

В. М. Желих, О. О. Савченко, Ю. С. Юркевич, Ю. В. Фурдас  
Національний університет "Львівська політехніка",  
кафедра теплогазопостачання та вентиляції

## АНАЛІЗ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТЕПЛОВОЇ ІЗОЛЯЦІЇ В ОПАЛЮВАЛЬНІЙ КОТЕЛЬНІ

© Желих В. М., Савченко О.О., Юркевич Ю. С., Фурдас Ю. В., 2016

У багатьох містах теплопостачання житлових масивів є централізованим та здійснюється від джерел теплоти, обладнаних водогрійними котлами. Опалювальні котельні, як правило, розташовані на значній відстані від житлових масивів, а теплові мережі, відповідно, мають значну довжину. Транспортування теплоносія від джерела теплоти до споживачів супроводжується втратами теплової енергії, яка, за різними даними, становить у 10–30 % теплової енергії, що відпускається джерелом теплоти.

Для зменшення втрат теплоти під час транспортування теплоносія всі трубопроводи, запірно-регулювальну арматуру та інше обладнання теплових мереж та котельнь необхідно утеплювати. Існує велика кількість теплоізоляційних покриттів трубопроводів, які відрізняються температурним режимом застосування, матеріалом, способом монтажу, місцем застосування, ціною.

Здійснено техніко-економічне порівняння теплоізоляційних матеріалів: мінеральної вати, спіненого каучуку, спіненого поліетилену та теплоізоляційної фарби. У технічному розрахунку було визначено необхідну товщину теплоізоляційного матеріалу за значенням нормативної лінійної густини теплового потоку. Економічний розрахунок полягав у встановленні приведених затрат на реалізацію вказаних варіантів теплової ізоляції, за значенням яких було визначено економічнодоцільний варіант теплової ізоляції для встановлення на технологічному трубопроводі котельні.

**Ключові слова:** система теплопостачання, котельня, тепла ізоляція, густина теплового потоку, тепловтрати.

The heating supply of residential areas in many cities of Ukraine is central. The heat sources of central heating are heating boiler houses with hot water boilers. Heating boiler houses, usually located far from residential areas and heating networks, respectively, have a considerable length. Transportation heat carrier from the heat source to consumers accompanied by loss of heat. It is, according to various sources, is estimated at 10-30 % of the heat energy that released heat source.

To reduce heat losses during transportation all heat carrier piping, valves and control valves and other equipment of heating network and boiler houses to insulate necessary. Currently, there are many insulating coatings of pipelines. They are differ by temperature regime of use, material, method of installation, place of use, price.

The technical and economic comparison of insulation materials (mineral wool, foamed caoutchouc, polyethylene foam and heat insulating paint) was carried out in the article. The desired thickness insulation material on the value of standardized linear density of heat flow was calculated in technical calculation. Economic calculation consisted in determining the resulted expenses of installation for specified options thermal insulation. Cost-efficient option of thermal insulation for installation on the technological pipelines of boiler house determined by the value of reduced costs of implementing these options. The optimum thermal insulation material for the design of heat supply systems was determined with the value of resulted expenses.

**Key words:** heating supply system, boiler house, thermal insulation, linear density of heat flow, heat loss.

**Вступ.** Системи теплопостачання житлових будинків великих міст України є централізованими, теплоносії готуються в опалювальних котельнях та тепловими мережами транспортується до споживачів. Опалювальні котельні, як правило, розташовані на значній відстані від споживачів, що сприяє зменшенню температурного потенціалу теплоносія по довжині теплових мереж. Втрати теплоти під час транспортування в теплових мережах можуть становити до 30 % теплової енергії, що відпускається джерелом теплопостачання [1].

Відповідно до будівельних норм України [2], для зменшення втрат теплоти під час транспортування теплоносія до споживачів трубопроводи та обладнання теплових мереж необхідно теплоізулювати незалежно від способу прокладання. Крім того, для зменшення споживання палива при виробленні теплової енергії у котельнях та зменшення втрат теплової енергії у приміщенні котельного залу всі розташовані у приміщенні котельні трубопроводи та обладнання, які транспортують теплоносії з температурою понад 45°C, а також їх фланцеві з'єднання та арматура повинні мати теплову ізоляцію [3]. На ринку України є велика кількість теплоізоляційних матеріалів, які можна використати при будівництві систем теплопостачання. Вибирають теплоізоляційний матеріал відповідно до техніко-економічного розрахунку товщини теплової ізоляції.

