

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В БУДІВНИЦТВІ

УДК 697.9

ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ СПОСОБУ САНАЦІЇ ТА ТЕРМОРЕНОВАЦІЇ ТРУБОПРОВОДІВ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЕНЕРГООЩАДНОСТІ

Ратушняк Г. С., Поліщук М. В.

Розглянуто основні методи санації, визначено основні методи безтраншейного ремонту підземних трубопроводів без руйнування труби. Запропоновано спосіб санації та термореновації трубопроводів теплових мереж, в якому за рахунок теплоізоляційного розчину досягається забезпечення щільності стінок трубопроводу та підвищення термічного опору теплопередачі. Виконано чисельне моделювання величини тепловтрат при різних діаметрах подавального та зворотного трубопроводів. Виконано моделювання тепловтрат трубопроводів та аналіз графіків залежності тепловтрат подавального та зворотного трубопроводів до санації, а також після санації та після термореновації теплових мереж.

Ключові слова: тепла мережа, санація, термореновація, тепловтрати, термічний опір.

ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ СПОСОБУ САНАЦИИ И ТЕРМОРЕНОВАЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ

Ратушняк Г. С., Полищук М. В.

Рассмотрено основные методы санации, определено основные методы безтраншейной ремонта подземных трубопроводов без разрушения трубы. Предложен способ санации и термореновации трубопроводов тепловых сетей, в котором за счет теплоизоляционного раствора достигается обеспечения плотности стенок трубопровода и повышения термического сопротивления теплопередачи. Выполнено численное моделирование величины теплотерь при различных диаметрах подающего и обратного трубопроводов. Выполнено моделирование теплотерь трубопроводов и анализ графиков зависимости теплотерь подающего и обратного трубопроводов до санации, а также после санации и после термореновации тепловых сетей.

Ключевые слова: тепловая сеть, санация, термореновация, теплотери, термическое сопротивление.

THE FEASIBILITY OF THE SANATION AND THE THERMAL RENOVATION METHOD OF NETWORK PIPES TO IMPROVE THEIR ENERGY EFFICIENCY

Ratushnyak G., Polishchuk M.

The basic methods of sanation, the main methods of trenchless repair of underground pipelines without destroying the tube were considered. The method of sanation and thermal renovation of network pipes, which due to insulation solution density is achieved to ensure the pipeline walls and increasing thermal resistance to heat was offered. Numerical simulation of heat loss values for different diameters supplying and reverse pipelines was offered. Modeling and analysis of heat pipe heat schedules depending supplying and reverse pipelines to sanation, and after sanation and after thermal renovation heat networks was created.

Keywords: heating systems, sanation, thermal renovation, heat losses, thermal resistance.

Вступ

Аналіз стану міських теплових мереж свідчить про моральне та фізичне їх старіння, що потребує їх ремонту або повної заміни [1]. Старіння підземних трубопроводних комунікацій призводить до втрат напору і зниження пропускної здатності, до погіршення фізико-хімічних

показників води, що транспортується, а також до забруднення підземних і поверхневих вод та ґрунту [2].

Традиційні траншейні способи ремонту трубопроводів передбачають виконання великого об'єму земляних робіт, укріплення стінок траншей, перекриття транспортних потоків, руйнування дорожнього покриття, пошкодження зелених насаджень, порушення інфраструктури, що викликає значні матеріальні витрати на відновлювальні роботи. В містах із щільною забудовою, як правило, траншейна технологія виявляється взагалі неприйнятною. В таких випадках все частіше використовують безтраншейні технології при реконструкції підземних трубопровідних комунікацій.

Мета роботи – за результатами аналітичного аналізу існуючих методів і способів санації трубопроводів виявити їх недоліки, запропонувати вдосконалений спосіб термореновації та санації трубопроводів теплових мереж і обґрунтувати його доцільність для підвищення енергоощадності теплових мереж.

Основна частина

Санація трубопроводів – це технологія безтраншейного ремонту трубопроводів, яку використовують для відновлення старих трубопроводів та очищення нових [3].

Санація трубопроводів дозволяє ефективно вирішити наступні проблеми:

- руйнування сталевих трубопроводів;
- руйнування каналізаційних мереж, які вже вичерпали свій строк служби;
- руйнування локальних відгалужень трубопроводів кореневими системами дерев.

