

УДК 622.691.4

ОПТИМІЗАЦІЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ СКЛАДНОЇ СИСТЕМИ ГАЗОПОСТАЧАННЯ

Ю.І.Зарубіна, В.Б.Михалків

ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42166
e-mail: tzng@nung.edu.ua

Проведено дослідження впливу термінів експлуатації системи розподілу газу середнього тиску та конфігурації газової мережі, а також дані рекомендації щодо проведення проектних розрахунків.

Research of influencing of terms of exploitation of the system of distributing of gas of middle pressure and gas network configuration is conducted, and also recommendations in relation to conducting of project calculations are given.

Необхідність проектування розгалужених газотранспортних мереж тупикового типу впливає при спорудженні лінійних коректорів без дотискних компресорних станцій, міжпромислових мереж, окремих ділянок магістральних газопроводів зі складними відводами, для живлення газорегуляторних пунктів, котелень, промислових і сільськогосподарських підприємств [1, 2].

Проектування розгалужених газових мереж пов'язане з врахуванням великої кількості різних факторів, які впливають на вартість і характеристикі об'єкта, що проектується.

Інвестиційне проектування об'єктів транспорту і зберігання газу характеризується низкою особливостей. Ці особливості визначаються стратегічною роллю виробничих об'єктів системи транспорту і зберігання газу в економічному житті країни, їх монопольним становищем в системі магістрального трубопроводного транспорту, високою капіталомісткістю таких об'єктів.

Будівництво нових, розширення, реконструкція і технічне переозброєння діючих підприємств транспорту і зберігання газу здійснюється у відповідності з чинними проектами і кошторисами.

На сьогодні всі техніко-економічні розробки при проектуванні проводяться в два етапи: передпроектний і власне проектування.

Передпроектний етап включає:

- розробку схем розвитку і розміщення об'єктів газової промисловості;
- розробку техніко-економічного обґрунтування (ТЕО) на основі вказаних схем, яке підтверджує економічну доцільність і господарську необхідність проектування і будівництва об'єктів транспорту і зберігання газу.

Таким чином, основною метою техніко-економічних розрахунків є вибір економічно обґрунтованих параметрів: конфігурації, траси мережі і типорозмірів обладнання [3].

На першому етапі проектування на основі проекту розробки родовища чи плану розвитку газоспоживання визначають подачу і відбір газу, а також продуктивність магістральних газопроводів, що підключаються до мережі. Вибір розрахункових величин подачі і споживання

визначають основні особливості проекту і тому дуже важливі. На другому етапі проектування намічають одну або декілька можливих конфігурацій мережі. На вибір конфігурації впливає взаємне розміщення джерел і споживачів, обсяги подачі і споживання, особливості місцевості, число і продуктивність споруд підготовки газу до транспортування та інші. Відтак визначають певну трасу газопроводів, типорозміри і число труб, місце розміщення КС і ГРС. На останньому етапі виконують перевірні роботи і проектують окремі частини мережі. Отримані в результаті розв'язку значення діаметрів округляються до найближчого стандартного значення, як правило, в більшу сторону.

Гідравлічний розрахунок газових мереж як при проектуванні, так і при їх експлуатації ускладнений наявністю великої кількості газопроводів, складною конфігурацією трубопроводних систем. Через складність і трудомісткість гідравлічні розрахунки газових мереж доцільно виконувати з використанням обчислювальної техніки, що вимагає розробки алгоритмів і відповідного програмного забезпечення.

В статті запропонована методика розрахунку газопровідної мережі високого чи середнього тиску має структуру "складного дерева" і складається з основної магістралі, відгалужень, що в свою чергу мають відводи. Розрахункова схема газопровідної системи зображена на рисунку 1.

Система живиться від газорозподільної станції або газорегуляторного пункту. Задані координати місцезнаходження споживачів газу, а також координати, які задають конфігурацію системи та кожного її елемента. Відомі фізичні властивості газу, що використовується в системі газопостачання, та температурні умови. Заданий тиск газу на початку трубопроводної системи і мінімально допустимий тиск біля споживачів, а також типорозміри труб з їх відповідними вартостями.

