматури теплових мереж є покриття їх теплоізоляційної фарбою. В

основі теплоізоляційної фарби є водно-акрилова суміш, яка забезпечує рівномірний розподіл теплоізоляційних компонентів на поверхні і сприяє закріпленню теплоізоляції. В якості теплоізоляційної складової у таке покриття вводяться добавки у вигляді скловолокна, перліту, піноскла або керамічних мікросфер, заповнених повітрям. Теплоізоляційні властивості залежать від товщини нанесення шару теплоізоляційної фарби. Коефіцієнт теплопровідності, заявлений виробниками, 0,001-0,003 Вт/(м·К), робоча температура використання фарби від -60°C до +260 °С, а термін експлуатації 12-40 років. В Україні теплоізоляційні фарби виготовляють під торговими марками «Тезолат», «Керамоізол», тощо.

Проте, як свідчать експериментальні дослідження теплоізоляційних фарб, заявлений виробниками коефіцієнт теплопровідності є значно занижений. Так у [8] зазначено, що коефіцієнт теплопровідності рідкої керамічної теплоізоляції становить $\lambda = 0,089$ Вт/(м·К), а у [9] коефіцієнт теплопровідності покриття $\lambda = 0,12$ Вт/(м·К). При використанні теплоізоляційної фарби такі значення коефіцієнта теплопровідності дозволяють зменшити температуру на поверхні трубопроводів та засувок теплових мереж лише на 1-3°C.

Мета роботи: зменшення втрат теплової енергії у приміщенні котельні шляхом застосування теплоізоляційного покриття на запірну арматуру трубопроводів теплової мережі.

Основна частина. Більшість діючих котелень в Україні були побудовані понад 30 років назад. Теплова ізоляція теплопроводів та запірної арматури в обв'язці котлоагрегатів подекуди зруйнувалась, подекуди втратила свої початкові теплоізолюючі властивості, а є ділянки, на яких теплоізоляція відсутня (рис. 4а).

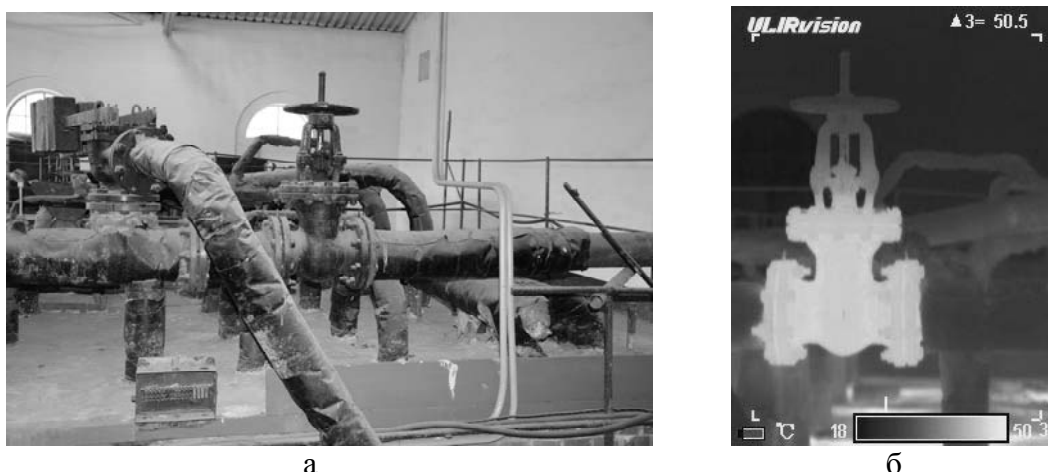


Рис. 4. Технологічні теплопроводи та запірна арматура існуючої котельні
а – зовнішній вигляд, б – зображення з тепловізора засувки без теплової ізоляції

Такий стан теплової ізоляції призводить до втрат теплоти магістральними теплопроводами вже починаючи з приміщення котельні. Для підтвердження цієї думки було виконано дослідження тепловізором ділянок теплопроводу із запірною арматурою, температура теплоносія при цьому становить 52°C. Зображення з тепловізора (рис. 4б) ділянки теплопроводу із засувкою дозволяє

візуально переконатись у високій температурі на її поверхні та зробити висновок про значні втрати теплової енергії. Трубопроводи навколо засувки утеплені мінеральною ватою, в якості матеріалу для покриття використано шар руберойду.

