

РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО РЕКОНСТРУКЦІЇ СТАЛЕВИХ ГАЗОВИХ МЕРЕЖ ШЛЯХОМ ПРОТЯГУВАННЯ В НИХ ПОЛІЕТИЛЕНОВИХ ТРУБ

А.І. Ксенич, М.Д. Середюк, І.І. Височанський

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел.(03422) 42166,
e-mail: tzn g@n ung. edu. ua

Наведено рекомендації щодо реконструкції підземних сталевих трубопроводів із використанням поліетиленових труб. Виявлено, що при протягуванні поліетиленових труб з діаметрами, які рекомендовані чинним нормативним документом ДБН В.2.5-41:2009, без зміни робочого тиску, відбувається зниження пропускної здатності від 60% до 95% залежно від діаметра сталевих газопроводів. З метою збереження пропускної здатності під час реконструкції запропоновано метод заміни робочого тиску в системі газопостачання з низького на середній. Розроблено методику та програмне забезпечення, які дають змогу за відомого гідравлічного нахилу в сталевій газовій мережі низького тиску визначити необхідне значення енергетичного параметра A у поліетиленових газопроводах середнього тиску, яке забезпечить повне збереження пропускної здатності та виконання рекомендацій ДБН В.2.5-41:2009 щодо реконструкції. На основі проведених досліджень одержано відповідні аналітичні залежності та графічні номограми, які дають змогу визначити необхідні геометричні та режимні параметри газопроводу середнього тиску для заміни сталевих газопроводів низького тиску за умови повного збереження проектною пропускною здатності.

Ключові слова: газові мережі низького тиску, газові мережі середнього тиску, сталеві труби, поліетиленові труби, гідравлічний розрахунок, реконструкція.

Разработаны рекомендации по реконструкции подземных стальных трубопроводов с использованием полиэтиленовых труб. Выявлено, что при прокладке полиэтиленовых труб с диаметрами, рекомендованными действующим нормативным документом ДБН В.2.5-41: 2009, без изменения рабочего давления, имеет место снижение пропускной способности от 60% до 95% в зависимости от диаметра стального газопровода. С целью сохранения пропускной способности при реконструкции предложен метод замены рабочего давления в системе газоснабжения с низкого на средний. Разработана методика и программное обеспечение, позволяющие по известному значению гидравлического наклона в стальной газовой сети низкого давления определить необходимое значение разности квадратов начального и конечного давлений на единицу длины полиэтиленового газопровода среднего давления, что обеспечит полную сохранность пропускной способности и выполнения рекомендаций ДБН В.2.5 -41:2009 по выбору диаметра трубы. На основе проведенных исследований получены аналитические зависимости и графические номограммы, позволяющие определять необходимые геометрические и режимные параметры газопровода среднего давления для замены стального газопровода низкого давления при условии полного сохранения проектной пропускной способности.

Ключевые слова: газовые сети низкого давления, газовые сети среднего давления, стальные трубы, полиэтиленовые трубы, гидравлический расчет, реконструкция.

The recommendations are developed for the reconstruction of underground steel pipelines with the use of polyethylene pipes. It is found that in case of dragging polyethylene pipes with diameters that are recommended by the normative document the State Construction Standard (ДБН В.2.5-41:2009) the throughput lowers from 60% to 95% depending on the diameter of the steel pipeline when the operating pressure doesn't change. The operating pressure in the gas supply system is offered to be changed from the low one to the medium one in order to preserve the throughput during the reconstruction. The methods and software are developed in order to calculate the value of the difference of squares of the initial and final pressure per one length unit of the medium pressure polyethylene pipeline when the value of the hydraulic tilt in the low pressure steel gas network is known and this will guarantee the throughput preservation and the implementation of the normative document the State Construction Standard (ДБН В.2.5-41:2009) that deals with the choice of the pipe diameter.

Based on the research the analytical dependencies and the graphical nomographs have been obtained in order to determine the necessary geometrical and regime parameters of the medium pressure gas pipeline for replacing the steel low pressure gas pipeline on condition of the full project throughput preservation.

Keywords: low pressure gas networks, medium pressure gas networks, steel pipelines, polyethylene pipelines, hydraulic calculation, reconstruction.

На сьогоднішній день Україна є головним транзитером природного газу до європейських ринків та основним його споживачем. Її газотранспортна система є другою за розмірами в Європі після Росії й однією з найбільших у світі. Забезпечення внутрішніх споживачів природним газом здійснюється газовими мережами (з надлишковим тиском до 1,2 МПа), довжина

яких в Україні становить 349,2 тис. км. З метою визначення працездатності розподільних газопроводів та споруд запроваджено моніторинг їх фактичного технічного стану. Роботи з обстеження розподільних газопроводів проводяться у відповідності з довгостроковою програмою обстеження і моніторингу технічного стану газорозподільних мереж на 2008-2012

роки, якою передбачено обстеження 200 тис км (60% протяжності) газових мереж. Успішна реалізація програми передбачає придбання сучасного обладнання та приладів контролю і діагностики технічного стану газорозподільних мереж на загальну суму 60 млн. грн., а в подальшому – складання планів капітального ремонту газопроводів та об'єктів газового господарства. Згідно з результатами проведеного обстеження в Україні вже зараз вичерпаний термін амортизації 12 тис. км газорозподільних мереж (близько 7 % від загальної протяжності), близько 500 км газопроводів вимагають капітального ремонту, а 55 км – заміни. Найбільшою гостротою ця проблема набула у Львівській, Івано-Франківській, Чернівецькій та Одеській областях, де газорозподільні мережі експлуатуються понад 50 років. На виконання доручення НАК "Нафтогаз України" ДК фахівцями "Газ України" розроблений проект перспективного плану капітального будівництва та ремонту розподільних газових мереж з використанням поліетиленових труб на період 2004-2012 рр. Передбачено будівництво 544 км нових розподільних мереж та капітальний ремонт 352 км газопроводів із заміною сталевих труб на поліетиленові. Реконструкція систем газопостачання повинна проводитися з використанням енергоефективних технологій, що дозволятимуть зменшити обсяг витрат та втрат природного газу.