За заданими координатами визначаємо довжину ділянок за формулою [4]

$$L = \sqrt{(x_i - x_{i+1})^2 + (y_i - y_{i+1})^2}, \quad (1)$$

де $x_i, y_i, x_{i+1}, y_{i+1}$ – координати відповідно i -тої і наступної точок.

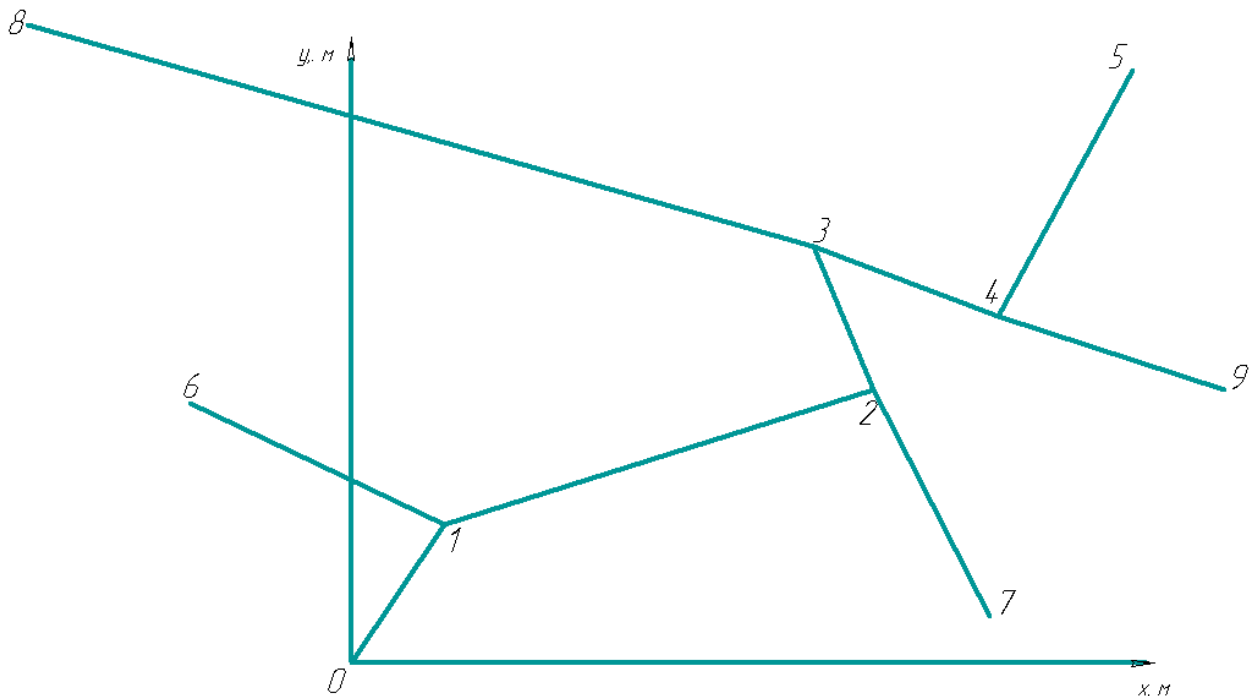


Рисунок 1 — Графічна ілюстрація початкової конфігурації газової мережі середнього тиску типу “складного дерева”

За умов встановлення ринкових відносин все актуальнішим стає питання економії коштів на будівництво та експлуатацію систем газопостачання населених пунктів, в зв'язку з цим мета проектування системи розподілу газу полягатиме у створенні такої мережі, яка здатна забезпечити споживачів теплоносієм у необхідних кількостях і під заданим тиском і одночасно бути економічно вигідною. З цією метою при проектуванні систем газопостачання зазвичай співставляють різні розраховані варіанти, з яких вибирають найбільш економічний. Для випадків безкомпресорної подачі газу оптимальний варіант буде відповідати абсолютному мінімуму капітальних затрат. Розробка даної теми мала на меті представлення методу наближеного рішення про знаходження оптимальної конфігурації мережі газопроводів при відомому розміщенні пунктів відбору газу, витратах і тисках в цих точках (за умов мінімуму капіталовкладень).

Величину капіталовкладень можна представити як функціональну залежність від параметрів трубопроводу: діаметра D , товщини стінки труб δ .

