

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Ihnatsevych S. P. – PhD in Economics, Senior Researcher, State Scientific Institution “Ukrainian Institute of Scientific and Technical Expertise and Information”, 180, Antonovycha Str., Kyiv, Ukraine, 03150; ignatsevichserg@ukrintel.ua; ORCID: 0000-0002-0401-4325

Matusevych V. V. – PhD in History, Head of the Department, State Scientific Institution “Ukrainian Institute of Scientific and Technical Expertise and Information”, 180, Antonovycha Str., Kyiv, Ukraine, 03150; vv.matusevych@gmail.com; ORCID: 0000-0002-9887-1730

Надійшла до редакції 25.11.2025



<http://doi.org/10.35668/2520-6524-2025-4-08>
УДК 678.664:66.095.26; 678.664:620.193

Д. О. ЧЕРВАКОВ, канд. техн. наук

В. М. ЧЕКМЕЗ, викон. директор НВП “Укртрубоізол”

О. Ю. ЛОСКУТОВ, заст. ген. директора НВП “Укртрубоізол”

В. В. ОВСЯНИКОВ, аспірант

ПОЛІУРЕТАНОВІ СИСТЕМИ З ХІМІЧНИМ СПІНЕННЯМ ДЛЯ СИСТЕМ КОМПЛЕКСНОЇ ІЗОЛЯЦІЇ ТРУБ У ПОЛІЕТИЛЕНОВІЙ ОБОЛОНЦІ

Резюме. У статті розглянуто можливість застосування хімічно спінених поліуретанових систем як альтернативи використання поліуретанових пін, спінених із використанням ациклічних і циклічних вуглеводневих спінювачів (пентану, циклопентану) у виробництві попередньо ізольованих труб типу сталь-поліуретан-поліетилен. Основою аналізу та досліджень були промислові системи, у яких спінення відбувається внаслідок реакції ізоціанату з водою з утворенням вуглекислого газу без використання зовнішніх пороутворювальних агентів. Здійснено порівняння властивостей отриманої піни з вимогами чинних міжнародних стандартів, що підтвердило повну відповідність показників густини, міцності та теплопровідності нормативним вимогам. Сертифікаційні випробування готових труб і фасонних виробів, виконані на базі акредитованих лабораторій, засвідчили стабільність структури ізоляції та рівень адгезійної взаємодії в системах сталь-поліуретан-поліетилен. Хімічне спінення дає змогу відмовитися від вибухонебезпечних агентів, зменшити екологічний вплив і спростити виробництво без втрати теплоізоляційної ефективності. Отримані результати підтверджують доцільність використання хімічно спінених систем як базового рішення для сучасних теплоізованих трубопроводів.

Ключові слова: пінополіуретан, хімічне спінення, водоспінені системи, ізоляція труб, сталь-поліуретан-поліетилен, теплопровідність, адгезія.

ВСТУП

Одним із визначальних показників експлуатаційних властивостей жорстких спінених поліуретанів, що використовуються як теплоізоляційний матеріал у попередньо ізольованих трубах, є коефіцієнт теплопровідності. Його значення залежить від природи агента спінення, складу компонентів системи та технологічних умов процесу спінення. Національні та міжнародні стандарти, зокрема ДСТУ Б В.2.5-31:2007, ДСТУ EN 253:2016 та ISO 8873 [1–3], визначають вимоги до комплексу фізико-механічних характеристик готової ізоляції, проте не регламентують тип агента спінення, залишаючи виробнику право вибору оптимальної технології.

Упродовж багатьох років у промисловості застосовувалися фізичні агенти спінення на основі ациклічних і циклічних вуглеводнів, зокрема пентану та циклопентану, які забезпечують низьку теплопровідність, але мають суттєві недоліки — горючість, підвищені вимоги до вибухозахисту обладнання та додаткові витрати на вентиляцію і безпечно зберігання. Окрім того, навіть за нульового озоноруйнівного потенціалу такі речовини залишаються джерелом летких органічних сполук, що підпадають під екологічні обмеження [4].