Однією із прогресивних технологій в газопостачанні України є реконструкції зношених підземних сталевих газопроводів із використанням їх як каркаса для протягування в них поліетиленових труб. Державні будівельні норми України ДБН В.2.5-41:2009 [1] допускають використання як каркаса раніше виведених з експлуатації газопроводів після відповідного їхнього прочищення та перевірки.

Рішення про використання конкретного варіанта безтраншейного відновлення працездатності газорозподільних мереж приймається після складання загальної схеми реконструкції газової мережі на підставі техніко-економічного порівняння варіантів і розрахунку пропускної здатності газопроводу з урахуванням вимог ДБН В.2.5-20. Використання даного методу реконструкції газових мереж низького (надлишковий тиск до 0,005 МПа), середнього (понад 0,005 МПа до 0,3 МПа) і високого (до 1,0 МПа) тисків із застосуванням поліетиленових труб є доцільним для всіх природно-геологічних умов, що передбачені чинними нормативними документами для прокладання газопроводів із поліетиленових труб.

У процесі реконструкції сталевих газопроводів низького тиску поліетиленові труби, що протягнені у ньому, можуть використовуватися для транспортування газу як низького, так і середнього або високого тиску. Доцільність переведення існуючих газових мереж із низького тиску на середній або високий може бути встановлена на підставі визначення їх пропускної здатності.

Перед реконструкцією газопровід обстежують та очищують. Спосіб очищення внутрі-

шньої поверхні газопроводу залежить від ступеня та виду забруднень і може бути проведений за допомогою шкребків, поршнів, піскоструминних апаратів тощо. Після цього відеокамерою перевіряється можливість безперешкодного протягання поліетиленової труби по всій довжині газопроводу, що відновлюється. При цьому необхідно враховувати стан внутрішньої поверхні сталевих газопроводів, а також особливості профілю траси, можливість накопичення рідких забруднень в понижених точках газопроводу, які можуть перешкоджати вільному проходженню поліетиленової труби. Реконструкція сталевих газопроводів передбачається ділянками. Для видалення забруднень внутрішньої поверхні газопроводу довжина ділянок, що підлягають очищенню, повинна прийматися, як правило, не більшою 100 м. Відкрите прокладання поліетиленових газопроводів допускається в місцях з'єднання труб деталями із закладними нагрівальними елементами, переходів труб з одного діаметра на інший, у місцях устанавлення переходів "поліетилен-сталь", трійників, поворотів газопроводу, а також на ділянках сталевих газопроводу, що видаляються та перешкоджають протягуванню поліетиленових труб [1].

Технологія протягування усередині сталевих зношеного газопроводу передбачає використання поліетиленової труби із меншим діаметром. За незмінного робочого тиску це спричиняє зменшення пропускної здатності газопроводу. Тому при розроблянні робочого проекту реконструкції системи газопостачання можуть розглядатися такі варіанти технічних рішень:

- збереження існуючого низького тиску в газовій мережі;
- повне переведення мереж низького тиску на середній з устанавленням кожному споживачеві комбінованих будинкових регуляторів тиску;
- часткове переведення мереж низького тиску на середній з устанавленням регуляторів тиску для групи споживачів газу;
- переведення газопроводу середнього тиску на високий за умов повного забезпечення газом споживачів.

Найбільш актуальними на сьогодні є два перших варіанти технічних рішень реконструкції газових мереж, конкретні рекомендації щодо реалізації яких наведені нижче.

Співвідношення зовнішніх діаметрів сталевих і поліетиленових труб, що протягуються в них, згідно з рекомендаціями [1] наведені в таблиці 1.

Виконаний аналіз даних таблиці 1 засвідчив, що при її складанні урахувалась лише технічна можливість розміщення поліетиленової труби меншого діаметра всередині порожнини сталевих труб більшого діаметра і не враховані аспекти збереження пропускної здатності елемента газорозподільної мережі, яка підлягає реконструкції. Такий підхід не зможе забезпечити ефективної роботи системи газопостачання після реконструкції. Ось чому важ-

Таблиця 1 – Співвідношення діаметрів сталевих і поліетиленових труб, що протягуються в них, згідно з рекомендаціями ДБН В.2.5-41:2009

Зовнішній (умовний) діаметр сталевих газопроводу, що відновлюється, мм	Номинальний зовнішній діаметр поліетиленових труб, що рекомендуються до протягання, мм	Коефіцієнт зменшення прохідного перерізу	
		SDR 11	SDR 17,6
40	20	8,6	-
50	32	4,9	-
65	40	4,6	-
80	50	4,2	-
100	63	3,8	-
150	110	2,8	-
200	160	2,6	2,2
250	200	2,6	2,2
250	225	2,0	1,7
300	250	2,3	2,0
350	315	1,9	1,7

ливе теоретичне і практичне значення має вирішення задачі знаходження необхідного діаметра поліетиленової газопроводу для протягування, який би забезпечував пропускну здатність газової мережі, що була до реконструкції.

Спочатку вирішимо зазначену задачу стосовно реконструкції сталевих газопроводів низького тиску. Необхідний діаметр поліетиленової труби для заміни сталеві з збереженням пропускну здатності будемо знаходити як за нормативною методикою, так за методикою, що пропонується. Остання враховує фактичну енерговитратність поліетиленових труб і фактичні температурні умови перекачування газу.