Зупинимось на деяких властивостях функції мети S . Перш за все функція S залежить не від внутрішнього діаметра труби, а від її типорозміру τ , тобто від діаметра, товщини стінки, марки сталі тощо. Функція мети S залежить неперервно лише від довжини ділянки L_i . Попередня оцінка вимог до міцнісних і протикорозійних властивостей труб дає змогу виділити для даного проекту допустимий сортамент C , тобто визначити товщину стінки і марку сталі

для труб кожного із стандартних діаметрів. В межах цього сортаменту функція S_i (капіталовкладення в i -ту ділянку) є кусково-лінійною функцією довжини i -тої ділянки

$$S_i = m_i L_i, \quad (2)$$

де: m_i – питомі капіталовкладення; L_i – довжина ділянки з відповідним типорозміром тру-

би. Причому $S = \sum_{i=1}^n S_i$.

Розрахунок, що реалізується виключно аналітичним шляхом, передбачає використання математичних моделей, які закладаються в обчислювальні алгоритми і програми розрахунку на ПЕОМ.

Для прикладу розглянемо мережу середнього тиску розгалуженої структури. Вихідними даними для аналітичного розрахунку є:

- наближена конфігурація газової мережі, яка задається координатами вузлових точок;
- масиви довжин і розрахункових витрат газу ділянок газової мережі;
- абсолютний тиск газу на початку газової мережі P_1 ;
- абсолютний тиск газу на вході споживачів P_2 ;
- фізичні властивості газу: густина ρ_n і кінематична в'язкість за нормальних умов;
- середня температура газу в газовій мережі T ;
- абсолютна еквівалентна шорсткість внутрішньої поверхні труб κ_e .

Таблиця 1 — Витрати газу споживачами населеного пункту

Номер точки	Значення витрати, м ³ /год
5	1621
6	12016
7	2532
8	529
9	10726

Таблиця 2 — Координати споживачів і вузлових точок для трьох варіантів зміни конфігурації газової мережі середнього тиску

Номер точки	Значення		
	Перший варіант	Другий варіант	Третій варіант
Координати місця розташування вузлів на території населеного пункту, м			
0	(0;0)	(0;0)	(0;0)
1	(200;300)	(200;300)	(300;400)
2	(1130;590)	(1130;590)	(1130;590)
3	(1000;900)	(1000;900)	(1150;600)
4	(1400;750)	(1620;700)	(1620;850)
Координати місця розташування споживачів на території населеного пункту, м			
5	(1690;1280)		
6	(-350;560)		
7	(1380;100)		
8	(-700;1380)		
9	(1890;590)		

Обчислювальний алгоритм базується на використанні нормативної розрахункової моделі, яка рекомендована [5] для визначення втрат тиску від тертя у газопроводах високого і середнього тиску, а також алгоритму розрахунку, викладеного в [6]

$$\frac{P_1^2 - P_2^2}{l} = 1.4 \cdot 10^{-5} \cdot \left(\frac{k_e}{d} + 1922 \frac{vd}{Q} \right)^{0.25} \cdot \frac{Q^2}{d^5} c \quad (3)$$

Використаний алгоритм дає змогу, змінюючи координати вузлів, відповідно змінювати конфігурацію газової мережі, тим самим розглянути декілька альтернативних варіантів і провести їх порівняння за величиною капіталовкладень. Величина капітальних вкладень залежить від вартості труб відповідного сортаменту, а також від вартості земельних ресурсів і багатьох інших показників. При роботі над заданою тематикою була використана спрощена методика економічного розрахунку, яка полягає у врахуванні тільки величини металозатрат.

В роботі також досліджувався вплив стану внутрішньої порожнини трубопроводу на проектні параметри системи газопостачання [7, 8], який зумовлений змінами абсолютної еквівалентної шорсткості в процесі експлуатації k_e (внаслідок корозійного заростання, відкладів і тому подібного).

Дослідження проводились для трубопроводів нових і через п'ятдесят років експлуатації. Для отримання необхідних результатів у формулу для визначення шорсткості трубопроводів в процесі їх експлуатації ми підставляли

відповідну кількість років, тобто $t=0$ років і $t=50$ років відповідно.

