

СПРОЩЕНА МЕТОДИКА ОЦІНКИ ОПТИМАЛЬНОСТІ СХЕМИ ДВОРОВОЇ КАНАЛІЗАЦІЇ

Олександр Кушка¹, Оксана Нечипор², Олена Гіжа³, Марина Котенко⁴

Київський національний університет будівництва і архітектури,
31, проспект Повітряних Сил, Київ, 03037, Україна

¹ канд. техн. наук, kushka.om@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0003-0568-9006

² канд. техн. наук, nechypor.om@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0001-8635-2231

³ канд. техн. наук, gizha.oo@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0003-4878-6850

⁴ kotenko_mi-2023@knuba.edu.ua, orcid.org/0009-0002-3515-1426

DOI: 10.32347/2524-0021.2025.50.70-74

Анотація. В статті розглядається проблема оптимального трасування дворових мереж побутової каналізації при забудові нових територій або реконструкції існуючих житлових кварталів. Незважаючи на тривалий період існування централізованих каналізаційних систем, чинні державні будівельні норми (ДБН) не містять чітких критеріїв та методик оцінки ефективності схем прокладання трубопроводів на локальному рівні (дворових мереж). Це ускладнює ухвалення економічно доцільних проектних рішень і може призводити до суттєвих перевитрат у масштабах країни. У роботі проаналізовано недоліки нормативної бази, а також актуальні підходи до оптимізації каналізаційних мереж, зокрема методи динамічного програмування, математичного моделювання та використання комп'ютерних застосунків. Запропоновано використання безрозмірного показника ефективності трасування YSN, який враховує довжину мережі, середню глибину залягання труб і колодязів, кількість колодязів та площу кварталу. Окрему увагу приділено практичному інструменту — застосунку "Canalisation", розробленому у співпраці з колишньою співробітницею Інституту гідромеханіки Наталією Степовою для розрахунку технологічних параметрів дворової каналізаційної мережі. Запропонований підхід дозволяє здійснити швидку попередню оцінку ефективності трасування дворової мережі, спрощуючи процес прийняття проектних рішень та знижувати витрати на проектування й будівництво. Робота спрямована на удосконалення методики проектування дворових каналізаційних систем з урахуванням економічних і технічних чинників.

Ключові слова: каналізаційна мережа, трасування, дворові мережі, економічність, математична модель, оптимізація, застосунок.

ВСТУП

Попри те, що централізоване водопостачання будинків, а відповідно і дворові каналізаційні мережі, існують вже більше ста років, і дотепер є питання, пов'язані з їхнім розрахунком, які потребують сучасного розгляду саме з наукової точки зору. Одним з таких питань є пошук оптимального варіанта трасування дворових мереж під час забудови нових територій або реконструкції старих.

ВАРТІСТЬ ПОМИЛОК. ЧОМУ ОПТИМАЛЬНЕ ТРАСУВАННЯ МАЄ ЗНАЧЕННЯ

На перший погляд, задача трасування дворових каналізаційних мереж виглядає тривіальною, проте навіть незначні помилки та відхилення від найбільш оптимального варіанту можуть становити солідні суми, якщо їх перевести в грошовий еквівалент і помножити на загальну площу житлової забудови та кількість населених пунктів.

АНАЛІЗ ЧИННИОГО НОРМАТИВУ

Тож зупинимось на питанні трасування дворової мережі побутової каналізації більш докладно. Якщо звернутись до нормативної фахової літератури, а саме, до державних будівельних норм [1], то в п. 1.1 та п. 1.2 ДБН «Каналізація. Зовнішні мережі та споруди» [1] знаходимо інформацію, що норми поширюються на проектування «систем і схем» водовідведення населених пунктів, реконструкцію мереж. І далі п. 5.4. [1] читаємо: «Технологічні схеми повинні забезпечувати економічність та ефективність мереж протягом розрахункового строку їх експлуатації».