Наперед прогнозуємо, що якщо не змінювати робочий тиск, то необхідний діаметр поліетиленової труби для заміни сталеві з збереженням пропускну здатності буде більшим за те значення, яке рекомендується таблицею 1. Практичне значення має вирішення питання – на скільки знизиться пропускну здатність елемента газорозподільної мережі, якщо виконати заміну труб відповідно до рекомендацій таблиці 1.

Нормативна методика визначення пропускну здатності газопроводу низького тиску базується на використанні формули для втрат тиску від тертя в газопроводі [2] за відомим значенням гідравлічного нахилу I . Методика, що пропонується, базується на використанні формул, наведених нами у роботі [3] за результатами експериментальних досліджень. Для реалізації методик нами розроблена програма RECONST-N, яка дає можливість провести багатоваріантні розрахунки стосовно заміни труб сталевих на поліетиленові без зміни робочого тиску. Розрахунки виконані для повного діапазону зміни гідравлічного нахилу в системах газопостачання населених пунктів. Одержані результати для різних значень гідравлічного нахилу наведені у таблицях 2-7. У зазначених таблицях для кожного із стандартних діаметрів сталевих газопроводів низького тиску $D_3 \times \delta$

наведено такі параметри: пропускну здатність Q ; розрахований за двома методиками необхідний діаметр поліетиленової труби, який забезпечує збереження пропускну здатності; відсоток зниження пропускну здатності у разі використання діаметра поліетиленової труби відповідно до рекомендацій таблиці 1.

Рисунок 1 ілюструє одержану графічну залежність зниження пропускну здатності газопроводу від внутрішнього діаметра сталевих газопроводу низького тиску у разі протягування у ньому поліетиленової труби з діаметром, який рекомендується ДБН В.2.5-41:2009, без зміни робочого тиску для одного із значень гідравлічного нахилу. Розрахунки виконані за нормативною та запропонованою уточненою методикою гідравлічного розрахунку.

Аналіз багатоваріантних розрахунків свідчить, що для можливого діапазону зміни гідравлічного нахилу в системах газопостачання населених пунктів використання діаметрів поліетиленових труб, рекомендованих ДБН В.2.5-41:2009, за умови збереження низького тиску призводить до значного зменшення пропускну здатності системи. Втрата пропускну здатності елемента газорозподільної системи становить від 40% до 94% залежно від діаметра сталевих газопроводу. Тому такий варіант реконструкції систем розподілу газу не є ефективним і не може бути реалізований.

Тому наступним етапом досліджень було визначення необхідного діаметра поліетиленового газопроводу середнього тиску для заміни сталевих газопроводу низького тиску за умови повного збереження пропускну здатності. Розрахунки також виконані за двома методиками – за нормативною та уточненою, що пропонується. Нормативна методика базується на використанні формули для зміни тиску на ділянці газопроводу середнього тиску, що рекомендована [2]. Уточнена методика розрахунку газових мереж середнього тиску базується на використанні формул, наведених нами у роботі [3] за

Таблиця 2 – Результати визначення необхідного діаметра поліетиленової труби низького тиску при реконструкції сталевго газопроводу за умови збереження пропускної здатності для гідравлічного нахилу $I=0,5$ Па/м

Діаметр сталевго газопроводу, $D_3 \times \delta, \text{мм}$	Пропускна здатність, $Q_n, \text{м}^3/\text{год}$	Діаметр поліетиленового газопроводу згідно з ДБН В.2.5-41:2009		Діаметр поліетиленового газопроводу згідно з нормативною методикою		Діаметр поліетиленового газопроводу згідно з уточненою методикою		Зниження пропускної здатності, %	
		$D, \text{мм}$	$D_3 \times \delta, \text{мм}$	$D, \text{мм}$	$D_3 \times \delta, \text{мм}$	$D, \text{мм}$	$D_3 \times \delta, \text{мм}$	за нормативною методикою	за уточненою методикою
38x3	3	14	20x3	32,0	40x3,7	35,6	50x2,9	95	96
57x3	10	26	32x3	50,7	63x3,6	51,0	63x3,6	80	87
76x3	23	32,6	40x3,7	69,5	90x5,2	67,4	90x5,2	85	87
89x3	36	44,2	50x2,9	82,4	110x6,3	78,2	90x5,2	81	83
108x3	62	55,8	63x3,6	101,1	125x7,1	93,8	110x6,3	80	80
159x4,5	177	97,4	110x6,3	148,4	180x10,3	131,5	160x9,1	68	60
219x5	431	141,8	160x9,1	206,3	250x14,2	175,8	200x11,4	64	48

Таблиця 3 – Результати визначення необхідного діаметра поліетиленової труби низького тиску при реконструкції сталевго газопроводу за умови збереження пропускної здатності для гідравлічного нахилу $I=1,0$ Па/м

Діаметр сталевго газопроводу, $D_3 \times \delta, \text{мм}$	Пропускна здатність, $Q_n, \text{м}^3/\text{год}$	Діаметр поліетиленового газопроводу згідно з ДБН В.2.5-41:2009		Діаметр поліетиленового газопроводу згідно з нормативною методикою		Діаметр поліетиленового газопроводу згідно з уточненою методикою		Зниження пропускної здатності, %	
		$D, \text{мм}$	$D_3 \times \delta, \text{мм}$	$D, \text{мм}$	$D_3 \times \delta, \text{мм}$	$D, \text{мм}$	$D_3 \times \delta, \text{мм}$	за нормативною методикою	за уточненою методикою
38x3	4	14	20x3	32,0	40x3,7	33,6	50x2,9	92	94
57x3	14	26	32x3	50,6	63x3,6	49,5	63x3,6	81	84
76x3	33	32,6	40x3,7	69,3	90x5,2	65,4	75x4,3	87	88
89x3	53	44,2	50x2,9	82,1	110x6,3	75,9	90x5,2	81	81
108x3	92	55,8	63x3,6	100,8	125x7,1	90,9	110x6,3	80	78
159x4,5	259	97,4	110x6,3	147,8	180x10,3	127,4	160x9,1	68	56
219x5	630	141,8	160x9,1	205,4	250x14,2	170,2	200x11,4	63	43