Для порівняння було прораховано три варіанти прокладання траси без проведення оптимізації діаметрів трубопроводів, а також конкурентний варіант із проведенням оптимізації діаметрів. В таблиці 1 наведено витрати газу кожним споживачем, а в таблиці 2 наведені координати точок для трьох розглянутих варіантів розрахунків.

Початкова конфігурація газової мережі середнього тиску, що проектується, представлена на рисунку 1.

Результати розрахунків зведені в таблиці 3 і 4.

На основі отриманих результатів можна зробити висновок, що при проектуванні треба враховувати термін експлуатації, тобто проводити проектні розрахунки при максимальному значенні еквівалентної шорсткості розрахованої для п'ятидесятирічного терміну експлуатації, а саме 0,21 см. А це означає, що при розвитку системи, переході на нові принципи опалення або застосуванні будь-яких змін в технологічному процесі, які призведуть до збільшення потреби у газі, не буде необхідності змінювати геометричні параметри системи, а саме діаметрів ділянок.

Таким чином, для збільшення надійності газопостачання та забезпечення перспективи розвитку газової мережі проектування мереж треба здійснювати із врахуванням отриманих результатів і водночас вибирати діаметри із певним запасом, можливих реконструкцій і здійс-

Таблиця 3 — Результати оптимізації параметрів системи розподілу газу (без оптимізації діаметрів)

Параметр	Результати проектних розрахунків					
	перший варіант		другий варіант		ретій варіант	
Термін експлуатації	0 років	50 років	0 років	50 років	0 років	50 років
Коефіцієнт еквівалентної шорсткості, см	0,01	0,21	0,01	0,21	0,01	0,21
Координати місця розташування вузлів на території населеного пункту:						
вузол 1	(200;300)		(200;300)		(300;400)	
вузол 2	(1130;590)		(1130;590)		(1130;590)	
вузол 3	(1000;900)		(1000;900)		(1150;600)	
вузол 4	(1400;750)		(1620;700)		(1620;850)	
Довжина газопроводу, м:						
ділянка 0-1	361		361		500	
ділянка 1-2	974		974		851	
ділянка 2-3	336		336		22	
ділянка 3-4	427		651		532	
ділянка 4-5	604		584		436	
ділянка 1-6	608		608		669	
ділянка 2-7	550		550		550	
ділянка 3-8	1766		1766		2008	
ділянка 4-9	515		292		375	
Діаметри газопроводів, мм:						
ділянка 0-1	51,8	51,8	51,8	51,8	51,8	51,8
ділянка 1-2	41,4	41,4	41,4	41,4	41,4	41,4
ділянка 2-3	41,4	41,4	41,4	41,4	41,4	41,4
ділянка 3-4	41,4	41,4	41,4	41,4	41,4	41,4
ділянка 4-5	10,2	12,5	10,2	12,5	10,2	10,2
ділянка 1-6	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5
ділянка 2-7	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5
ділянка 3-8	8,3	8,3	8,3	8,3	8,3	10,2
ділянка 4-9	26,3	26,3	26,3	26,3	26,3	26,3
Абсолютний тиск газу на вході, МПа:						
до першого споживача P_1	0,2907	0,2807	0,2907	0,2807	0,2892	0,2777
до другого споживача P_2	0,2519	0,1881	0,2519	0,1881	0,2518	0,1879
до третього споживача P_3	0,2390	0,1561	0,2390	0,1562	0,2320	0,2454
до четвертого споживача P_4	0,2774	0,2518	0,2826	0,2635	0,2818	0,2617
до п'ятого споживача P_5	0,2343	0,2411	0,2355	0,2408	0,2459	0,1892
Капітальні витрати у будівництво газової мережі, тис. грн.	395,8	398,8	403,6	406,4	377,8	382,6

ненням оперативного контролю. І хоча затрати при будівництві будуть більшими, проте це окупиться, оскільки термін експлуатації буде більшим, буде можливість підключення нових споживачів і можливість зміни та збільшення обладнання без додаткової реконструкції системи газопостачання.

Результати економічного розрахунку по трьох варіантах ви бачите на діаграмі наведеній на рисунку 2, який дає змогу візуально вибрати оптимальний варіант запроєктованої газової мережі.