Альтернативою є використання хімічного спінення, коли газова фаза утворюється безпосередньо внаслідок реакції ізоціанату з водою з виділенням вуглекислого газу [5–6]. Цей процес не потребує введення зовнішніх летких агентів спінення, забезпечує стабільну структуру ізоляційного шару та підвищує безпечність виробництва. Хоча вуглекислий газ має дещо вищу теплопровідність, ніж пентанові гази, проте завдяки оптимізації рецептур і режимів спінення досягається баланс між теплоізоляційною ефективністю, міцністю та екологічністю [7].

Отже, упродовження хімічно спінених поліуретанових систем відкриває можливість знизити технологічні ризики, скоротити енергетичні витрати та підвищити екологічну безпеку виробництва, забезпечуючи довготривалу стабільність теплоізоляційних властивостей трубопроводів.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для дослідження застосовано промислові поліуретанові системи VORACOR (компонент А — поліол, компонент В — ізоціанат) виробництва компанії Dow Chemical Europe GmbH (Німеччина).

Вихідні характеристики компонентів визначені за сертифікатами аналізу та паспортами безпеки виробника поліол VORACOR CG 691 та ізоціанат VORACOR CD 345, відповідно.

Поліол CG 691 має гідроксильне число 276–83 мг КОН/г і вміст води близько 3,4 %, а ізоціанат CD 345 містить 31,2 % ізоціанатних груп (NCO). Обидва компоненти не містять галогеновмісних речовин та озоноруйнівних сполук.

Формування ізоляційного шару відбувалося в кільцевому просторі між сталеву трубою та поліетиленовою оболонкою методом заливки реакційної суміші з дотриманням рекомендованого масового співвідношення компонентів (А)100 ± 10 : (В) 150 ± 30. Температура компонентів підтримувалася в межах 20–25 °С, температура поверхонь труб — не нижче 30 °С. Після заливки проводилося витримання до повного дозрівання піни.

Випробування зразків проводили відповідно до вимог міжнародних і національних стандартів ISO 8873-1:2006, ISO 8873-3:2007, ДСТУ Б В.2.5-31:2007 та ДСТУ EN 253:2016 [8–10]. Визначали густину, вміст закритих комірок, коефіцієнт теплопровідності, міцність на стискання за деформації 10 %, стабільність розмірів після теплових циклів та адгезію до поверхонь труб і оболонки.

Додатково оцінювали стабільність структури піни після циклів нагрівання та охолодження, а також зміну теплопровідності з часом, використовуючи методики прискореного старіння (ISO 11561) [11]. Отримані результати порівнювали з нормативними межами, установленими для теплоізоляційних систем трубопроводів згідно з ДСТУ Б В.2.5-31:2007 та EN 253:2016 [2–3].

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Результати досліджень показали, що промислова поліуретанова система під торговою маркою VORACOR характеризується стабільними властивостями компонентів і формує теплоізоляційний шар, який повністю відповідає вимогам національних і міжнародних стандартів ДСТУ Б В.2.5-31:2007, ДСТУ EN 253:2016 та ISO 8873 [1–3].

Аналіз сертифікатів якості виробника Dow Chemical Europe GmbH за період поставок у 2024–2025 рр. підтвердив відтворюваність головних показників компонентів поліольної та ізоціанатної частин.

Відхилення фізико-хімічних показників не перевищують ±1 % від даних сертифікату, що свідчить про високу стабільність рецептури та контроль процесів на виробництві (**табл. 1**).

Послідовність візуалізації технологічних етапів виготовлення та зовнішній вигляд поліуретанової системи з хімічним спіненням, призначеної для ізоляції труб у поліетиленовій оболонці, подано на **рис. 1**.