Таблиця 4 – Результати визначення необхідного діаметра поліетиленової труби низького тиску при реконструкції сталевго газопроводу за умови збереження пропускної здатності для гідравлічного нахилу $I=1,5$ Па/м

Діаметр сталевго газопроводу, $D_3 \times \delta, \text{мм}$	Пропускна здатність, $Q_n, \text{м}^3/\text{год}$	Діаметр поліетиленового газопроводу згідно з ДБН В.2.5-41:2009		Діаметр поліетиленового газопроводу згідно з нормативною методикою		Діаметр поліетиленового газопроводу згідно з уточненою методикою		Зниження пропускної здатності, %	
		$D, \text{мм}$	$D_3 \times \delta, \text{мм}$	$D, \text{мм}$	$D_3 \times \delta, \text{мм}$	$D, \text{мм}$	$D_3 \times \delta, \text{мм}$	за нормативною методикою	за уточненою методикою
38x3	5	14	20x3	31,8	40x3,7	32,3	40x3,7	90	93
57x3	18	26	32x3	50,5	63x3,6	48,6	63x3,6	82	85
76x3	42	32,6	40x3,7	69,2	90x5,2	64,2	75x4,3	87	88
89x3	66	44,2	50x2,9	82,0	110x6,3	74,5	90x5,2	81	80
108x3	115	55,8	63x3,6	100,6	125x7,1	89,2	110x6,3	80	76
159x4,5	323	97,4	110x6,3	147,4	180x10,3	125,0	160x9,1	67	53
219x5	784	141,8	160x9,1	204,7	250x14,2	166,9	200x11,4	63	39

Таблиця 5 – Результати визначення необхідного діаметра поліетиленової труби низького тиску при реконструкції сталевго газопроводу за умови збереження пропускної здатності для гідравлічного нахилу I=2,0 Па/м

Діаметр сталевго газопроводу, $D_3 \times \delta, мм$	Пропускна здатність, $Q_n, м^3 / год$	Діаметр поліетиленового газопроводу згідно з ДБН В.2.5-41:2009		Діаметр поліетиленового газопроводу згідно з нормативною методикою		Діаметр поліетиленового газопроводу згідно з уточненою методикою		Зниження пропускної здатності, %	
		$D, мм$	$D_3 \times \delta, мм$	$D, мм$	$D_3 \times \delta, мм$	$D, мм$	$D_3 \times \delta, мм$	за нормативною методикою	за уточненою методикою
38x3	6	14	20x3	31,7	40x3,7	31,9	40x3,7	89	92
57x3	21	26	32x3	50,4	63x3,6	48,0	63x3,6	83	85
76x3	49	32,6	40x3,7	69,1	90x5,2	63,4	75x4,3	87	87
89x3	77	44,2	50x2,9	81,8	110x6,3	73,5	90x5,2	81	79
108x3	134	55,8	63x3,6	100,4	125x7,1	88,0	110x6,3	80	75
159x4,5	377	97,4	110x6,3	147,1	180x10,3	123,2	140x8	67	51
219x5	916	141,8	160x9,1	204,3	250x14,2	164,5	200x11,4	63	37

Таблиця 6 – Результати визначення необхідного діаметра поліетиленової труби низького тиску при реконструкції сталевго газопроводу за умови збереження пропускної здатності для гідравлічного нахилу I=2,5 Па/м

Діаметр сталевго газопроводу, $D_3 \times \delta, мм$	Пропускна здатність, $Q_n, м^3 / год$	Діаметр поліетиленового газопроводу згідно з ДБН В.2.5-41:2009		Діаметр поліетиленового газопроводу згідно з нормативною методикою		Діаметр поліетиленового газопроводу згідно з уточненою методикою		Зниження пропускної здатності, %	
		$D, мм$	$D_3 \times \delta, мм$	$D, мм$	$D_3 \times \delta, мм$	$D, мм$	$D_3 \times \delta, мм$	за нормативною методикою	за уточненою методикою
38x3	7	14	20x3	31,7	40x3,7	31,6	40x3,7	88	92
57x3	24	26	32x3	50,4	63x3,6	47,5	63x3,6	83	84
76x3	55	32,6	40x3,7	69,0	90x5,2	62,7	75x4,3	87	87
89x3	87	44,2	50x2,9	81,7	110x6,3	72,8	90x5,2	81	78
108x3	152	55,8	63x3,6	100,2	125x7,1	87,1	110x6,3	79	75
159x4,5	426	97,4	110x6,3	146,8	180x10,3	121,9	140x8	67	50
219x5	1032	141,8	160x9,1	203,9	250x14,2	162,7	200x11,4	62	34

Таблиця 7 – Результати визначення необхідного діаметра поліетиленової труби низького тиску при реконструкції сталевго газопроводу за умови збереження пропускної здатності для гідравлічного нахилу I=3,0 Па/м