Проаналізувавши отримані результати, робимо висновок, що оптимальний варіант без проведення оптимізації діаметрів більш вигідний від початкового на 4,1%, а із врахуванням оптимізації – на 4,4%. Варіант, який є оптимальним для даної мережі і пропонується до використання, дає економію коштів в порівнянні з початковим варіантом на 18,2%, що є суттєвою економією.

Якщо з якихось причин оптимальний варіант не може бути реалізовано, то прийнятий у

Таблиця 4 — Результати оптимізації параметрів системи розподілу газу (з оптимізацією діаметрів)

Параметр	Результати проектних розрахунків					
	перший варіант		другий варіант		третій варіант	
Термін експлуатації	0 років	50 років	0 років	50 років	0 років	50 років
Коефіцієнт еквівалентної шорсткості, см	0,01	0,21	0,01	0,21	0,01	0,21
Координати місця розташування вузлів на території населеного пункту:						
вузол 1	(200;300)		(200;300)		(300;400)	
вузол 2	(1130;590)		(1130;590)		(1130;590)	
вузол 3	(1000;900)		(1000;900)		(1150;600)	
вузол 4	(1400;750)		(1620;700)		(1620;850)	
Довжина газопроводу, м:						
ділянка 0-1	361		361		500	
ділянка 1-2	974		974		851	
ділянка 2-3	336		336		22	
ділянка 3-4	427		651		532	
ділянка 4-5	604		584		436	
ділянка 1-6	608		608		669	
ділянка 2-7	550		550		550	
ділянка 3-8	1766		1766		2008	
ділянка 4-9	515		292		375	
Діаметри газопроводів, мм:						
ділянка 0-1	41,4	41,4	41,4	41,4	41,4	41,4
ділянка 1-2	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5
ділянка 2-3	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5
ділянка 3-4	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5
ділянка 4-5	10,2	12,5	10,2	12,5	10,2	12,5
ділянка 1-6	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5
ділянка 2-7	15	15	15	15	15	15
ділянка 3-8	8,3	10,2	10,2	10,2	8,3	10,2
ділянка 4-9	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5	31,5
Абсолютний тиск газу на вході, МПа:						
до першого споживача P_1	0,2868	0,2724	0,2868	0,2724	0,2839	0,2659
до другого споживача P_2	0,2575	0,2033	0,2575	0,2033	0,2579	0,2044
до третього споживача P_3	0,2097	0,2004	0,2498	0,1854	0,2072	0,1939
до четвертого споживача P_4	0,2568	0,2016	0,2560	0,1994	0,2623	0,2157
до п'ятого споживача P_5	0,1981	0,1603	0,1962	0,1512	0,2226	0,1891
Капітальні витрати у будівництво газової мережі, тис. грн.	333,9	341,3	337,7	340,6	319,5	326,4

проекті варіант має по можливості наблизитися до оптимального.

Таким чином, запропонований алгоритм розрахунку дає змогу знайти оптимальну конфігурацію і параметри газових мереж лінійного типу, що відповідає мінімуму капіталовкладень, враховує термін експлуатації системи газопостачання і може бути застосований при проектуванні мереж безкомпресорної подачі газу, системи водопостачання, останніх ділянок магістральних газопроводів, а також при побудові оптимальної системи газопостачання, до

складу якої входять джерело газу, магістральний газопровід і споживачі.

Література

1. Галиуллин З.Т., Кривошеин Б.Л., Ходанович И.Е. Аналитическое обоснование выбора оптимального варианта трасс сети газопроводов // Газовая промышленность. — 1965. — № 2. — С. 42-45.
2. Галиуллин З.Т., Черников В.И. Новые методы проектирования газонефтепроводов. — М.: Недра, 1964. — С. 69-88.