**Мета роботи:** здійснити техніко-економічне порівняння використання теплової ізоляції під час реконструкції опалювальної котельні.

**Аналіз останніх досліджень.** Теплоізоляційні матеріали призначені для зменшення втрат тепла трубопроводами та обладнанням теплових мереж, підтримання заданої температури теплоносія та температури на поверхні трубопроводів та обладнання. Існує велика кількість теплоізоляційних матеріалів, які доступні для використання під час будівництва систем теплопостачання. Їх назви та виробники постійно змінюються, існуючі виробниці видозмінюються, розвиваються технології виготовлення нових матеріалів. У конструкціях теплоізоляції обладнання та трубопроводів систем теплопостачання з температурою теплоносія до 300 °C для всіх способів прокладання, крім безканального, застосовують теплоізоляційні матеріали з густиною, не більшою за 200 кг/м<sup>3</sup> та коефіцієнтом теплопровідності у сухому стані, не більшим за 0,06 Вт/(м·К). Під час безканального прокладання використовують матеріали з густиною, не більшою за 200 кг/м<sup>3</sup> та коефіцієнтом теплопровідності, не більшим за 0,07 Вт/(м·К).

Найчастіше для теплоізоляції систем теплопостачання використовують мінеральну вату, скловату, пінополіуретан, спінений каучук, пінопластову ізоляцію, причому теплоізоляційні матеріали можуть бути як у вигляді рулонів різної товщини та довжини, так і у вигляді теплоізоляційних оболонки – шаралуп для різних зовнішніх діаметрів трубопроводів, різної товщини та з можливим металізованим покриттям. Крім того, існують знімні теплоізоляційні виробниці: термочохли та термобокси, які встановлюють на трубопровідні фітинги для зменшення втрат тепла та дають змогу проводити періодичний огляд та (або) технічне обслуговування.

Сьогодні в літературі існують методики техніко-економічного порівняння теплоізоляційних матеріалів [4–6], які ґрунтуються на визначенні необхідної товщини теплоізоляційного шару, величини втрат тепла за такої товщини теплоізоляції та приведених затрат запропонованих варіантів.

**Результати досліджень.** Як теплоізоляційні матеріали було обрано такі:

– мати з мінеральної (кам'яної) вати з одностороннім покриттям з алюмінієвої фольги фірми Rockwool типу ALU LAMELLA MAT з номінальною густиною 37 кг/м<sup>3</sup>, коефіцієнтом теплопровідності в межах температур експлуатації трубопроводів 0,050–0,065 Вт/(м·К), водопоглинанням при короткочасному та частковому поглинанні < 1,0 кг/м<sup>2</sup>. Строк ефективної експлуатації не менше 50 років. Мати характеризуються перпендикулярним розташуванням волокон до поверхні покриття, завдяки чому вони міцні і еластичні, а також не змінюють своєї первісної товщини на вигинах і кутах [7].

– спінений каучук K-FLEX марки ST з коефіцієнтом теплопровідності в межах 0,034–0,037 Вт/(м·К), діапазоном температур, при яких експлуатується матеріал від -200 °C до +150°C, опором дифузії водяної пари  $\geq 10\,000$ . Теплоізоляція K-FLEX має строк експлуатації

25 років. Висока технологічність монтажу цього типу теплової ізоляції дає змогу монтувати її у важкодоступних місцях і на поверхнях складної форми [8].

– рулонний спінений поліетилен завтовшки 10 мм та рулонний спінений поліетилен з односторонньою ламінацією металізованою плівкою завтовшки 5 мм. Густина матеріалу  $25 \pm 5 \text{ кг/м}^3$ , коефіцієнт теплопровідності  $0,038 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ , коефіцієнт паропроникнення  $>3000$ , водопоглинання за 96 годин  $1,9$ , робочий температурний інтервал  $-45^\circ\text{C}\dots+105^\circ\text{C}$ . Строк експлуатації 25 років [9, 10].

– теплоізоляційне керамічне покриття “Термосилат” марка “Екстра”, яке, за інформацією виробників, має густину покриття у рідкій формі  $550\text{--}650 \text{ кг/м}^3$ , водопоглинання плівки покриття за 24 год не більше за  $0,16 \text{ г/см}^2$ , паропроникність плівки покриття, не більшу за  $0,02 \text{ мг/(м}\cdot\text{год}\cdot\text{Па)}$ , коефіцієнт теплопровідності  $0,0018 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ , строк експлуатації покриття, не менший за 10 років [11].