Основними перевагами санації є вигідність з фінансової точки зору, а також оперативність – подібні роботи тривають набагато менше, ніж повна заміна трубопроводу. До того ж такий ремонт не передбачає використання важкої техніки і великої кількості робочої сили, дає можливість використання існуючої мережі комунікацій, збільшення або зменшення діаметра трубопроводу.

Сьогодні використовується два основних методи санації – з руйнуванням і без руйнування існуючої трубопровідної мережі (рис.1).



Рисунок 1 – Методи санації трубопроводів

Розглянемо деякі методи санації трубопроводів більш детально для вибору доцільного способу підвищення.

Релайнінг – це відновлення пошкоджених ліній трубопроводів способом «труба в трубі» [3]. Суть процесу полягає в протягуванні в очищеній пошкодженій трубопроводі нового трубопроводу меншого діаметру із полімерного матеріалу. Релайнінг може проводитись як без руйнування, так і з руйнуванням існуючих труб. Релайнінг, який виконують з руйнуванням труб, застосовується тоді, коли необхідно зберегти або ж збільшити діаметр самого трубопроводу. Релайнінг без руйнування можливо провести в тих випадках, коли незначне зменшення діаметра допускається умовами проекту або ж компенсується за рахунок покращеної і ефективної пропускної здатності трубопроводу. Даний метод доцільно використовувати для проведення робіт

в важких гідрогеологічних умовах, а також при розташуванні поблизу ремонтуємого трубопроводу інших комунікацій або будівель.

Реновація – це метод проведення санації, при якому існуюча труба повністю руйнується і одночасно з цим на її місце укладається нова [3]. Застосовується в тому випадку, коли існуючий трубопровід має недостатню пропускну здатність або труби відслужили свій строк експлуатації. При цьому прокладання нової труби може бути із зміною діаметра в сторону його зменшення або його збільшення. Даний вид санації, як правило, здійснюється двома способами: заміна існуючої труби на пластикову ПНД-трубу із системою різьбового з'єднання або за допомогою руйнівача трубопроводів. При проведенні реновації відбувається комплексна заміна існуючого трубопроводу шляхом його зламування статичним методом. Розрізання ділянки трубопроводу, де було виявлено несправність, здійснюють роликівими ножами, а спеціальний розширювач збільшує діаметр тунеля, після чого протягується нова частина труби. Цей вид санації найчастіше використовують для ремонту зовнішніх мереж тепло- та водопостачання.

Сліплайнінг – поширена технологія ремонту трубопроводів. Під час проведення даного виду ремонту відбувається введення нової труби способом заштовхування або ж протягування в існуючий трубопровід, заповнюючи кільцевий зазор між ними. Нова труба в трубопроводі може бути безперервна або виконана із окремих зістиківаних секцій.

Існуючі методи безтраншейного ремонту підземних трубопроводів без руйнування труби можна класифікувати наступним чином [3]:

- a. ремонт протягуванням неперервної труби кінцевого діаметру – «труба в трубі»;
- b. ремонт протягуванням неперервної поліетиленової труби зменшеного діаметра із збільшенням діаметра внутрішньої труби до кінцевого і забезпеченням її щільного прилягання після операції протягування – «саблайн»-технологія;
- c. ремонт протягуванням «чулка», виготовленого із кислотостійкого полімерного волокна, ущільненого гумою або просоченого смолою;
- d. ремонт протягуванням безперервної багат шарової гофрованої труби з ідеально гладкою внутрішньою поверхнею;
- e. ремонт шляхом проштовхування коротких поліпропіленових труб, які мають розтрубні з'єднання.

Для ремонту трубопроводів теплових мереж найчастіше використовують метод безтраншейного ремонту «труба в трубі» [2]. Метод застосовується для реконструкції прямолінійних трубопроводів холодного і гарячого водопостачання, які мають наскрізну корозію або інші дефекти. Використання методу «труба в трубі» дозволяє протягувати в існуючий трубопровід нові ділянки труб довжиною в декілька сотень метрів. Зменшення умовного перерізу труби не впливає на пропускну здатність трубопроводу внаслідок того, що гідравлічні характеристики у полімерних труб набагато вищі, ніж у сталевих. Даний метод дозволяє мінімізувати об'єм земляних робіт; має широку можливість застосування; довжина заміненої ділянки може складати до кількох сотень метрів.