Діаметр сталевго газопроводу, $D_3 \times \delta, мм$	Пропускна здатність, $Q_n, м^3 / год$	Діаметр поліетиленового газопроводу згідно з ДБН В.2.5-41:2009		Діаметр поліетиленового газопроводу згідно з нормативною методикою		Діаметр поліетиленового газопроводу згідно з уточненою методикою		Зниження пропускної здатності, %	
		$D, мм$	$D_3 \times \delta, мм$	$D, мм$	$D_3 \times \delta, мм$	$D, мм$	$D_3 \times \delta, мм$	за нормативною методикою	за уточненою методикою
38x3	7	14	20x3	31,3	40x3,7	20x3	14	87	91
57x3	26	26	32x3	47,1	63x3,6	32x3	26	83	84
76x3	61	32,6	40x3,7	62,2	75x4,3	40x3,7	32,6	87	86
89x3	96	44,2	50x2,9	72,1	90x5,2	50x2,9	44,2	81	78
108x3	167	55,8	63x3,6	86,3	110x6,3	63x3,6	55,8	79	74
159x4,5	469	97,4	110x6,3	120,8	140x8	110x6,3	97,4	67	48
219x5	1138	141,8	160x9,1	161,2	200x11,4	160x9,1	141,8	62	32

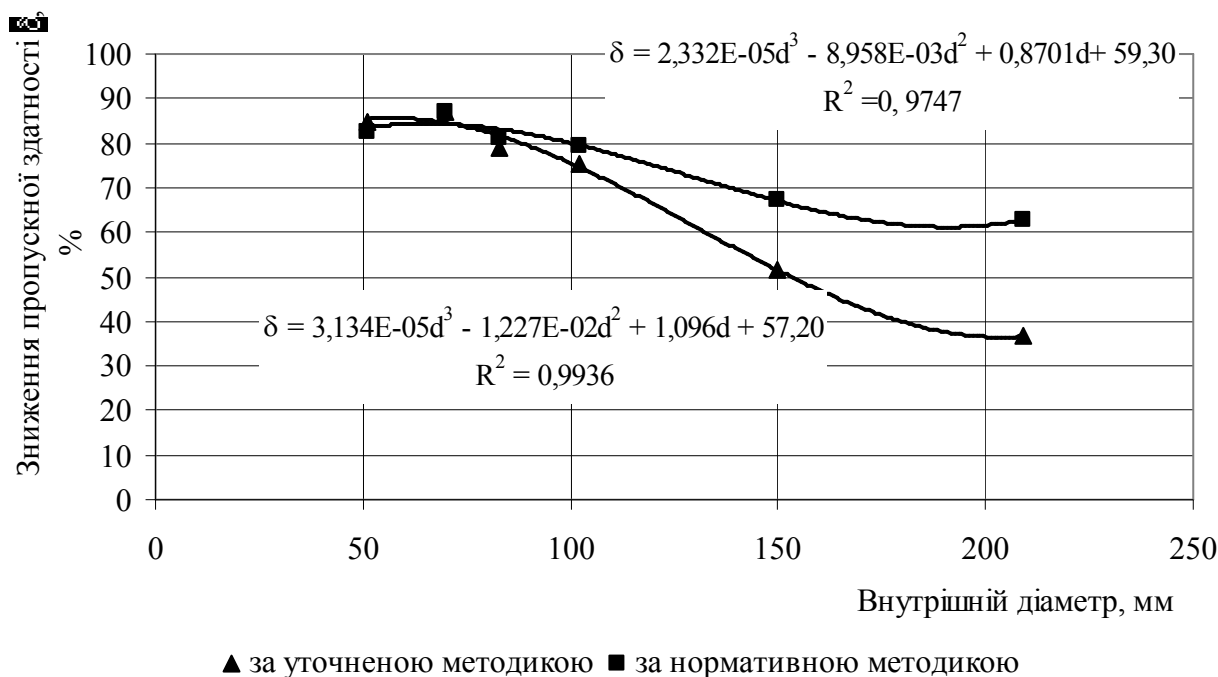


Рисунок 1 – Залежність зменшення пропускної здатності газопроводу від діаметра сталевих труб у разі її заміни на поліетиленову без зміни робочого тиску для гідравлічного нахилу 2 Па/м

результатами експериментальних досліджень. Для реалізації методик гідравлічного розрахунку нами розроблена програма RECONST-S, яка дає можливість провести багатоваріантні розрахунки стосовно заміни труб із зміною робочого тиску із низького на середній. Одержані результати для прогнозованих значень гідравлічного нахилу в газопроводах низького тиску і різних значень енергетичного параметра A у поліетиленових газопроводах середнього тиску систем газопостачання населених пунктів за використання уточненої методики розрахунку наведені у таблицях 8–13.

Аналіз багатоваріантних розрахунків засвідчив, що для кожного стандартного діаметра сталевих труб за певного значення гідравлічного нахилу існує конкретне мінімальне значення параметра A , за якого стає можливим виконати рекомендації ДБН В.2.5-41:2009 щодо вибору діаметра поліетиленової труби для протягування її всередині сталевих із збереженням пропускної здатності.

Рисунок 2 ілюструє одержану графічну залежність мінімального значення параметра A в поліетиленовій трубі середнього тиску від гідравлічного нахилу в сталевій трубі низького тиску для сортаменту сталевих газопроводів низького тиску за умови збереження пропускної здатності. Розрахунки виконані за пропонуваною уточненою методикою.

Розроблені рекомендації можуть бути безпосередньо використані при реконструкції систем газопостачання конкретних населених пунктів. Так, наприклад, для реконструкції сталевих газопроводів низького тиску діаметром 76x3 мм державні будівельні норми ДБН В.2.5-41:2009

пропонують протягування поліетиленової труби діаметром 40x3,7 мм. Якщо поліетиленова труба буде газопроводом низького тиску, то відповідно до таблиці 5 за гідравлічного нахилу $I=2$ Па/м пропускна здатність знизиться на 87%, що є неприпустимо. Однак у разі зміни в поліетиленовій трубі низького тиску на середній і забезпеченні енергетичного параметра $A \geq 0,01429$ (МПа)²/км (таблиця 7) зазначена заміна труб дасть можливість повністю зберегти пропускну здатність системи газопостачання.