Розраховували необхідну товщину теплоізоляційного покриття для теплових мереж за значенням нормованої лінійної густини теплового потоку [2]:

$$d_{i3} = \frac{d_3}{2}(B-1), \quad (1)$$

де  $d_3$  – зовнішній діаметр трубопроводу, м;  $B = \frac{d_{i3}}{d_3}$  – відношення зовнішнього діаметра ізоляційного шару до зовнішнього діаметра трубопроводу, яке визначають за формулою:

$$B = e^{2 \cdot p \cdot l_{i3} \cdot R_{i3}}, \quad (2)$$

де  $l_{i3}$  – коефіцієнт теплопровідності ізоляційного матеріалу,  $\text{Вт/(м}\cdot\text{К)}$ , визначається для прийнятого виду теплоізоляції залежно від умов експлуатації з дод. 1 [2];  $R_{i3}$  – сумарний опір шару теплоізоляції,  $(\text{м}^2\cdot\text{К})/\text{Вт}$ , величину якого визначають за виразом:

$$R_{i3} = r_{tot} - r_m - \frac{1}{a_3 p (d_3 + 0,1)}, \quad (3)$$

де  $r_{tot}$  – опір теплопередачі на 1 м довжини теплоізоляційної конструкції циліндричних об’єктів діаметром, меншим за 2 м,  $(\text{м}\cdot\text{К})/\text{Вт}$ ;  $r_m$  – термічний опір стінки трубопроводу (для металевих трубопроводів цим значенням нехтують);  $a_3$  – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні теплоізоляції,  $\text{Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ , приймається залежно від виду та температури ізолювальної поверхні, виду розрахунку товщини теплової ізоляції та застосованого матеріалу покриття з [2].

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

$$r_{tot} = \frac{t_2 - t_{nos}}{q_e K_1}, \quad (4)$$

де  $t_2$  – розрахункова температура теплоносія, що транспортується у теплопроводі,  $^\circ\text{C}$ ;  $t_{nos}$  – розрахункова температура навколишнього середовища,  $^\circ\text{C}$ ;  $q_e$  – нормована лінійна густина теплового потоку з 1 м довжини циліндричної теплоізоляційної конструкції,  $\text{Вт/м}$  [2];  $K_1$  – 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  $K_1 = 1$ .

Товщина теплоізоляційного матеріалу з ущільнювальних матеріалів визначається з урахуванням коефіцієнта ущільнення. Для циліндричної поверхні товщину теплоізоляційного матеріалу без ущільнення визначають за формулою:

$$d_1 = d_{i3} K_c \frac{d_3 + d_{i3}}{d_3 + 2d_{i3}}, \quad (5)$$

де  $d_{i3}$  – розрахункова товщина теплоізоляційного шару, м, визначена за формулою (1);  $K_c$  – коефіцієнт ущільнення, приймається залежно від матеріалу теплової ізоляції та його густини [2].

Якщо вираз  $K_c \frac{d_3 + d_{i3}}{d_3 + 2d_{i3}} < 1$ , то його приймають рівним 1.

Вихідними даними для техніко-економічного порівняння теплоізоляційних матеріалів були параметри роботи опалювальної котельні Львівської політехніки: зовнішній діаметр трубопроводу  $d_3 = 159$  мм; розрахункова температура теплоносія, що транспортується у трубопроводі,  $t_2 = 65$  °С; температура внутрішнього повітря у приміщенні  $t_{нов} = 20$  °С; середня температура теплоізоляційного шару для трубопроводів, які розташовані у приміщенні,  $t_m = \frac{t_2 + 40}{2} = 52,5$  °С; сумарна тривалість роботи системи тепlopостачання  $n = z_{o.n} \cdot 24 = 179 \cdot 24 = 4296$  год. Коефіцієнт теплопровідності залежно від середньої температури теплоізоляційного шару [12] визначали як:

- плити теплоізоляційні з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому з густиною  $65$  кг/м<sup>3</sup>:

$$I_1 = 0,04 + 0,00029t_m = 0,055225 \text{ Bm}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

- теплоізоляційні вироби з пінополіетилену з густиною  $50$  кг/м<sup>3</sup>:

$$I_2 = 0,035 + 0,00018t_m = 0,04445 \text{ Bm}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

- теплоізоляційні вироби зі спіненого каучуку з густиною  $60\text{--}80$  кг/м<sup>3</sup>:

$$I_3 = 0,034 + 0,0002t_m = 0,0445 \text{ Bm}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

Нормативних документів для визначення коефіцієнта теплопровідності теплоізоляційної фарби немає, а значення, заявлене виробниками, необхідно перевіряти, тому прийемо коефіцієнт теплопровідності теплоізоляційного покриття відповідно до [13]  $I_4 = 0,089 \text{ Bm}/(\text{m} \cdot \text{K})$ .