Найбільш конкретна настанова щодо трасування мереж каналізації викладена в розділі 8.1 «Розташування та умови прокладання каналізаційних мереж», а саме в пункті 8.1.1 написано: «Розташування каналізаційної мережі повинно відповідати принциповій схемі каналізування населеного пункту».

В нормативній літературі відсутні параметри, які потрібно врахувати аби забезпечити економічність та ефективність мереж протягом розрахункового строку їх експлуатації. Відсутні також критерії та методики, за допомогою яких можна було б оцінити оптимальність трасування чи те, яка з можливих схем прокладання каналізаційних труб є найкращою.

МАТЕМАТИЧНІ ПІДХОДИ ДО ОПТИМІЗАЦІЇ ТРАСУВАННЯ

Для розв'язання задачі визначення оптимального трасування каналізаційних мереж пропонується застосовувати динамічне програмування [3], ітераційну математичну оптимізацію [4], математичну модель з можливістю змінювати початкові параметри, іноді пов'язані між собою, а саме: початкові геодезичні відмітки труб, ухили, об'єм земляних робіт тощо [5]. Цими роботами не обмежуються варіанти пошуку оптимального трасування каналізаційної мережі, але головне в них вже присутнє. Це використання

комп'ютерних застосунків, створених на базі відповідних математичних моделей.

ПРОБЛЕМА ЗАСТОСУВАННЯ СКЛАДНИХ МЕТОДІВ НА ЛОКАЛЬНОМУ РІВНІ

Однак у наведених вище наукових працях розглядаються не дворові трубопроводи, а каналізаційна мережа всього міста. Тому запропоновані в них методики є занадто складними і через це неприйнятними для проектування квартальної мережі побутової каналізації. Попри це основні змінні, які впливають на економічність мереж що проектується, будуть однаковими як для міської, так і для квартальної каналізаційної мережі, хоча для останньої потрібен простий експрес-метод оцінки ефективності трасування, який би враховував дві складові економічної мережі: оптимальна схема, оптимальний розрахунок.

ПРАКТИЧНИЙ ПІДХІД: ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ «CANALISATION»

В практиці проектування другій складовій не завжди приділяється належна увага. Ймовірно, це пов'язано з тим, що для розрахунку окремих ділянок безнапірної мережі потрібно врахувати швидкість, яка не може бути менше 0,7 м/с; ухил труби, не менше 0,008; наповнення труби (h/d), це відношення висоти шару води в трубі до діаметра труби, яке може змінюватись в діапазоні від 0,3 до 0,7.

Друга складова нами вирішена використанням застосунку «Canalisation». В цьому застосунку, при визначенні розрахункових величин на окремих ділянках каналізаційної мережі, використана методика ДБН п. 8.2.1. [1], а витрати на окремих ділянках визначенні за табл. А.5, [2].

Скриншоти окремих вікон застосунку представлено на рис. 1. В результаті розрахунку отримуємо оптимальне значення всіх технологічних та будівельних величин: ухилу, наповнення, швидкості, глибини залягання труби, відміток тощо.

КІ

РОЗРАХУНОК ДВОРОВОЇ КАНАЛІЗАЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ К1

КОРИГУВАТИ

ЗАВАНТАЖИТИ

ВИХІДНІ ДАНІ (ПРОДОВЖЕННЯ)

Матеріал труб: поліетилен

Кількість ділянок: 3

Заповнити на основі даних свого завдання і цифр, отриманих попередньо з використанням інших застосунків

Номер розрахункової ділянки	Кількість приладів, шт	Секундна витрата води на ділянку, л/с	Годинна витрата води на ділянку, куб.м/год.	Відстань від стока в будинку до початку ділянки, м	Коефіцієнт Ks	РОЗРАХУНКОВА витрата води на ділянку, л/с	Відмітка поверхні землі на початку ділянки, м	Відмітка поверхні землі в кінці ділянки, м	Діаметр труби, мм	Довжина ділянки, м
12	324	3,79	9,82	12	0,7	3,85	39	38,9	160	14
23	459	4,93	13,38	19	0,79	4,99	38,9	38,8	160	16
34	627	3,62	17,74	12	0,83	6,26	38,8	38,7	160	23