Використовуючи Microsoft Excel, виконуємо математичне моделювання одержаних графічних залежностей. У результаті отримуємо, що з достовірністю апроксимації 99% графічні залежності можна описати такими логарифмічними функціями (за умови $0,5 < I < 3$):

для діаметра 219x5 мм

$$A_{min} = 5,903 \cdot 10^{-4} \cdot I + 2,353 \cdot 10^{-4}, \quad (1)$$

для діаметра 159x4,5 мм

$$A_{min} = 8,76 \cdot 10^{-4} \cdot I + 3,32 \cdot 10^{-4}, \quad (2)$$

для діаметра 108x3 мм

$$A_{min} = 2,351 \cdot 10^{-3} \cdot I + 8,527 \cdot 10^{-4}, \quad (3)$$

для діаметра 89x3 мм

$$A_{min} = 2,985 \cdot 10^{-3} \cdot I + 1,065 \cdot 10^{-3}, \quad (4)$$

для діаметра 76x3 мм

$$A_{min} = 5,971 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2,10 \cdot 10^{-3}, \quad (5)$$

для діаметра 57x3 мм

$$A_{min} = 4,781 \cdot 10^{-3} \cdot I + 1,635 \cdot 10^{-3}, \quad (6)$$

для діаметра 38x3 мм

$$A_{min} = 1,13 \cdot 10^{-2} \cdot I + 6,426 \cdot 10^{-3}. \quad (7)$$

Таблиця 8 – Результати визначення необхідного діаметра поліетиленової труби середнього тиску при реконструкції сталевих газопроводу за умови збереження пропускної здатності для гідравлічного нахилу $I=0,5$ Па/м (уточнена методика розрахунку)

Діаметр сталевих газопроводу, $D_3 \times \delta, мм$	Пропускна здатність, $Q_n, м^3 / год$	Діаметр поліетиленового газопроводу згідно з ДБН В.2.5-41:2009		Необхідний внутрішній діаметр поліетиленового газопроводу середнього тиску, розрахований за нормативною методикою за умови рівності $A, МПа^2/км$				Мінімальне значення параметра A при використанні діаметра газопроводу згідно з ДБН В.2.5-41:2009
		$D, мм$	$D_3 \times \delta, мм$	0,1	0,01	0,001	0,0005	
38x3	3	14	20x3	8,7	13,9	24,2	28,7	0,01185
57x3	10	26	32x3	12,4	20,8	34,9	38,7	0,00372
76x3	23	32,6	40x3,7	16,4	27,5	46,1	53,9	0,00469
89x3	36	44,2	50x2,9	19,0	31,9	53,6	62,6	0,00236
108x3	62	55,8	63x3,6	22,8	38,3	64,2	75,1	0,00187
159x4,5	177	97,4	110x6,3	32,0	53,7	90,1	105,2	0,00071
219x5	431	141,8	160x9,1	42,8	71,8	120,4	140,7	0,00049

Таблиця 9 – Результати визначення необхідного діаметра поліетиленової труби середнього тиску при реконструкції сталевих газопроводу за умови збереження пропускної здатності для гідравлічного нахилу $I=1,0$ Па/м (уточнена методика розрахунку)

Діаметр сталевих газопроводу, $D_3 \times \delta, мм$	Пропускна здатність, $Q_n, м^3 / год$	Діаметр поліетиленового газопроводу згідно з ДБН В.2.5-41:2009		Необхідний внутрішній діаметр поліетиленового газопроводу середнього тиску, розрахований за нормативною методикою за умови рівності $A, МПа^2/км$				Мінімальне значення параметра A при використанні діаметра газопроводу згідно з ДБН В.2.5-41:2009
		$D, мм$	$D_3 \times \delta, мм$	0,1	0,01	0,001	0,0005	
38x3	4	14	20x3	9,5	16,0	26,3	31,1	0,01823
57x3	14	26	32x3	14,1	23,6	39,6	46,3	0,00652
76x3	33	32,6	40x3,7	18,6	31,2	52,3	61,2	0,00821
89x3	53	44,2	50x2,9	21,6	36,2	60,8	71,0	0,00412
108x3	92	55,8	63x3,6	25,8	43,4	72,8	85,0	0,00326
159x4,5	259	97,4	110x6,3	36,2	60,8	102,0	119,2	0,00123
219x5	630	141,8	160x9,1	48,4	81,2	136,2	159,2	0,00084

Таблиця 10 – Результати визначення необхідного діаметра поліетиленової труби середнього тиску при реконструкції сталевих газопроводу за умови збереження пропускної здатності для гідравлічного нахилу $I=1,5$ Па/м (уточнена методика розрахунку)

Діаметр сталевих газопроводу, $D_3 \times \delta, мм$	Пропускна здатність, $Q_n, м^3 / год$	Діаметр поліетиленового газопроводу згідно з ДБН В.2.5-41:2009		Необхідний внутрішній діаметр поліетиленового газопроводу середнього тиску, розрахований за нормативною методикою за умови рівності $A, МПа^2/км$				Мінімальне значення параметра A при використанні діаметра газопроводу згідно з ДБН В.2.5-41:2009
		$D, мм$	$D_3 \times \delta, мм$	0,1	0,01	0,001	0,0005	
38x3	5	14	20x3	10,1	16,9	27,5	32,5	0,02300
57x3	18	26	32x3	15,1	25,4	42,7	49,9	0,00904
76x3	42	32,6	40x3,7	20,0	33,5	56,3	65,8	0,01136
89x3	66	44,2	50x2,9	23,2	38,9	65,3	76,4	0,00569
108x3	115	55,8	63x3,6	27,8	46,6	78,3	91,4	0,00450
159x4,5	323	97,4	110x6,3	38,9	65,3	109,6	128,1	0,00169
219x5	784	141,8	160x9,1	52,0	87,2	146,3	171,0	0,00115