Нормована лінійна густина теплового потоку з  $1$  м довжини циліндричної теплоізоляційної конструкції для трубопроводу, прокладеного у приміщенні з сумарною тривалістю роботи, меншою за  $5000$  годин та середньою температурою теплоносія  $65$  °С, становить  $q_e = 28,9$  Вт/м. [2]

Тоді опір теплопередачі на  $1$  м довжини теплоізоляційної конструкції визначають за формулою (4) як  $r_{tot} = 1,56 \text{ m} \cdot \text{K}/\text{Bm}$ .

Коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні теплоізоляції  $a_3$  для горизонтальних трубопроводів, покладених у приміщенні з температурою ізолюваної поверхні понад  $20$  °С:

- для покрівельних матеріалів з алюмінію або алюмінієвих сплавів або матеріалів, пофарбованих алюмінієвою фарбою, які мають малий коефіцієнт випромінювання  $C \leq 2,33 \text{ Bm}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$   $a_3 = 6 \text{ Bt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,

- для інших покрівельних матеріалів, які мають високий коефіцієнт випромінювання  $C > 2,33 \text{ Bm}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$   $a_3 = 11 \text{ Bt}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,

Для всіх теплоізоляційних матеріалів вираз  $K_c \frac{d_3 + d_{i3}}{d_3 + 2d_{i3}} = 1$ .

Результати розрахунків товщини теплоізоляційного шару для вибраних матеріалів зведено в табл. 1.

Таблиця 1

Визначення товщини утеплювача

№ з/п	Матеріал	Коефіцієнт теплопровідності $I_{i3}$ , Вт/(м·К)	Коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні теплоізоляції $a_3$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	Відношення $B = \frac{d_{i3}}{d_3}$	Товщина теплоізоляційного шару $d_{i3}$ , м	Коефіцієнт ущільнення $K_c$	Товщина теплоізоляційного матеріалу з ущільнювальних матеріалів $d_1$ , м
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Мінеральна вата	0,055225	6	1,599	0,048	1,5	0,058
2	Спінений поліетилен	0,04445	6	1,459	0,036	1	0,036
3	Спінений каучук	0,0445	11	1,498	0,040	1	0,040
4	Теплоізоляційна фарба	0,089	11	2,244	0,099	1	0,099

Як видно з табл. 1, найменша розрахункова товщина теплоізоляційного шару  $\epsilon$  для спіненого поліетилену становить 0,036 м. Проте всі теплоізоляційні матеріали випускаються певної товщини, тому при розрахунку втрат теплоти при транспортуванні теплоносія тепловими мережами необхідно приймати найближче більше значення товщини теплової ізоляції. Тому до встановлення необхідно прийняти такі значення товщини теплової ізоляції: для мінеральної вати  $d_{м.в.} = 0,06$  м, спіненого поліетилену  $d_{с.п.} = 0,04$  м, спіненого каучуку  $d_{с.к.} = 0,04$  м. Розрахункова товщина теплоізоляційної фарби становить 0,099 м, що в реальності технічно складно, тому для встановлення приймаємо товщину, яку рекомендують виробники  $d_{фарба} = 0,002$  м.

Лінійну густину теплового потоку для металевих трубопроводів, Вт/м, визначають за формулою:

$$q = \frac{t_6 - t_3}{R_{i3} + R_3}, \quad (6)$$

де  $t_6$  – температура теплоносія всередині трубопроводу, °С;  $t_3$  – температура навколишнього середовища, °С;  $R_{i3}$  – лінійний термічний опір теплової ізоляції, м·К/Вт;  $R_3$  – лінійний термічний опір тепловіддачі до зовнішнього середовища.

Лінійний термічний опір теплової ізоляції, м·К/Вт, визначають за формулою:

$$R_{i3} = \frac{1}{2\pi l_{i3}} \ln \frac{d_{3\ i3}}{d_3}. \quad (7)$$

Лінійний термічний опір тепловіддачі до зовнішнього середовища для прокладання трубопроводів на відкритому повітрі, м·К/Вт, визначається як:

$$R_3 = \frac{1}{p \cdot d_{3\ i3} \cdot a_3} \quad (8)$$

де  $d_{3\ i3}$  – зовнішній діаметр шару ізоляції, м.