Як видно, з рис. 4б, температура поверхні засувки майже дорівнює температурі теплоносія, а її значення перевищує значення температури нагрітих поверхонь в обслуговуваній зоні приміщень, що становить 35°C. Температура поверхні теплопроводів, які утеплені, знаходиться у допустимих межах за значенням температури на поверхні нагрітого обладнання.

В якості теплоізоляційного матеріалу для утеплення засувки було обрано теплову ізоляцію зі спіненого каучуку «K-FLEX» [10]. За даними фірми-виробника, матеріали K-FLEX мають низьке значення коефіцієнта теплопровідності 0,034-0,042 Вт/(м·К), діапазон температур, при яких експлуатується матеріал від -200°C до +150°C. Товщина теплової ізоляції становить 3 – 50 мм. Ці матеріали в межах терміну служби конструкції не звожуються і не накопичують вологу, тому їх теплозахисні властивості практично не змінюються. Досить висока технологічність монтажу цього типу теплової ізоляції забезпечується завдяки високій гнучкості і широкому асортименту готових форм у вигляді трубок, поворотів, трійників. Це дозволяє з мінімальними труднощами встановлювати вироби у важкодоступних місцях і на поверхнях складної форми.

Товщину утеплювального шару ізоляції «K-FLEX» для засувки приймають такою ж як і для прямої ділянки теплопроводу за даних умов експлуатації. Товщина теплоізоляційного шару трубопроводів, якими транспортується теплоносій з додатними температурами, визначалася за нормованою густиною теплового потоку через ізольовану поверхню.

Так, для циліндричних об'єктів діаметром менше 2 м товщина теплоізоляційного шару визначається за формулою:

$$\delta_{iz} = \frac{d_3}{2}(B-1) \quad (1)$$

$$\ln B = 2\pi\lambda_{iz} \left(r_{tot} - r_m - \frac{1}{\alpha_3\pi(d_3 + 0,1)} \right) \quad (2)$$

де $B = \frac{d_{iz}}{d_3}$ – відношення зовнішнього діаметра ізоляційного шару до зовнішнього діаметру трубопроводу; r_{tot} – опір теплопередачі на 1 м довжини теплоізоляційної конструкції циліндричних об'єктів діаметром менше 2 м, (м·К)/Вт; r_m – термічний опір стінки трубопроводу, для металевих трубопроводів цим значенням можна знехтувати; d_3 – зовнішній діаметр трубопроводу, м; λ_{iz} – теплопровідність ізоляційного матеріалу, Вт/(м·К); α_3 – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішнього повітря до поверхні теплопроводу, Вт/(м²·К).

Опір теплопередачі на 1 м довжини теплоізоляційної конструкції може бути визначений за відомим значенням нормованої лінійної густини теплового потоку:

$$r_{tot} = \frac{t_2 - t_{нов}}{q_e K_1}, \quad (3)$$

де t_2 – температура гарячої води, що транспортується у теплопроводі, °С; $t_{нов}$ – температура внутрішнього повітря у приміщенні котельні, °С; q_e – нормована лінійна густина теплового потоку з 1 м довжини циліндричної теплоізоляційної конструкції, Вт/м; K_1 – коефіцієнт, який враховує зміну вартості теплоти та теплоізоляційної конструкції залежно від району будівництва та способу прокладання трубопроводів, для України незалежно від типу прокладання теплопроводів приймається $K_1 = 1$.

Для умов експлуатації теплопроводів у приміщенні котельні, а саме зовнішнього діаметру теплопроводу $d_3 = 160 \text{ мм}$, розрахунковій температурі гарячої води $t_2 = 65^\circ \text{ С}$, температури внутрішнього повітря у приміщенні $t_{нов} = 20^\circ \text{ С}$, товщина теплоізоляції K-FLEX відповідно до залежності (1) повинна дорівнювати 0,0186 м. Для виготовлення чохла на засувку було використано теплоізоляційний лист K-FLEX ST з товщиною 25 мм. Виготовлення теплоізоляційного чохла здійснювалося за почерговою інструкцією вироблення чохла від фірми K-FLEX (рис. 5) [11].