Для санації підземного металевого трубопроводу запропоновано пристрій [4], що містить трубопровід для транспортування облицювальної речовини, який з'єднаний вертлюгом з механізмом для очистки внутрішньої поверхні металевого трубопроводу з щітками на кінцях та отворами, що розташовані біля щіток. Передбачено також механізм для шліфування внутрішньої поверхні реконструйованого трубопроводу, який з'єднано з обертовим органом із тангенціальними отворами, що мають гідравлічний зв'язок з трубопроводом для транспортування облицювальної речовини.

Відома технологія ремонту трубопроводу теплової мережі шляхом розміщення в її порожнині по всій довжині багат шарового рукава, що складається із одного або більше шарів на основі різних матеріалів органічної або неорганічної природи [5]. Ці шари виконують роль армуючого початку комплексного пакету (рукава) і одного або двох шарів на базі полімерних плівкових матеріалів, які виконують в процесі ремонту різні функціональні навантаження роздування цього багат шарового рукава тиском стисненого повітря і водяної пари та прижиманні його до стінок труби, що ремонтується, із наступним затвердінням «реактивної» частини пакета (армуючого шару, просоченого термоактивним зв'язуючим) подаванням в середину комплексного рукава теплоносія при температурі, яка виключає теплове руйнування внутрішнього плівкового шару [6].

Відомий також спосіб санації внутрішньої поверхні трубопроводу з використанням

комплексного рукава, просоченого термореактивним зв'язуючим і потім отвердненого двома рідкими теплоносіями в дві стадії при двох рівнях температур. Теплоносії подаються в порожнину "ремонтного" рукава по черзі. Це дозволяє забезпечити "м'який" режим затвердіння, що знижує рівень внутрішніх напружень в стінці покриття, а отже, і утворення тріщин в затверділому композиті [7].

Недоліком цих способів ремонту трубопроводу з використанням комплексних рукавів є неможливість їх застосування при ремонті теплотрас довжиною п'ятдесят і більше метрів, так як вони передбачають пряме протягування рукава в трубі, що ремонтується. Реалізація цих способів вимагає наявності складного апаратурного оформлення (компресора, джерела електроенергії, калорифера і т.д.) та тривалості процесу. Також важливими недоліками при ремонті трубопроводів є недостатня герметичність і міцність трубопроводу, що приводить до значних тепловтрат та не сприяє підвищенню енергоощадності теплових мереж.

Запропонований спосіб санації та термореновації трубопроводів теплових мереж, в якому за рахунок теплоізоляційного розчину досягається забезпечення щільності стінок трубопроводу та підвищення термічного опору теплопередачі, що приводить до зменшення тепловтрат через стінки трубопроводу в навколишнє середовище [8].

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб санації спочатку передбачає розміщення у внутрішній порожнині старого трубопроводу рукава меншого діаметра з полімерного матеріалу, а потім шляхом нагнітання між внутрішньою поверхнею трубопроводу і зовнішньою поверхнею рукава з полімерного матеріалу спіненого теплоізоляційного розчину з підвищеним термічним опором теплопередачі здійснюється термореновація трубопроводу. Розчин після застигання забезпечує герметичність і міцність трубопроводу та зменшує тепловтрати через його стінки в навколишнє середовище (рис. 2).