Зовнішній діаметр шару ізоляції визначають за формулою:

$$d_3 = d_2 + 2d_{i3}, \quad (9)$$

де  $d_{i3}$  – товщина шару ізоляції, м.

Фактичні значення лінійної густини теплового потоку для різних варіантів теплової ізоляції визначені за залежністю (6), наведено у табл. 2.

Таблиця 2

**Розрахунок фактичного значення лінійної густини теплового потоку для різних матеріалів теплової ізоляції**

№ з/п	Матеріал	Коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні теплоізоляції $a_3$ , Вт/(м·К)	Товщина теплоізоляційного шару $d_{i3}$ , м	Зовнішній діаметр шару ізоляції $d_3$ , м	Лінійний термічний опір теплової ізоляції $R_{i3}$ , м·К/Вт	Лінійний термічний опір тепловіддачі до зовнішнього середовища $R_3$ , м·К/Вт	Фактична лінійна густина теплового потоку $q$ , Вт/м
1	Мінеральна вата	6	0,048	0,255	1,361	0,208	28,67
2	Спінений поліетилен	6	0,04	0,239	1,459	0,222	26,76
3	Спінений каучук	11	0,04	0,239	1,458	0,121	28,50
4	Теплоізоляційна фарба	11	0,002	0,163	0,044	0,178	202,73

Як видно з табл. 2, фактичні лінійні втрати теплового потоку теплоізоляції зі спіненого поліетилену є найменшими і становлять 26,76 Вт/м. Лінійна густина теплового потоку перших трьох матеріалів є меншою за нормативне значення лінійної густини теплового потоку 28,9 Вт/м, що відповідає вимогам сучасних будівельних норм. Нанесення теплоізоляційного покриття завтовшки  $d_{фарба} = 0,002$  м не забезпечує нормативного значення лінійної густини теплового потоку.

Тепловтрати з поверхні теплової ізоляції трубопроводу можна визначити за формулою:

$$Q_{emp} = K_{red} \cdot L \cdot q, \quad (10)$$

де  $K_{red}$  – коефіцієнт, який враховує тепловий потік через ізольовані опори трубопроводів, фланцеві з'єднання та арматуру до довжини трубопроводу. Для сталевих трубопроводів, прокладених у приміщенні з умовним проходом 150 мм,  $K_{red} = 1,15$  [2].

Розраховували економічну ефективність за значеннями приведених затрат для різних варіантів теплової ізоляції на технологічному трубопроводі котельні. Приведені затрати визначають за формулою:

$$П = q_p \cdot K_{red} \cdot z + (f + E_n) \cdot K, \quad (11)$$

де  $q_p$  – питомі річні втрати теплоти трубопроводами, ГДж/(м рік);  $z$  – вартість теплової енергії, грн./ГДж. Для житлових будинків, які обслуговуються ЛМКП “Львівтеплоенерго”, становить  $z = 1213,98$  грн./Гкал = 289,73 грн./ГДж [14];  $K$  – капітальні вкладення (кошторисна вартість) за варіантами, грн.;  $f$  – частка відрахувань від вартості теплоізоляційних конструкцій на ремонт та інші витрати, 1/рік, приймаються у розмірі 6,6 % на амортизацію та 1,4 % на поточний ремонт ізоляції, разом 8 % [6];  $E_n$  – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень (величина обернена до строку окупності). В енергетиці нормативний строк окупності встановлено 8 років [6]; тоді  $E_n = \frac{1}{8} = 0,125 \frac{1}{рік}$ .

Для визначення економічно доцільного теплоізоляційного матеріалу розраховують приведені затрати різних варіантів теплової ізоляції. Варіант теплової ізоляції, для якого приведені затрати матимуть мінімальне значення серед запропонованих, буде економічно доцільним.

Кошторисну вартість улаштування різних типів теплової ізоляції було визначено за допомогою програми АВК-5, результатом якої були локальні кошториси на будівельні роботи.

Розрахунок приведених затрат зведено в табл. 3.