Мінімальна початкова глибина залягання, м

0,01

0,85

↑

↓

РОЗРАХУВАТИ

Copyright © 2025 Наталія Степова, Олександр Кушка

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРАХУНКУ

Розрахунков витрата води на ділянці, л/с	Прийняте наповнення h/d	Змочений периметр у долях від d	Площа живого перерізу в долях від квадрату d	Гидравлічний радіус u в долях від d	Гидравлічний радіус, м	u (для формули М.Павловського)	C за формулою М.Павловського	Прийнятий ухил труби	Швидкість води, м/с	Перепад висот, м	Шар рідини в трубі, см	Ухил поверхні землі
3,85	0,318	1,1982	0,2148	0,1793	0,0287	0,16348	39,96897	0,0107	0,7002	0,1498	5,088	0,0071
4,99	0,384	1,3367	0,2777	0,2078	0,0332	0,1633	40,97072	0,0088	0,7008	0,1408	6,144	0,0063
6,26	0,446	1,4626	0,3388	0,2316	0,0371	0,16316	41,72357	0,0081	0,7229	0,1863	7,136	0,0043

Повздовжній профіль дворової каналізації K1

The graph shows three data series over four points:

- Позначки поверхні землі (Grey line):** Starts at 39.0m at point 1 and decreases linearly to approximately 38.65m at point 4.
- Позначки рівня рідини (Blue line):** Starts at 38.2m at point 1 and decreases linearly to approximately 37.75m at point 4.
- Позначки розташування лотка (Black line):** Starts at 38.15m at point 1 and decreases linearly to approximately 37.7m at point 4.

Рис.1. Скриншоти окремих вікон застосунку для розрахунку дворової каналізаційної мережі
Fig. 1. Screenshots of individual application windows for calculating the yard sewer network

ВИЗНАЧАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ ЕКОНОМІЧНОСТІ МЕРЕЖІ

В роботах [3, 4, 5] зазначається, що будівельна вартість окремих ділянок каналізаційної мережі складається з вартості труб, колодязів та земляних робіт. Відомо, що на експлуатаційні витрати для каналізаційної мережі впливають два параметри: діаметр та глибина залягання труб.

Діаметр дворових мереж побутової каналізації не може бути менше 150 мм (160) [п. 8.3.1, 1], а більше малоймовірно для більшості кварталів (при 550 квартирах розрахунковий ухил мережі дорівнює мінімальному при швидкості 0,81 м/с; при 1000 квартирах ухил – 0,0222, швидкість – 1,35 м/с). Тобто наступний діаметр 200 мм, не часте явище.

Об'єм земляних робіт при збільшенні діаметру труби зі 160 до 200 мм не змінюється. Тож впливом діаметра на розрахунок оптимальності трасування можна знехтувати.

БЕЗРОЗМІРНИЙ КРИТЕРІЙ ОПТИМАЛЬНОСТІ ТРАСУВАННЯ

Тоді безрозмірний параметр для визначення оптимальної схеми дворової каналізаційної мережі буде мати вигляд

$$YSN = \frac{l(h_{mt} + N \cdot h_{mw})}{S}, \quad (1)$$

де – YSN – безрозмірний параметр; l – довжина розрахункового напрямку, від розрахункового будинку до колодязя міської мережі, м; h_{mt} – середня глибина залягання труб на розрахунковому напрямку, м; h_{mw} – середня глибина каналізаційних колодязів на розрахунковому напрямку, м; N – кількість каналізаційних колодязів на розрахунковому напрямку, шт.; S – площа кварталу каналізування, м². Менше значення – краща мережа.

ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ

Запропонована методика дає змогу оцінити ефективність дворових каналізаційних мереж без використання складних математичних моделей. Практичне використання застосунку “Canalisation” спрощує розрахунки та дозво-

ляє проєктувальникам отримувати точні і економічно привабливі результати. Це відкриває перспективи для спрощення вибору найкращого варіанту трасування дворових мереж каналізації, зменшення часу на прийняття правильного рішення та отримання завжди правильних розрахунків цих мереж.