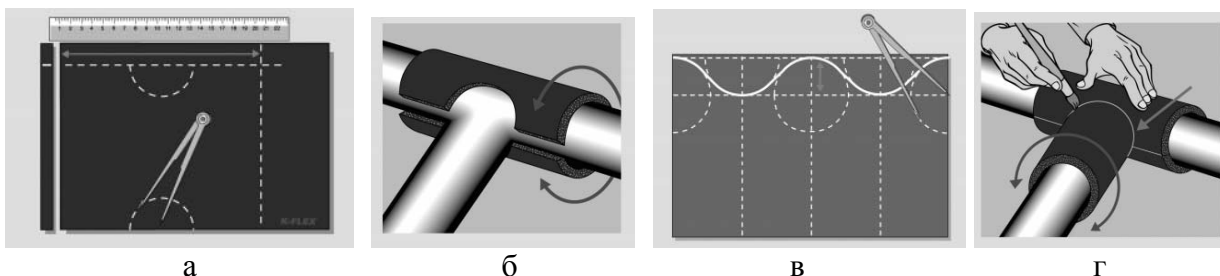


Рис. 5. Виготовлення викрійки теплоізоляційного чохла на засувку [11]
 а – розкрій частини чохла на горизонтальну частину засувки,
 б – монтування горизонтальної частини чохла на засувку,
 в – розкрій частини чохла на вертикальну частину засувки,
 г – монтування вертикальної частини чохла на засувку.

Після нанесення теплової ізоляції теплонадходження від засувки в оточуюче середовище зменшилися, що візуально видно на зображенні з тепловізора (рис. 6). При температурі на поверхні неутепленого теплопроводу $74,2^\circ \text{ С}$, температура на поверхні утепленої засувки матеріалом K-FLEX становила $28,7^\circ \text{ С}$, що відповідає вимогам до температури на поверхні ізоляції нагрітого технологічного обладнання в обслуговуваній зоні, а саме 35° С . Температура на поверхні теплопроводів та ізоляції вимірювалася за допомогою пірометра.

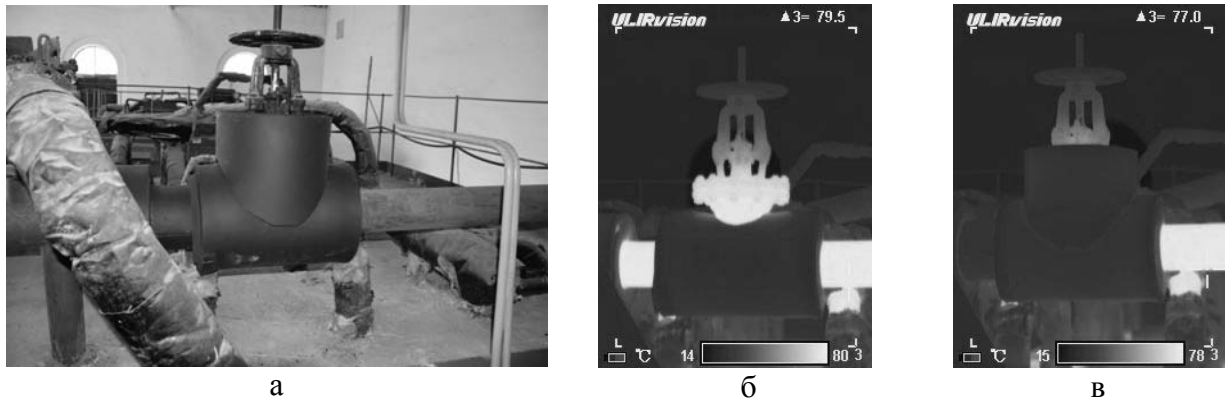


Рис. 6. Утеплення засувки матеріалом К-FLEX
 а – зовнішній вигляд теплоізоляційного чохла, б,в – зображення з тепловізора

Висновки та перспективи подальших досліджень. В результаті нанесення теплової ізоляції К-FLEX товщиною 25 мм вдалося зменшити температуру на поверхні засувки з $74,2^{\circ}\text{C}$ до $28,7^{\circ}\text{C}$. Таке значення температури відповідає нормативним вимогам до степені нагрітості поверхонь ізоляції у обслуговуваній зоні приміщень, а саме 35°C .