Таблиця 3

**Розрахунок приведених затрат використання різних теплоізоляційних матеріалів на технологічному трубопроводі котельні**

№ з/п	Матеріал	Фактична лінійна густина теплового потоку $q$ , Вт/м	Річна лінійна густина теплового потоку $q$ , ГДж/(м рік)	Капітальні вкладення, грн.	Приведені затрати, грн.
1	Мінеральна вата	28,67	0,443	811,0	313,99
2	Спінений поліетилен	26,76	0,414	1286,0	401,52
3	Спінений каучук	28,50	0,441	898,0	330,95
4	Теплоізоляційна фарба	202,73	3,135	371,0	1120,72

Як видно з табл. 3, приведені затрати перших трьох варіантів є наближеними, проте найменше значення приведених затрат має тепла ізоляція мінеральна вата, використання якої є економічно доцільним варіантом.

**Висновок.** У результаті проведеного техніко-економічного розрахунку встановлено, що з чотирьох варіантів теплоізоляційних матеріалів, а саме мінеральної вати, спіненого каучуку, спіненого поліетилену, теплоізоляційної фарби, мінімальне значення приведених затрат має мінеральна вата. Отже, серед варіантів теплової ізоляції технологічних трубопроводів котельні економічно-доцільним є використання мінеральної вати.

1. Канев С. Н., Ивашкевич А. А. Расчет теплотерь в системах теплоснабжения / С. Н. Канев, А. А. Ивашкевич // Электронное научное издание “Ученые заметки ТОГУ”. – 2013. – Т. 4, № 4. – С. 1795–1798. [http://pnu.edu.ru/media/ejournal/articles-2014/TGU\\_4\\_327.pdf](http://pnu.edu.ru/media/ejournal/articles-2014/TGU_4_327.pdf)
2. СНиП 2.04.14-88. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. – М.: Госстрой СССР. – 1988. – 28 с.
3. ДБН В.2.5-77:2014. Котельні. – Київ: Мінрегіон України. – 2014. – 61 с.
4. Созинов В. П. Технико-экономическое обоснование выбора удельных тепловых потерь трубопроводами / В. П. Созинов, С. М. Кулагин, А. Н. Корягин // Вестник ИГЭУ. – 2006. – Вып. 4. – С. 1–3. <http://ispu.ru/files/str.27-29.pdf>
5. Технико-экономический расчет толщины тепловой изоляции. Методические указания. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2005. – 24 с. <http://www.rgsu.ru/upload/medialibrary/889/13.pdf>
6. Определение экономической толщины слоя изоляции. – Режим доступа. – [http://www.teplodoma.com.ua/1/raschet\\_izoljacii/h2str\\_90.html](http://www.teplodoma.com.ua/1/raschet_izoljacii/h2str_90.html) – Назва з екрану.
7. ROCKWOOL – негорючая теплоизоляция. – Офіційний сайт ROCKWOOL. – Режим доступа – <http://www.rockwool.ua> – Назва з екрану.
8. L'ISOLANTE K-FLEX. - Режим доступа – <http://www.kflex.ua/upload/pdf/Bolee125.pdf> – Назва з екрану.
9. Изоляция на основе вспененного полиэтилена. – Офіційний сайт Львівізотех. – Режим доступа - <http://lvivizotech.com.ua/ru/izoljaciiini-materiali/spinenii-polietlen> - Назва з екрану.
10. Вспененный полиэтилен. – Офіційний сайт SANPOL. – Режим доступа – <http://sanpol.ua/ru/catalogue/teplo-i-zvukoizolyatsiya/vspenennuu-polietlen/> – Назва з екрану.
11. Покрытие теплоизоляционное керамическое “ТЕРМОСИЛАТ” – Офіційний сайт ТЕРМОСИЛАТ. – Режим доступа. – <http://termosilat.ua/polnoe-opisanie-keramicheskoe.html>. – Назва з екрану.
12. СП 61.13330.2012. Тепловая изоляция. – М.: Минрегион России, 2012. – 52 с.
13. Теплотехнические характеристики жидкого керамического теплоизоляционного материала на основе алюмосиликатных и натриево-боросиликатных микросфер / Л. И. Чумадова, М. Ю. Скориков, Т. Г. Степанян, М. В. Морозов, Д. М. Вестников // Электронный научно-практический журнал “Современные научные исследования и инновации”. – Режим доступа – <http://web.snauka.ru/issues/2016/01/62263> – Назва з екрану.
14. З 1 липня зростає ціна на тепло і гарячу воду. – Офіційний сайт ЛМПК “Львівтеплоенерго”. – Режим доступа. – <http://www.lte.lviv.ua/?catalog=1389> – Назва з екрану. (14.06.2016).