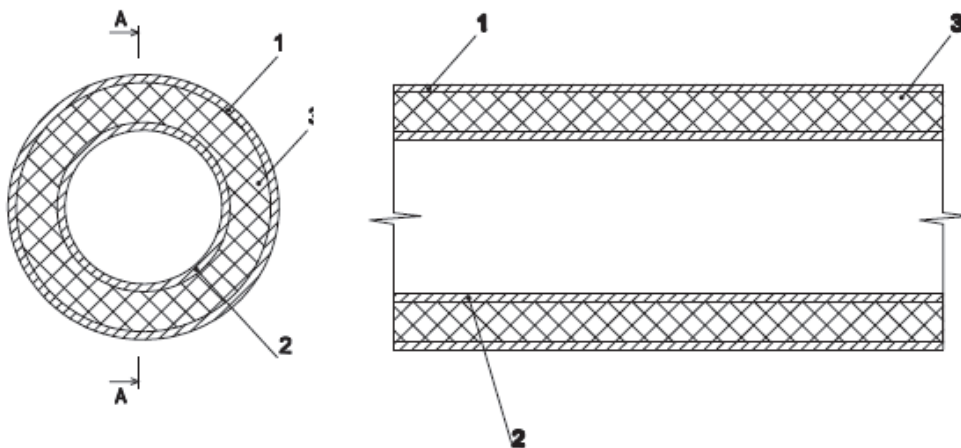


Рисунок 2 – Спосіб санації та термореновації трубопроводу: 1 – існуючий сталевий трубопровід; 2 – рукав меншого діаметра з полімерного матеріалу; 3 – спінений теплоізоляційний розчин

Доцільність санації та термореновації трубопроводів різними способами можна визначити за результатами чисельного моделювання величини тепловтрат в подаючому та зворотному трубопроводах при їх різних діаметрах.

Виконаємо розрахунок термічного опору сталевому трубопроводу до та після термореновації. Для досягнення нормативного опору теплопередачі з [9] вибираємо теплотехнічні характеристики матеріалів та розраховуємо їх термічні опори.

Термічний опір R , $m^2 \times ^\circ C / Wt$, багатослової конструкції визначається за формулою [9]

$$R = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \dots \frac{\delta_i}{\lambda_i}; \quad (1)$$

де λ - теплопровідність матеріалу, $Wt/(m \times ^\circ C)$, (табл. 1);

δ - товщина матеріалу, м, (табл. 1).

Результати розрахунку термічного опору сталевому трубопроводу до та після термореновації наведено в таблиці 2.

Таблиця 1 – Теплотехнічні характеристики матеріалів для розрахунку термічного опору

Матеріали	Теплопровідність λ , Вт/(м·°С)	Товщина δ , м
Сталевий трубопровід	52	0,005
Плити з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому гофрованої структури	0,087	0,08
Спінений теплоізоляційний розчин	0,035	0,05
Полімерний рукав	0,4	0,005

Таблиця 2 – Термічний опір трубопроводу до та після санації і термореновації

	Термічний опір R, м ² ·°С/Вт
Трубопровід до санації	0,92
Трубопровід після санації	1,01
Трубопровід після термореновації	2,35

Результати розрахунку свідчать (табл. 2), що термічний опір трубопроводу після термореновації збільшився в 2,35 рази.

Тепловтрати трубопроводу для різного діаметру $Q_{тр}$, Вт, визначаємо за формулою [9]

$$Q_{тр} = K \cdot F \cdot (t_{в} - t_{з}) \cdot n, \quad (2)$$

де F – поверхня теплопередачі конструкції, м², (табл. 3);

K – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·°С); $K = \frac{1}{R_{q \min}}$, (табл.4);

$t_{в}$ - $t_{з}$ – різниця температур в середині конструкції і назовні, °С;

n – коефіцієнт, що враховує додатковий захист захисної конструкції від зовнішніх температур [9].

Результати розрахунку тепловтрат подавального і зворотнього трубопроводів до та після санації і термореновації наведено в таблиці 3-5.

Таблиця 3 – Площа теплопередачі трубопроводів, м²

Діаметр трубопроводу, м	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,45	0,5
Площа теплопередачі, м ²	0,031	0,049	0,071	0,096	0,126	0,159	0,196

Таблиця 4 – Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·°С)

	Термічний опір, м ² ·°С/Вт	Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м ² ·°С)
Трубопровід до санації	0,92	1,08
Трубопровід після санації	1,01	0,99
Трубопровід після термореновації	2,35	0,42

Таблиця 5 – Тепловтрати трубопроводів, Вт

Діаметр трубопроводу, м	Трубопровід до санації		Трубопровід після санації		Трубопровід після термореновації	
	подаючий	зворотній	подаючий	зворотній	подаючий	зворотній
0,2	3,72	3,05	3,4	2,8	1,44	1,18
0,25	5,87	4,82	5,38	4,41	2,28	1,87
0,3	8,51	6,98	7,8	6,4	3,31	2,71
0,35	11,5	9,44	10,54	8,65	4,48	3,67
0,4	15,1	12,38	13,85	11,35	5,87	4,81
0,45	19,06	15,6	17,47	14,32	7,41	6,08
0,5	23,5	19,26	21,54	17,66	9,14	7,49

Результати чисельного моделювання тепловтрат трубопроводу графічно зображено на рис. 3, 4.