Таблиця 1

Статистичні дані фізико-хімічних показників компонентів системи VORACOR

Показники	Дані специфікації	Фактичні значення	Середнє значення
Компонент А			
Гідроксильне число, мг КОН/г	269–303	276; 279; 280; 283	279,5 ± 2,6
Вміст води, %	3,25–3,55	3,36; 3,38; 3,40; 3,43	3,39 ± 0,03
Компонент В			
Вміст ізоціанатних груп, %	30,0–32,0	31,4; 31,2; 31,0; 31,2	31,2 ± 0
Температура зберігання, °С	15–25	дотримано	–
Термін зберігання, міс.	6	дотримано	–

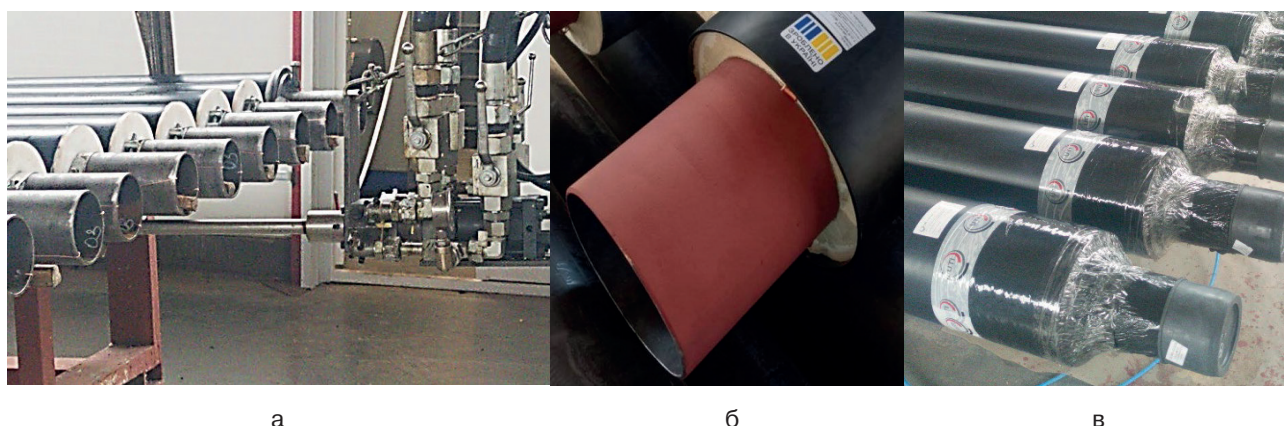


Рис. 1. Зовнішній вигляд і основні етапи виготовлення поліуретанової ізоляції з хімічним спіненням для систем типу сталь-поліуретан-поліетилен: а) заливання реакційної суміші; б) стан після формування та стабілізації структури піни; в) фінішне оброблення та пакування готової ізольованої труби

Стабільність показників від партії до партії компонентів А і В дає підстави очікувати, що зміна партій не буде критично впливати на властивості спінених систем, а технологічні параметри виробництва труб залишатимуться відтворюваними.

За рівнем теплофізичних властивостей (табл. 2) спінених поліуретанів, встановлено, що коефіцієнт теплопровідності дослідженої ізоляції становить 0,027 Вт/(м·К). Це значення є ниж-

чим за нормативний максимум ($\leq 0,033$ Вт/(м·К)) [1] та ($\leq 0,029$ Вт/(м·К)) [3], що свідчить про високий рівень теплоізоляційних властивостей навіть за відсутності фізичних агентів спінення.

Умовна густина матеріалу становила 78–82 кг/м³, що перевищує мінімальні вимоги стандартів (≥ 60 кг/м³).

Вміст закритих комірок перевищував 90 %, забезпечуючи низьке водопоглинання (≤ 5 %) і стабільність структури в часі.

Таблиця 2

Статистичні дані показників теплофізичних властивостей піно-поліуретанової ізоляції

Показники	Діапазон	Вимоги стандартів	
		[1]	[3]
Умовна густина, кг/м ³	78...82	≥ 60	≥ 55
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)	0,027	$\leq 0,033$	$\leq 0,029$
Вміст закритих комірок, %	89...92	≥ 88	≥ 88
Водопоглинання за 24 год, %	4,5...5,2	≤ 10	≤ 10

Додаткові випробування за методикою прискороеного старіння (ISO 11561) показали, що зростання коефіцієнта теплопровідності за 25 років експлуатації не перевищує 15–18 %, що відповідає LTTR-характеристикам пінополіуретанів, спінених фізичними агентами типу циклопентану.