Література

1. Кузник И. В. «Тупиковость» теплоснабжения России / И. В. Кузник // Энергосбережение. – 2007. – №5. – С. 43–47.
2. Ливчак В. И. Предложения по изменению системы расчетов за тепловую энергию. / В. И. Ливчак // АВОК. – 1998 – №1. – С. 64–68.
3. Герлинский Н. Б. Технология повышения надежности и снижения энергетических потерь в тепловых камерах / Н. Б. Герлинский, П. А. Анахов / Электронный журнал «Энергосовет». – 2011. – №3 (16). – С.37-40.
4. ДБН В.2.5-77:2014. Котельні. – Київ : Мінрегіон України. – 2014. – 61 с.
5. СНиП 2.04.14-88. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. – М. : Госстрой СССР. – 1988. – 28 с.
6. Съемные термочехлы ТЕРМОПАК [Электронный ресурс] / Центр енергозберігаючих технологій (сайт). – Режим доступу <http://est.net.ua/production/> – Назва з екрану.
7. Боксы для тепловой изоляции [Электронный ресурс] / Теплов и Сухов (сайт). – Режим доступу – <http://teplov.ru/manufacture/production/boxes/> – Назва з екрану.
8. Теплотехнические характеристики жидкого керамического теплоизоляционного материала на основе алюмосиликатных и натриево-боросиликатных микросфер / Л. И. Чумадова, М. Ю. Скорилов, Т. Г. Степанян, М. В. Морозов, Д. М. Вестников // Электронный научно-практический журнал «Современные научные исследования и инновации». – Режим доступу – <http://web.snauka.ru/issues/2016/01/62263> – Назва з екрану.

9. Методика определения теплофизических свойств теплоизоляционных покрытий / *М. В. Губинский, Г. М. Затопляев, Ю. Н. Радченко, А. М. Вохмяков* // Творческое наследие В. Е. Грум-Гржимайло: прошлое, современное состояние, будущее : сборник докладов международной научно-практической конференции (27–29 марта 2014 г., г. Екатеринбург). – Екатеринбург : УрФУ, 2014. – Ч. 1. – С. 189–193.
10. К-FLEX. Эффективная энергия. – 2014. – 48 с.
11. L'ISOLANTE K-FLEX. – Режим доступа – <http://www.k-flex.ua/upload/pdf/Bolee125.pdf> – Назва з екрану.

УМЕНЬШЕНИЯ ПОТЕРЬ ТЕПЛОТЫ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДАХ ЗА СЧЕТ УТЕПЛЕНИЯ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ

*Савченко Е. А., Желих В. М., Постоленко А. М.,
Конюховський І. В., Нестерович Г. А.*

В данной статье описаны меры для уменьшения потерь тепловой энергии в технологических трубопроводах котельной за счет утепления запорной арматуры. Теоретически определена необходимую толщину теплоизоляционного слоя материала К-FLEX для утепления задвижки. Проведены экспериментальные исследования для определения эффективности теплоизоляционного слоя К-FLEX и определено, что при его использовании, температура на поверхности изолированной задвижки уменьшилась в 2,5 раза.

REDUCTION OF LOSS OF HEAT IN THE TECHNOLOGICAL PIPELINES BY APPLYING HEAT INSULATION ON STOP VALVES

*Olena O. Savchenko, Vasyl M. Zhelykh, Andriy M. Postolenko,
Ivan V. Konyuhovs'kyu, Galyna A. Nesterovych*

Measures to reduce heat losses in technology pipelines of boiler house by applying heat insulation on stop valves are described in this article. The necessary thickness of the insulation material layer K-FLEX for stop valves insulation was theoretically defined. Experimental studies for determine the effectiveness of insulation layer K-FLEX were conducted. Use insulation K-FLEX allows reduce the surface temperature of stop valves 2.5 times.