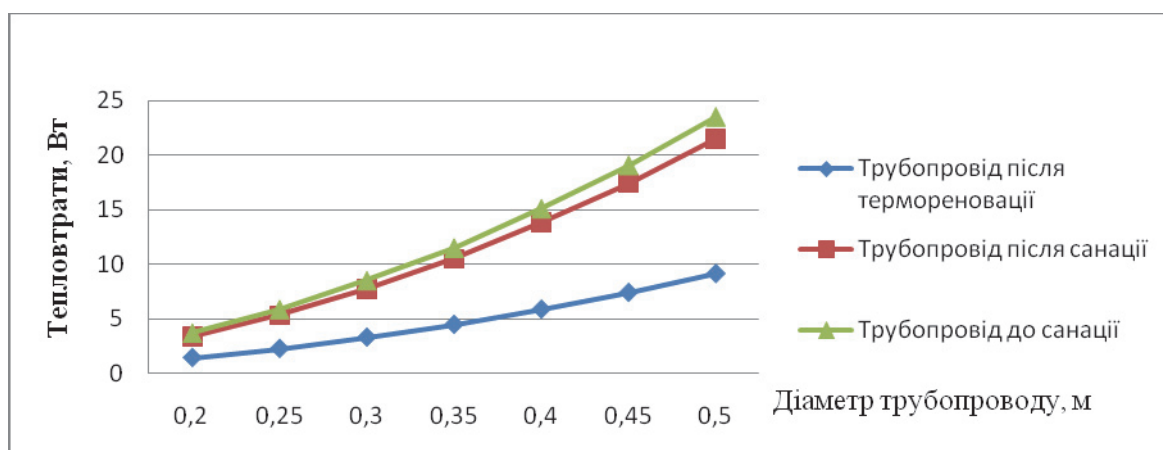


Рисунок 3 – Тепловтрати подавального трубопроводу залежно від діаметру

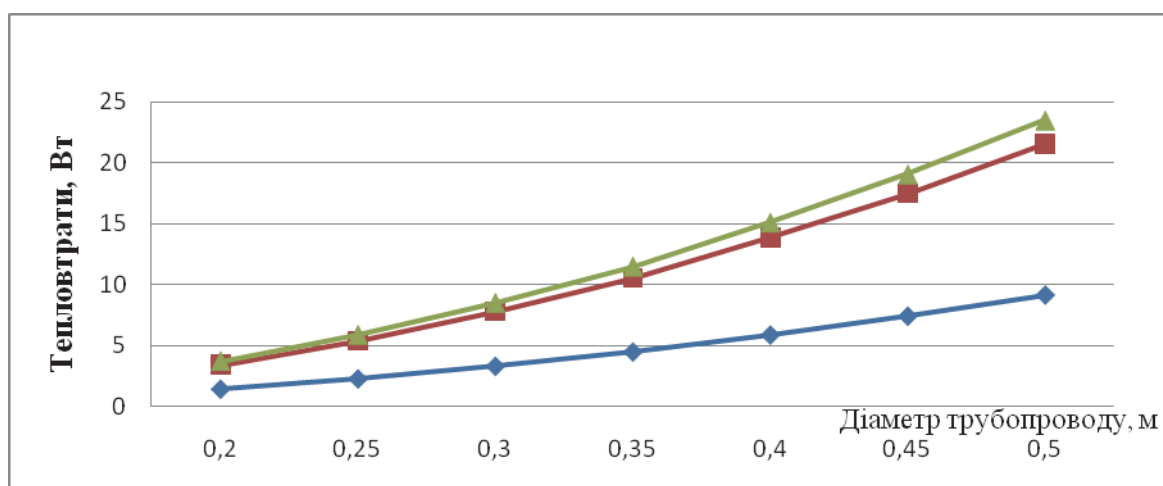


Рисунок 4 – Тепловтрати зворотнього трубопроводу залежно від діаметру

Аналіз рис. 3 та 4 доводить доцільність санації та термореновації трубопроводів запропонованим способом. Тепловтрати подавального та зворотнього трубопроводів до та після санації знаходяться майже в тих самих межах, а термореновація трубопроводу після санації дає можливість знизити тепловтрати трубопроводу на 61%, що є ефективним способом реконструкції теплових мереж.