ЛІТЕРАТУРА

1. **ДБН В.2.5-75:2013.** Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проєктування. Мінрегіон України. Київ: Укрархбудінформ, 2013. 96 с.
2. **ДБН В.2.5-64:2012.** Внутрішній водопровід та каналізація. Мінрегіон України. Київ: Укрархбудінформ, 2013. 105 с.
3. **Nagoshe S. R., Rai R. K., Kadam K. N.** Optimization of sewerage network by dynamic programming. Proceedings of 3rd IRF International Conference, 10th May-2014, Goa, India, 120-125. ISBN: 978-93-84209-15-5. URL: https://www.digitalxplore.org/up_proc/pdf/73-1399966324120-125.pdf
4. **Duque N., Duque D., Aguilar A., Saldarriaga J.** Sewer network layout selection and hydraulic design using a mathematical optimization framework. Water 2020, 12, 3337-3359; <https://doi.org/10.3390/w12123337>.
5. **Cetin T., Turan M. E., Senol M. E.** Effects of decision variables selection on sewer optimization Problem Appl. Sci. 2025, 15(9), 4836-4852. <https://doi.org/10.3390/app15094836>

REFERENCES

1. **Ministry of Regional Development of Ukraine. (2013).** DBN V.2.5-75:2013. Sewerage. External Networks and Structures. Basic Design Principles. Kyiv: Ukrarkhbudinform. [in Ukrainian]
2. **Ministry of Regional Development of Ukraine. (2013).** DBN V.2.5-64:2012. Internal Water Supply and Sewerage. Kyiv: Ukrarkhbudinform. [in Ukrainian]
3. **Nagoshe, S. R., Rai, R. K., & Kadam, K. N. (2014).** Optimization of sewerage network by dynamic programming. Proceedings of 3rd IRF International Conference, 10th May-2014, Goa, India, 120-125. ISBN: 978-93-84209-15-5. Retrieved from https://www.digitalxplore.org/up_proc/pdf/73-1399966324120-125.pdf
4. **Duque, N., Duque, D., Aguilar, A., & Saldarriaga, J. (2020).** Sewer network layout selection and hydraulic design using a mathematical optimization framework. *Water*, 12, 3337-3359. <https://doi.org/10.3390/w12123337>.

5. Cetin, T., Turan, M. E., & Senol, M. E. (2025). 4852; <https://doi.org/10.3390/app15094836>
Effects of decision variables selection on sewer optimization Problem. *Applied Sciences*, 15(9), 4836-

Simplified Methodology for Assessing the Optimality of a Yard Sewerage Scheme

Oleksandr Kushka, Oksana Nechypor, Olena Gizha, Maryna Kotenko

Abstract. The article addresses the problem of optimal routing of yard domestic sewage networks in the development of new areas or the reconstruction of existing residential neighborhoods. Despite the long-standing existence of centralized sewage systems, current state building regulations (DBN) lack clear criteria and methodologies for assessing the efficiency of pipeline layouts at the local (yard network) level. This complicates the adoption of economically feasible design solutions and may lead to significant cost overruns on a national scale. The study analyses the shortcomings of the regulatory framework, as well as current approaches to optimizing sewer networks, including methods of dynamic programming, mathematical modelling, and the use of computer applications. The use of a dimensionless efficiency indicator for routing, YSN, is proposed, which takes into account the network length, the average depth of pipes and manholes, the number of manholes, and the area of the block. Special attention is given to a practical tool — the “Canalisation” application, developed in collaboration with former employee of Institute of Hydromechanics Nataliia Stepova, for calculating the technological parameters of yard sewage networks. The proposed approach enables a rapid preliminary assessment of the efficiency of yard network routing, simplifying the decision-making process and reducing design and construction costs. The study aims to improve the methodology for designing yard sewage systems by considering economic and technical factors.

Keywords: sewerage network, routing, yard networks, cost-efficiency, mathematical model, optimization, application.

Стаття надійшла до редакції 08.06.2025