Таблиця 11 – Результати визначення необхідного діаметра поліетиленової труби середнього тиску при реконструкції сталевго газопроводу за умови збереження пропускної здатності для гідравлічного нахилу $I=2,0$ Па/м (уточнена методика розрахунку)

Діаметр сталевго газопроводу, $D_3 \times \delta, мм$	Пропускна здатність, $Q_n, м^3 / год$	Діаметр поліетиленового газопроводу згідно з ДБН В.2.5-41:2009		Необхідний внутрішній діаметр поліетиленового газопроводу середнього тиску, розрахований за нормативною методикою за умови рівності $A, МПа^2/км$				Мінімальне значення параметра A при використанні діаметра газопроводу згідно з ДБН В.2.5-41:2009
		$D, мм$	$D_3 \times \delta, мм$	0,1	0,01	0,001	0,0005	
38x3	6	14	20x3	10,6	17,8	28,7	33,9	0,02908
57x3	21	26	32x3	16,0	26,8	44,9	52,5	0,01139
76x3	49	32,6	40x3,7	21,0	35,3	59,3	69,3	0,01429
89x3	77	44,2	50x2,9	24,4	41,0	68,8	80,4	0,00716
108x3	134	55,8	63x3,6	29,2	49,1	82,4	96,2	0,00565
159x4,5	377	97,4	110x6,3	40,9	68,7	115,3	134,7	0,00212
219x5	916	141,8	160x9,1	54,7	91,7	153,9	179,8	0,00144

Таблиця 12 – Результати визначення необхідного діаметра поліетиленової труби середнього тиску при реконструкції сталевго газопроводу за умови збереження пропускної здатності для гідравлічного нахилу $I=2,5$ Па/м (уточнена методика розрахунку)

Діаметр сталевго газопроводу, $D_3 \times \delta, мм$	Пропускна здатність, $Q_n, м^3 / год$	Діаметр поліетиленового газопроводу згідно з ДБН В.2.5-41:2009		Необхідний внутрішній діаметр поліетиленового газопроводу середнього тиску, розрахований за нормативною методикою за умови рівності $A, МПа^2/км$				Мінімальне значення параметра A при використанні діаметра газопроводу згідно з ДБН В.2.5-41:2009
		$D, мм$	$D_3 \times \delta, мм$	0,1	0,01	0,001	0,0005	
38x3	7	14	20x3	11,0	18,5	29,7	35,1	0,03475
57x3	24	26	32x3	16,6	27,9	46,8	54,7	0,01361
76x3	55	32,6	40x3,7	21,9	36,8	61,7	72,1	0,01705
89x3	87	44,2	50x2,9	25,4	42,7	71,6	83,7	0,00854
108x3	152	55,8	63x3,6	30,4	51,1	85,7	100,1	0,00674
159x4,5	426	97,4	110x6,3	42,6	71,5	119,9	140,1	0,00253
219x5	1032	141,8	160x9,1	56,8	95,3	160,0	187,0	0,00172

Таблиця 13 – Результати визначення необхідного діаметра поліетиленової труби середнього тиску при реконструкції сталевго газопроводу за умови збереження пропускної здатності для гідравлічного нахилу $I=3,0$ Па/м (уточнена методика розрахунку)

Діаметр сталевго газопроводу, $D_3 \times \delta, мм$	Пропускна здатність, $Q_n, м^3 / год$	Діаметр поліетиленового газопроводу згідно з ДБН В.2.5-41:2009		Необхідний внутрішній діаметр поліетиленового газопроводу середнього тиску, розрахований за нормативною методикою за умови рівності $A, МПа^2/км$				Мінімальне значення параметра A при використанні діаметра газопроводу згідно з ДБН В.2.5-41:2009
		$D, мм$	$D_3 \times \delta, мм$	0,1	0,01	0,001	0,0005	
38x3	7	14	20x3	11,4	19,1	30,5	36,1	0,04026
57x3	26	26	32x3	17,2	28,8	48,3	56,5	0,01573
76x3	61	32,6	40x3,7	22,6	38,0	63,7	74,5	0,01970
89x3	96	44,2	50x2,9	26,3	44,1	73,9	86,4	0,00986
108x3	167	55,8	63x3,6	31,4	52,7	88,5	103,4	0,00778
159x4,5	469	97,4	110x6,3	44,0	73,8	123,8	144,7	0,00291
219x5	1138	141,8	160x9,1	58,7	98,4	165,2	193,0	0,00197