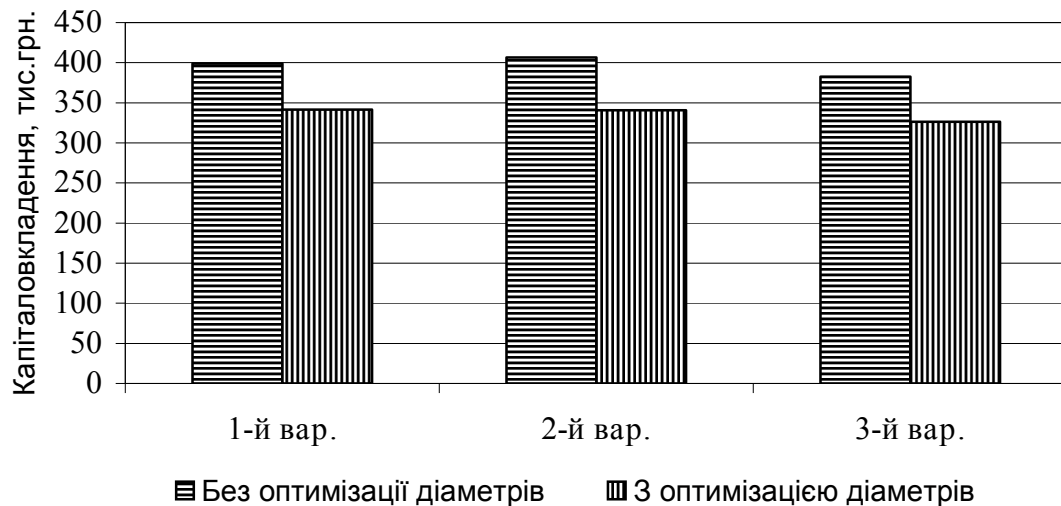


Рисунок 2 – Аналіз конкурентних варіантів проектів газопостачання

3. Бернс В., Хавранек П.М. Руководство по оценке эффективности инвестиций: Пер. Б484 с англ. перераб. и дополн. изд. – М.: АОЗТ Интерэксперт, Инфра-М, 1995. – 528 с.: табл., граф.

4. Зарубіна Ю.І., Середюк М.Д. Оптимізація геометричних параметрів систем розподілу газу променевої структури // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2004. – № 2(11). – С.38-43.

5. ДБН В.2.5-20-2001 Газопостачання.

6. Середюк М.Д., Пилипів Л.Д., Зарубіна Ю.І. Технологічні розрахунки газових мереж населених пунктів: Навч. посібник. – Івано-Франківськ: Факел, 2004. – 183 с.: іл.

7. Альтшуль А.Д. Гидравлические сопротивления. – М.: Недра, 1970. – 216 с.

8. Зарубіна Ю.І., Михалків В.Б. Вплив місцевих опорів на роботу системи газопостачання низького тиску // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – № 1(18). – 2006. – С. 29-33.

УДК 622.24.051.004.6

ДО РОЗРАХУНКУ СИСТЕМИ ГЕРМЕТИЗАЦІЇ ОПОР ШАРОШКОВИХ ДОЛІТ

¹ Я.М.Дрогомирецький, ¹ В.В.Татарин, ² Т.В.Яців

¹ ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 48241
e-mail: public@nung.edu.ua

² Дрогобицький нафтовий технікум, 82100, Дрогобич, вул. Грушевського, 57

Предложена расчетная схема системы герметизации опор шарошечных долот типа ГНУ с учетом перетока смазки по каналам из лубрикатора в полости шарошки.

Calculation scheme of the isolation system for the chisel roller cones bearings of the GNU type is offered taking into account lubrication flows within the channels from the lubricator to the roller cone cavity.

При герметизації опор шарошкових доліт найбільше розповсюдження отримали конструкції радіальних і торцевих ущільнень, якими оснащені шарошкови долота типу ГНУ (з одним) і ГАУ (з двома підшипниками ковзання).

Радіальні ущільнення, які виконані здебільшого із гуми різного перетину, використовуються в долотах типу ГАУ, а торцеві (пружини Бельвіля) – в опорах шарошкових доліт типу ГНУ. Обидві конструкції опор мають у вершині

упорний осьовий підшипник ковзання, який сприймає осьові навантаження.

Досвід експлуатації доліт ГНУ [1, 2] (рис. 1) засвідчує, що значне розкидування значень показників стійкості (ресурсу) опор безперечно пов'язане з довговічністю торцевих манжет, які залежать від технології їх виготовлення, складання та умов роботи долота в свердловині разом з колоною буринних труб. При цьому колона буринних труб в свердловині може