На **рис. 2 і 3** наведено порівняльні діаграми головних експлуатаційних характеристик пінополіуретанів хімічного (ППУ ХВ) та фізичного спінення (ППУ ФВ) виробництва ТОВ “НВП «Укртрубоізол»” з еталонним зразком, спіненим циклогексаном.

Аналізуючи результати, наведені на **рис. 2 і 3**, можна відзначити, що пінополіуретанові матеріали, отримані в умовах виробництва ТОВ “НВП «Укртрубоізол»”, за головними експлуатаційними характеристиками не поступають

ся відомим аналогам і повністю відповідають вимогам чинних національних і міжнародних стандартів [1–3].

Механічні властивості та стабільність структури спінених систем за деформації 10 % становила 0,30–0,36 МПа, що відповідає нормативним вимогам ($\geq 0,30$ МПа).

Стабільність розмірів після теплових циклів ($-25\dots+70$ °С, 48 год) залишалася в межах ± 1 %, що свідчить про відсутність усадкових або деформаційних процесів у структурі піни.

Висока адгезія спіненого поліуретану до сталевій труби та поліетиленової оболонки є одним із головних показників якості тришарової конструкції *сталь-поліуретан-поліетилен*. Під час заливки хімічно спінених систем реакція проходить без участі летких агентів, тому пінополіуретан утворює щільний контакт із поверхнями

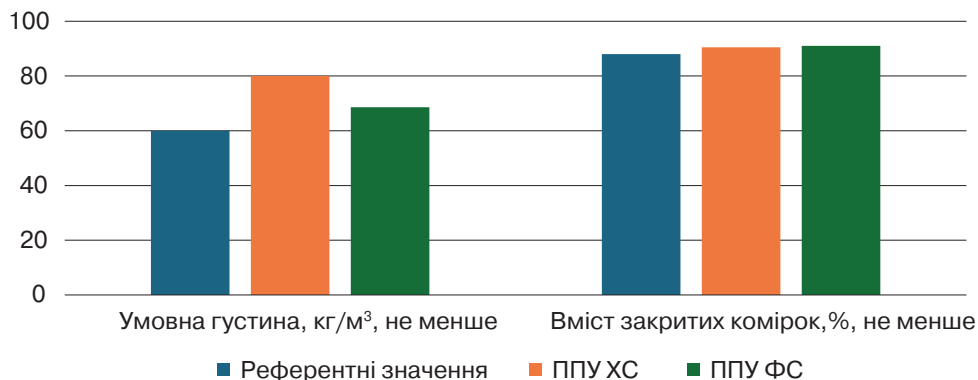


Рис. 2. Порівняння основних фізичних властивостей пінополіуретанів, отриманих хімічним (ХС) і фізичним (ФС) спіненням, відповідно до вимог стандартів

Джерело: сформовано на основі [1; 3].

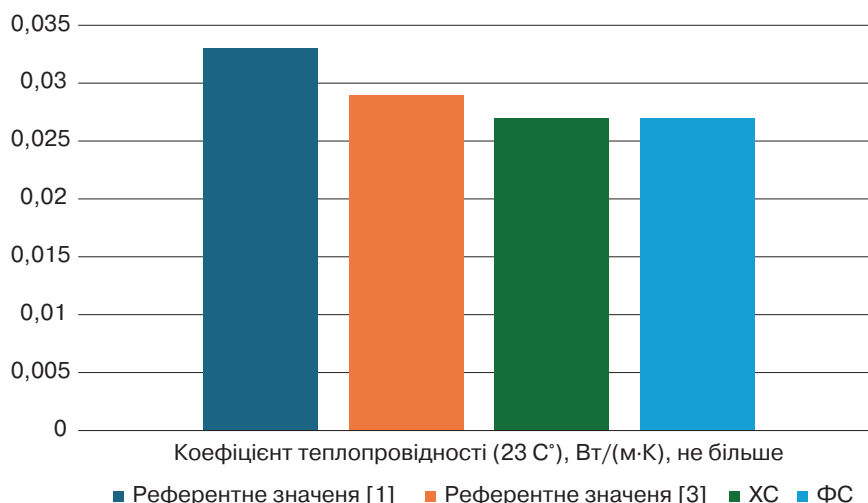


Рис. 3. Порівняння коефіцієнта теплопровідності пінополіуретанів, отриманих хімічним (ХС) і фізичним (ФС) спіненням, у порівнянні з вимогами стандартів

Джерело: сформовано на основі [1; 3].