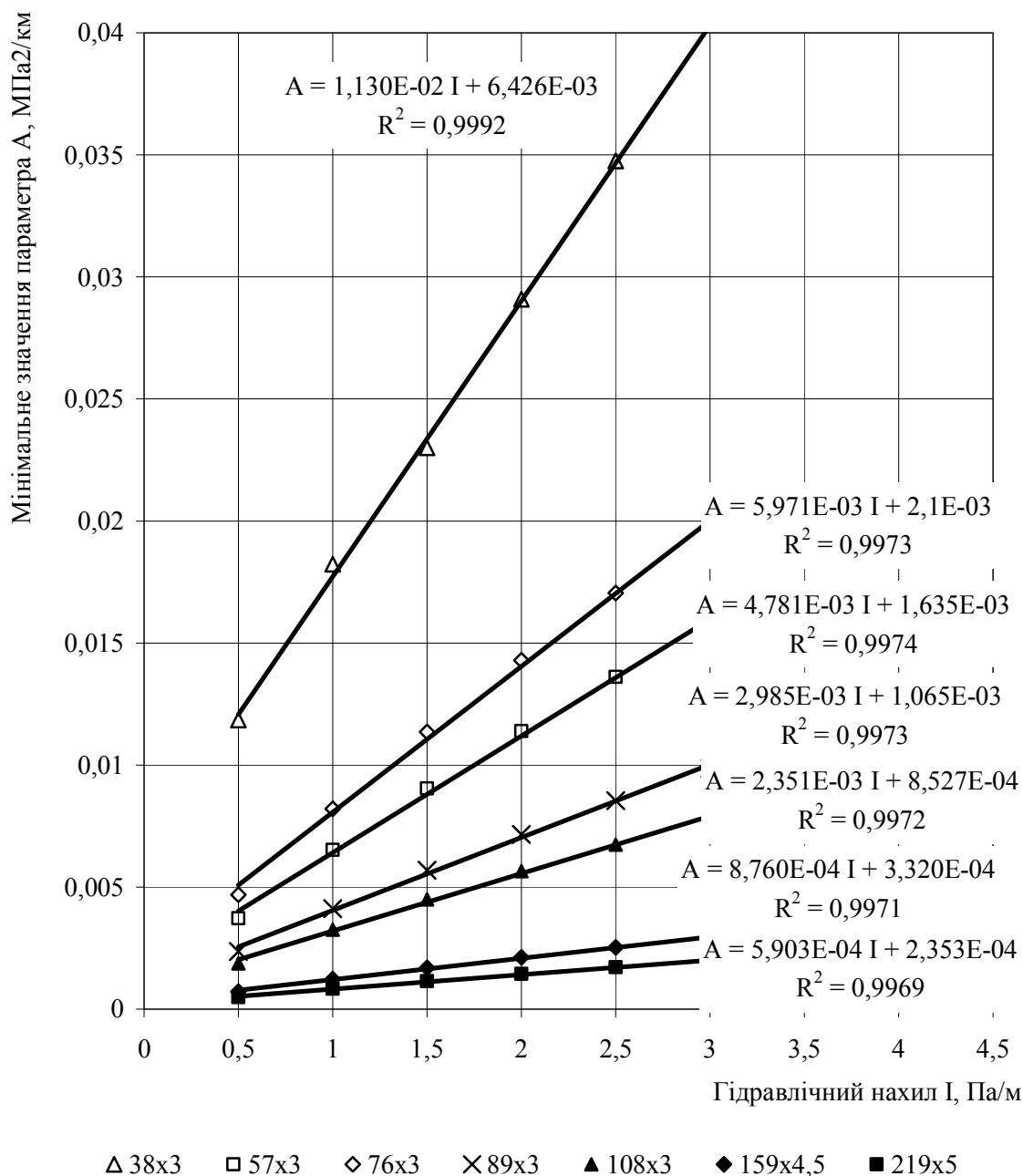


Рисунок 2 – Графічні залежності мінімального значення параметра A в поліетиленовій трубі середнього тиску від гідравлічного нахилу в сталевій трубі низького тиску за умови збереження пропускної здатності

Використовуючи номограми на рисунку 2 або аналітичні залежності (1)-(7), можна для будь-якого діаметра сталевих газопроводу низького тиску за будь-якого ступеня завантаження, що характеризується величиною гідравлічного нахилу I , визначити необхідну величину енергетичного параметра A_{min} в поліетиленовому газопроводі середнього тиску, яка забезпечить повне збереження пропускної здатності.

Таким чином, результати проведених досліджень свідчать, що у разі реконструкції сталевих газопроводів шляхом протягування поліетиленових труб з діаметрами, які рекомендовані чинними нормативним документом ДБН

В.2.5-41:2009, без зміни робочого тиску відбувається зниження пропускної здатності від 40% до 95% залежно від діаметра сталевих газопроводу, що є неприпустимим. Тому обов'язковим в процесі реконструкції газових мереж за даною технологією є зміна робочого тиску із низького на середній. Для кожного стандартного діаметра сталевих труб за уточненою методикою розрахунку виявлено мінімальне значення енергетичного параметра A , за якого стає можливим виконання рекомендації ДБН В.2.5-41:2009 щодо вибору діаметра поліетиленової труби для протягування її всередині сталевій із повним збереженням пропускної здатності системи газопостачання.

Подальші дослідження будуть зосереджені на методах реконструкції систем газопостачання середнього тиску з сталевих труб з урахуванням збереження їх проектної пропускної здатності. Враховуючи їх перспективи розвитку та сучасний стан, на даний момент це є актуальним питанням.

Література

1 Газопроводи з поліетиленових труб. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди: ДБН В.2.5-41:2009. – Офіц. вид. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 149 с. – (Державні будівельні норми України).

2 Газопостачання. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди: ДБН В.2.5-20:2001. – Офіц. вид. – К.: Держнаглядохоронпраці України, 2001. – 286с. – (Державні будівельні норми України).

3 Ксенич А.І. Результати експериментальних досліджень гідравлічної енерговитратності поліетиленових газопроводів низького тиску / А.І. Ксенич, М.Д. Середюк // Нафтогазова енергетика. – 2011. – №2(15). – С. 57-60.

Стаття надійшла до редакційної колегії

06.03.12

*Рекомендована до друку професором
В.Я. Грудзом*