Висновки

- Розглянуто основні методи санації – з руйнуванням і без руйнування існуючої труби, та види кожного з цих методів (релайнінг, реновація, сліплайнінг), визначено основні методи безтраншейного ремонту підземних трубопроводів без руйнування труби. Для дослідження обрано ремонт трубопроводу способом «труба в трубі».
- Запропоновано спосіб санації та термореновації трубопроводів теплових мереж, в якому за рахунок теплоізоляційного розчину досягається забезпечення щільності стінок трубопроводу та підвищення термічного опору теплопередачі, що приводить до зменшення тепловтрат через стінки трубопроводу в навколишнє середовище.
- Виконано чисельне моделювання величини тепловтрат при різних діаметрах подавального та зворотнього трубопроводів. Результати моделювання тепловтрат трубопроводу та аналіз графіків залежності тепловтрат подавального та зворотнього трубопроводу до санації, а також після санації та після термореновації свідчить про доцільність запропонованого способу, так як він дозволяє підвищити енергоощадність теплових мереж.

Використана література

1. Ратушняк Г. С., Поліщук М. В. Методи прогнозування із забезпечення надійності розподільчих мереж систем тепlopостачання. Збірник наукових праць "Актуальні проблеми систем теплогазопостачання і вентиляції, водопостачання і водовідведення. - Рівне: НУВГП, 2015. - с. 77-78.
2. Ратушняк Г. С. Експлуатація систем тепlopостачання та вентиляції: навчальний посібник [текст] / Г. С. Ратушняк., Г. С. Попова. - Вінниця: ВДТУ, 2003. – 122 с.
3. Бестраншейный ремонт коммунальных трубопроводов. Каталог ARGUS GROUP. <http://www.arguslimited.com>.
4. Пат. України № 15904, МПК F16L 58/02. Пристрій для санації підземного металевого трубопроводу / Ратушняк Г. С., Глибокий В. В., Лялюк О. М. – № u200601129; Заявл. 06.02.2006; опубл. 17.07.2006, бюл. №7, 2006.
5. Пат. № 2111408, РФ, F16L58/02. Способ санирования внутренней поверхности трубопровода теплотрассы и рукав для его осуществления/ Храменков С. В., Дрейцер В. И., Загорский В. А – № 96110268/06; Заявл. 22.05.1996; опубл. 20.05.1998. – 4 с.
6. Пат. 2000513, РФ, F16L58/02. Способ покрытия внутренней поверхности трубопровода / Дрейцер В. И., Клыгин В. Н., Шаронова Л. М. – № 4950962/29; Заявл. 27.06.1991; опубл. 07.09.1993 – 6 с.
7. Пат. Великобританії N 2074691, м.кл. F 16 L 55 / 18, опубл. 1981.
8. Заявка на патент на корисну модель «Спосіб санації та термореновації трубопроводів теплових мереж» №
9. Теплова ізоляція будівель. Конструкції будинків і споруд: ДБН В.2.6-31: 2006. – [Чинний від 2006-09-09]. – К.: Міністерство будівництва України, 2006. – 71 с. – (Державні будівельні норми).

Ратушняк Георгій Сергійович – к.т.н., професор, декан факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання Вінницького національного технічного університету, академік Академії будівництва України.

Поліщук Марина Володимирівна – аспірант кафедри теплогазопостачання Вінницького національного технічного університету.

Ратушняк Георгій Сергеевич – к.т.н., професор, декан факультета строительства, теплоэнергетики и газоснабжения Винницкого национального технического университета, академик Академии строительства Украины.

Поліщук Марина Владимировна – аспірант кафедри теплогазоснабження Винницького національного технічного університету.

Ratushnyak Georgiy – Candidate of Engineering Sciences, Professor, Dean of the Faculty building, heating and gas supply in Vinnytsia National Technical University, Academician in the Ukrainian Academy of building.

Polishchuk Maryna – Postgraduate student of the department of heat and gas supply in Vinnytsia National Technical University.