завдяки комбінації механічного зчеплення (яке виникає за рахунок проникнення рідкої фази в мікрошорсткість металу) та хімічної взаємодії з поверхнево-активними групами.

Відсутність у системі зовнішніх вуглеводневих домішок виключає утворення повітряних прошарків або відшарування під час адитивної полімеризації, що часто спостерігається в системах із циклопентаном.

Під час механічних випробувань на відрив поліуретан не відокремлювався від труби чи оболонки — руйнування відбувалося в тілі піни (когезійне руйнування), що свідчить про те, що міцність адгезійного з'єднання перевищує міцність самого матеріалу.

Для зразків, виготовлених у виробничих умовах, середнє значення зусилля відриву від сталеві поверхні становило близько 0,30–0,35 МПа, а від поліетиленові оболонки — 0,25–0,30 МПа, що перевищує мінімальні вимоги стандартів EN 253 і ДСТУ Б В.2.5-31:2007 [2–3] (результати наведено в **табл. 3**).

Візуальний контроль після циклічних теплових навантажень (-25...+70 °С, 48 год) показав

повну відсутність розшарувань, тріщин і відривів. Зчеплення між шарами залишалось стабільним навіть після багаторазових теплових коливань, що підтверджує низьку внутрішню напруженість у матеріалі та однорідність структури піни.

Таким чином, використання хімічного спінення сприяє утворенню рівномірного, безпористого адгезійного шару, який забезпечує цілісність конструкції труби під час транспортування, монтажу та експлуатації.

На **рис. 4** наведено порівняльні діаграми міцності при стисненні за деформації 10 % пінополіуретанів хімічного (ППУ ХВ) та фізичного спінення (ППУ ФВ) виробництва ТОВ “НВП “Укртрубоізол”” з еталонним зразком, спіненим циклогексаном.

Усі отримані показники підтверджують високу технологічну стабільність і відповідність поліуретанові системи вимогам стандартів.

Попри відсутність фізичних агентів спінення, теплофізичні та механічні параметри залишаються на рівні систем, що працюють на циклопентані.

Таблиця 3

Фізико-механічні властивості ізоляційного шару поліуретану

Показники	Отриманий результат	Вимоги стандартів [1; 3]
Міцність при стисненні (10 % деформації), МПа	0,30–0,36	≥ 0,30
Стабільність розмірів (-25...+70 °С, 48 год), %	0,7–1,0	≤ 2
Адгезія до сталі / поліетилену, бал [12]	4–5*	не нижче 4

Примітка: * — без відшарування.

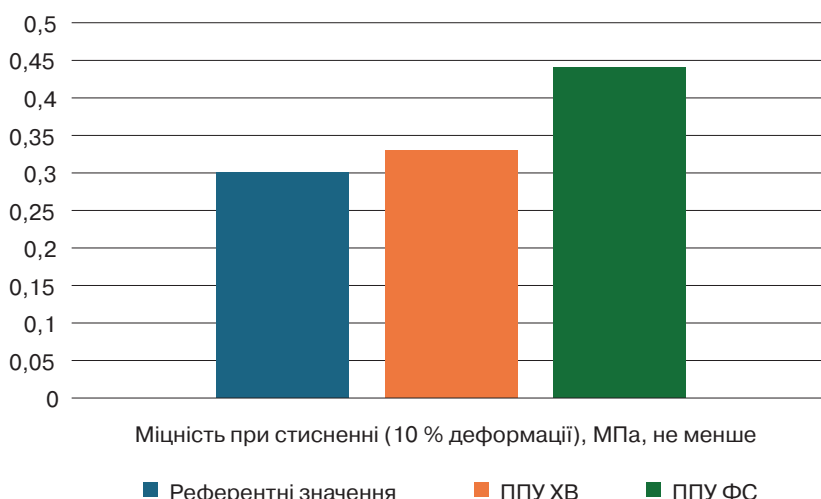


Рис. 4. Порівняння міцності при стисненні за деформації 10 %, отриманих хімічним (ХВ) та фізичним (ФС) спіненням, у порівнянні з вимогами стандартів

Джерело: сформовано на основі [1; 2].

Отримання теплоізоляції на основі хімічно спіненого поліуретану дає змогу забезпечити стабільну морфологію коміркової структури, низьку теплопровідність і високу адгезію до поверхонь труби та оболонки, що визначає довговічність теплоізоляційної системи.

Таким чином, результати дослідження підтверджують, що застосування хімічного спінення поліуретану у системах типу сталь-поліуретан-поліетилен є ефективною та екологічно безпечною альтернативою фізичним агентам спінення, зокрема ациклічним і циклічним вуглеводням.

ВИСНОВКИ

Отримані результати підтвердили, що застосування хімічного спінення поліуретану є ефективною та екологічно безпечною альтернативою використання традиційних агентів спінення на основі ациклічних і циклічних вуглеводнів. Промислові поліуретанові системи VORACOR, виробництва Dow Chemical Europe GmbH, забезпечують отримання пін і готової ізоляції на її основі зі стабільними та відтворюваними характеристиками. Коливання головних хімічних показників сировини не перевищували одного відсотка, що свідчить про високий рівень контролю якості та технологічність дослідженої поліуретанової системи. Теплофізичні та механічні показники пінополіуретану, виготовленого з цієї системи, повністю відповідають вимогам стандартів ДСТУ Б В.2.5-31:2007, ДСТУ EN 253:2016 та ISO 8873: коефіцієнт теплопровідності становить близько 0,027 Вт/(м·К), густина — близько 80 кг/м³, вміст закритих комірок > 90 %, а міцність при стисненні > 0,30 МПа. Висока адгезія поліуретану до сталевих труб та поліетиленової оболонки забезпечує цілісність тришарової конструкції, відсутність розшарувань і стабільність з'єднання навіть після теплових циклів. Використання хімічного спінення дає змогу усунути потребу у вибухонебезпечних агентах, спростити виробництво, знизити екологічний вплив і забезпечити довговічність теплоізоляційних властивостей попередньо ізольованих труб.

Список використаних джерел

1. ДСТУ Б В.2.5-31:2007. Труби сталеві з теплоізоляцією з пінополіуретану та захисною оболонкою з поліетилену. Загальні технічні умови. — Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. — 48 с.
2. ДСТУ EN 253:2016. Мережі теплопостачання. Попередньо ізольовані труби зі сталевією трубою для перенесення гарячої води, ізоляцією з твердого пінополіуретану та зовнішньою оболонкою з поліетилену. — Київ : ДП "УкрНДНЦ", 2017. — 46 с.
3. ISO 8873-1:2006. Plastics piping systems for the supply of gaseous fuels — Polyurethane tapping tees — Part 1: General requirements and performance tests. — Geneva : International Organization for Standardization, 2006. — 22 p.

4. EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019 — Section 2.D.3: Chemical Industries / Other Solvent Use — Polyurethane (PUR) and Polystyrene (EPS) Foams; European Environment Agency (EEA). — Luxembourg : Publications Office of the European Union, 2019. — 38 p.
5. Limits of Performance of Polyurethane Blowing Agents / L. Jaf, H. H. Al-Moameri, A. A. Ayash et al. // Sustainability. — 2023. — Vol. 15. — No. 8. — P. 6737. DOI: 10.3390/su15086737.
6. Analysis of thermal properties and heat transfer mechanisms for polyurethane foams blown with water / S. W. Choi, J. M. Jung, H. M. Yoo, S. H. Kim, W. I. Lee // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. — 2018. — Vol. 134. — P. 125–137. DOI: 10.1007/s10973-018-6990-8.
7. Water blown polyurethane spray foam system : пат. US7160930B2 США. — 2007. — Заявл. 15.07.2004; опубл. 09.01.2007.
8. ISO 8873-1:2006. Cellular plastics - Polyurethane raw materials - Part 1: Designation system and basis for specifications. — Geneva : International Organization for Standardization, 2006. — 12 p.
9. ISO 8873-3:2007. Cellular plastics - Polyurethane raw materials — Part 3: Determination of properties of polyol component. — Geneva : ISO, 2007. — 18 p.
10. ДСТУ Б В.2.5-31:2007. Будівельні матеріали. Матеріали теплоізоляційні. Методи визначення теплопровідності. — Київ : Держспоживстандарт України, 2007. — 28 с.
11. ISO 11561:1999. Thermal insulation products for buildings — Determination of long-term thermal resistance of closed-cell plastic foams. — Geneva : International Organization for Standardization, 1999. — 16 p.
12. EN 253:2019. District heating pipes — Preinsulated bonded pipe systems for directly buried hot water networks — Requirements and test methods. — Brussels : European Committee for Standardization, 2019. — 44 p.

REFERENCES

1. (2008). DSTU B V.2.5-31:2007. Truby stalevi z teploizolatsiieiu z pinopoliuretanu ta zakhysnoiu obolonkoiu z polietylenu. Zahalni tekhnichni umovy [DSTU B V.2.5-31:2007. Steel pipes with polyurethane foam thermal insulation and polyethylene protective sheath. General technical conditions]. Kyiv, 48 p. [in Ukr.].
2. (2017). DSTU EN 253:2016. Merezhi teplopochachannia. Poperedno izolovani truby zi stalevoiu truboiu dlia perenesennia hariachoi vody, izolatsiieiu z tverdoho pinopoliuretanu ta zovnishnoiu obolonkoiu z polietylenu [DSTU EN 253:2016. District heating networks. Pre-insulated pipes with steel pipe for hot water transport, rigid polyurethane foam insulation and polyethylene outer sheath]. Kyiv, 46 p. [in Ukr.].
3. (2006). ISO 8873-1:2006. Plastics piping systems for the supply of gaseous fuels — Polyurethane tapping tees — Part 1: General requirements and performance tests. Geneva, 22 p.
4. (2019). EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2019 - Section 2.D.3: Chemical Industries. Other Solvent Use — Polyurethane (PUR) and Polystyrene (EPS) Foams. European Environment Agency (EEA). Luxembourg, 38 p.
5. Jaf, L., Al-Moameri, H. H., Ayash, A. A., Lubguban, A. A., Malaluan, R. M., & Ghosh, T. (2023). Limits of Performance of Polyurethane Blowing Agents. *Sustainability*, 15 (8), 6737. DOI: 10.3390/su15086737.

6. Choi, S. W., Jung, J. M., Yoo, H. M., Kim, S. H., & Lee, W. I. (2018). Analysis of thermal properties and heat transfer mechanisms for polyurethane foams blown with water. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 134, 125-137. DOI: 10.1007/s10973-018-6990-8.
7. (2007). Water blown polyurethane spray foam system: pat. US7160930B2 United States. Application. 15.07.2004; published 09.01.2007.
8. (2006). ISO 8873-1:2006. Cellular plastics — Polyurethane raw materials — Part 1: Designation system and basis for specifications. Geneva, 12 p.
9. (2007). ISO 8873-3:2007. Cellular plastics — Polyurethane raw materials — Part 3: Determination of properties of polyol component. Geneva, 18 p.
10. (2007). DSTU B V.2.5-31:2007. Budivelni materialy. Materialy teploizolatsiini. Metody vyznachennia teploprovodnosti [DSTU B V.2.5-31:2007. Building materials. Thermal insulation materials. Methods for determining thermal conductivity]. Kyiv, 28 p. [in Ukr.].
11. (1999). ISO 11561:1999. Thermal insulation products for buildings — Determination of long-term thermal resistance of closed-cell plastic foams. Geneva, 16 p.
12. (2019). EN 253:2019. District heating pipes — Pre-insulated bonded pipe systems for directly buried hot water networks — Requirements and test methods. Brussels, 44 p.

D. O. CHERVAKOV, PhD in Engineering, Associate Professor

V. M. CHEKMEZ, Executive Director

O. Yu. LOSKUTOV, Quality Director

V. V. OVSIANYKOV, Postgraduate Student

POLYURETHANE SYSTEMS WITH CHEMICAL BLOWING FOR INTEGRATED PIPE INSULATION WITHIN POLYETHYLENE CASINGS

Abstract. *The study considers the possibility of applying chemically foamed polyurethane systems as an alternative to polyurethane foams produced with acyclic and cyclic hydrocarbon blowing agents (pentane, cyclopentane) in the manufacture of pre-insulated pipes of the steel-polyurethane-polyethylene type. The basis for analysis and investigation was industrial systems in which foaming occurs due to the reaction of isocyanate with water, generating carbon dioxide without the use of external blowing agents. A comparison of the properties of the resulting foam with the requirements of current international standards confirmed full compliance of density, strength, and thermal conductivity indicators with normative limits. Certification tests of finished pipes and fittings, carried out in accredited laboratories, demonstrated the stability of the insulation structure and the level of adhesive interaction in steel-polyurethane-polyethylene systems. Chemical foaming makes it possible to eliminate explosive agents, reduce environmental impact, and simplify production without loss of thermal insulation efficiency. The obtained results confirm the feasibility of using chemically foamed systems as a baseline solution for modern heat-insulated pipelines.*

Keywords: *polyurethane foam, chemical foaming, water-blown systems, pipe insulation, steel-polyurethane-polyethylene pipes, thermal conductivity, adhesion.*

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Черваков Денис Олегович – канд. техн. наук, доц. кафедри технології палив, полімерних та поліграфічних, Український Державний Університет Науки і Технологій, ННІ “Український державний хіміко-технологічний університет”, просп. Науки 8, м. Дніпро, Україна, 49005; +38 (050) 363-44-02; dchervakov@ukr.net; ORCID: 0000-0003-1521-9171

Чекмез Віталій Миколайович – директор виконавчий НВП “Укртрубоізол”, вул. Заводська, 2, сел. Меліоративне, Дніпропетровська обл., Україна, 51217; +38 (097) 956-31-25; vchekmez@gmail.com; ORCID: 0009-0005-5969-4777

Лоскутов Олександр Юрійович – заступник генерального директора з якості НВП “Укртрубоізол”, вул. Заводська, 2, сел. Меліоративне, Дніпропетровська обл., Україна, 51217; +38 (050) 704-89-08, a.loskutov@uti.ua; ORCID: 0009-0006-7002-9994

Овсяников Віталій Вікторович – аспірант ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Дніпро; директор технічний НВП “Укртрубоізол”, вул. Заводська, 2, сел. Меліоративне, Дніпропетровська обл., Україна, 51217; +38 (068) 783-18-68; tehdir@uti.ua; ORCID: 0000-0001-8458-176X

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Chervakov D. O. – PhD in Engineering, Associate Professor, Department of Fuels, Polymer and Printing Materials Technology, Ukrainian State University of Science and Technology; SEI “Ukrainian State University of Chemical Technologies”, 8, Nauky Ave., Dnipro, Ukraine, 49005; +38 (050) 363-44-02; dchervakov@ukr.net; ORCID: 0000-0003-1521-9171

Chekmez V. M. – Executive Director, LLC “UKRTRUBOIZOL”, 2, Zavodska Str., Melioratyvne, Dnipropetrovsk Region, Ukraine, 51217; +38 (097) 956-31-25; vchekmez@gmail.com; ORCID: 0009-0005-5969-4777

Loskutov O. Yu. – Quality Director, LLC “UKRTRUBOIZOL”, 2, Zavodska Str., Melioratyvne, Dnipropetrovsk Region, Ukraine, 51217; +38 (050) 704-89-08, a.loskutov@uti.ua; ORCID: 0009-0006-7002-9994

Ovsianikov V. V. – Postgraduate Student, State Higher Education Institution “Priazovskyi State Technical University”, Dnipro, Ukraine; Technical Director, LLC “UKRTRUBOIZOL”, 2, Zavodska Str., Melioratyvne, Dnipropetrovsk Region, Ukraine, 51217; +38 (068) 783-18-68; tehdir@uti.ua; ORCID: 0000-0001-8458-176X

Надійшла до редакції 1.12.2025