

## ПОРІВНЯННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДИК РОЗРАХУНКУ ВНУТРІШНІХ МЕРЕЖ БУДИНКУ

Олександр Кушка<sup>1</sup>, Наталія Степова<sup>2</sup>, Володимир Любенко<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup> Київський національний університет будівництва і архітектури  
31, Повітрофлотський пр., м. Київ, Україна, 03037

<sup>2</sup> Інститут гідромеханіки, Національна академія наук України  
8/4, вулиця Марії Капніст, м. Київ, Україна, 03680

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

<sup>2</sup> канд. техн. наук, stepovanataly@yahoo.com, orcid.org/0000-0001-6135-9875

<sup>3</sup> lubenko.vv@knuba.edu.ua, orcid.org/0000-0002-7492-1166

DOI: 10.32347/2524-0021.2023.42.42-48

**Анотація.** В Україні при розрахунках інженерних мереж будинків застосовують дві методики: стандартну (ДБН 2013) та методику «оптимального діаметру». У країнах ЄС діє Стандарт EN 806-3:2006, в якому викладена спрощена методика розрахунку внутрішньобудинкових мереж водопостачання, і яка регламентує також рамкові положення, на які мають спиратись національні методики розрахунку інженерних мереж будинків. У цьому стандарті зокрема зазначено: «Національні норми можуть вимагати меншої швидкості потоку, щоб уникнути гідроударів і шуму». Незначна кількість європейських країн мають свої національні методики розрахунку, але в стандарті зазначається, що національні методики «можуть бути використані як альтернатива європейському стандарту у випадках, коли існують причини для диференційованого підбору розмірів труб, наприклад, для великих будівель, промислових і комерційних підприємств тощо». Важко собі уявити європейську країну в якій немає, наприклад, «великих будівель», і Україна тут – не виключення. За методикою «оптимального діаметру», розробленою на кафедрі водопостачання та водовідведення КНУБА, визначається оптимальна середня швидкість руху води в системі з урахуванням двох критеріїв: якості та кількості води, яка надходить до споживача. Отримані середні швидкості завжди знаходяться в діапазоні «тихих труб», тобто менше 1 м/с. Оскільки для розв'язання задачі пошуку найкращих діаметрів на окремих ділянках існує простий алгоритм, то на результат не впливає досвід проектувальника. Як приклад, було виконано чотири порівняльні розрахунки для одинадцятиповерхового будинку з загальною кількістю сантехнічних приладів 192 та довжиною розрахункового напрямку 50,5 м. Розрахунки виконанні для варіантів мереж зі сталевих та поліетиленових труб за двома зазначеними вище методиками. З'ясовано, що для мереж, які розраховані за методикою ДБН (як зі сталевих, так і з поліетиленових труб), потрібно використовувати від 10 до 30% більше електроенергії в годину максимального споживання, в залежності від конкретного будинку. Тобто використання методики «оптимального діаметру» як альтернативи для розрахунку внутрішніх мереж не тільки задовольняє європейським нормам, але й є дозволяє підібрати більш енергоефективні у використанні діаметри труб, у порівнянні з тими, що їх можна отримати за допомогою ДБН.

**Ключові слова:** внутрішні мережі водопостачання, швидкості руху води, втрати тиску, методики розрахунку.

### ВСТУП

Сьогодні в Україні при розрахунках внутрішніх мереж холодного та гарячого водопостачання (подавальної частини) застосовують дві методики: стандартну, викладену в ДБН 2013 року «Внутрішній водопровід та каналізація» [1], та методику, яка спира-

ється на використання комплексного параметру (так званого «оптимального діаметру») [2, 3].

У ДБН [1] в пункті 11.1 вказано, що розрахунок систем холодного водопостачання потрібно проводити за максимальними секундними витратами води. І далі (в пункті

11.5) - діаметри окремих ділянок мережі потрібно визначати «за умови найбільшого використання гарантованого тиску води». Тобто потрібно намагатись приймати якнайменший діаметр труб при одночасному збільшенні швидкості руху та зростанні втрат напору. Наступний пункт 11.6 конкретизує рівень швидкостей, а саме: максимальні швидкості води в мережі в залежності від матеріалу труби (металеві – 1,5 м/с; полімерні – 2,5 м/с; мідні – 3 м/с).

У дванадцятому розділі ДБН [1] викладено аналогічні рекомендації стосовно максимальних секундних витрат води та максимальних швидкостей руху води у подавальній частині внутрішніх систем гарячого водопроводу. Так, для металевих труб максимальна секундна витрата води становить 1,5 м/с; для «пластикових та металопластикових» – 2,5 м/с, а для мідних – 2 м/с.

Єдина відмінність стосується швидкості руху води: у мідних трубах системи гарячого водопроводу вона становить 2 м/с замість 3 м/с.

У країнах ЄС діє Стандарт [4], в якому наведені два значення максимальних швидкостей руху води в інженерних мережах будинку: 2 м/с – для всіх розподільчих ділянок, стояків, вводу водопроводу тощо та 4 м/с – для тупикових підводок до одного приладу. Це визначено в п. 4.4 даного Стандарту. Причому в примітці до цього пункту зазначено: «Національні норми можуть вимагати меншої швидкості потоку, щоб уникнути гідродударів і шуму».

І далі в п. 5.2 «Детальні розрахунки»: «Проектувальник може використовувати затверджений на національному рівні метод детального розрахунку для визначення розмірів труб (див. додаток С)».

У додатку С наведено перелік з восьми країн (Німеччина, Австрія, Франція, Данія та інші), які мають свої національні методи визначення розмірів (діаметрів) труб.

Такі національні методики, як зазначено у Стандарті [4], можуть бути використані як альтернатива наведеному вище європейському стандарту у випадках, коли існують причини для диференційованого підбору ро-

змірів труб, наприклад, для великих будівель, промислових і комерційних підприємств тощо.

Більше того, Стандарт [4] вимагає: «Якщо існують будь-які інші національні методи розрахунку, які не наведені тут, рекомендується, щоб національний орган стандартизації надав інформацію в передмові до національного видання EN 806-3».

Ситуацію з визначенням оптимальних діаметрів на внутрішніх системах погіршує й те, що значна частина сучасних багатопверхових будинків з розгалуженими системами водопостачання (будинки вище 16 поверхів) потребують зональної системи водопостачання. При цьому мінімальний напір в міській мережі водопроводу не може бути менше 10 м (приблизно 0,1 мПа) [5, п. 6.3.4.], а максимальний напір не повинен перевищувати 60 м (0,6 мПа) [6]. Тобто тиск в різних точках зовнішньої мережі, до яких підключені внутрішні системи будинків, може змінюватись в 6 разів. А на величину тиску впливає не тільки територіальне розташування будинку, а також і час доби.

У вихідних даних для проектувальників надається величина мінімального гарантованого напору в точці підключення об'єкту водоспоживання до міської мережі, але не година, коли такий напір існує. Це все робить початкові умови для розрахунків внутрішніх мереж ще більш невизначеними. До того ж зростають вимоги до проєктантів, які при неповних вихідних даних повинні знайти найкращий варіант (діаметри, швидкості, втрати напору) на всіх ділянках внутрішніх мереж та підібрати необхідні помпи.

Альтернативна методика розрахунку внутрішніх мереж, розроблена на кафедрі водопостачання та водовідведення КНУБА, також спирається на максимальні секундні витрати води на окремих розрахункових ділянках (незмінних за матеріалом та розрахунковою витратою). Але швидкість руху і відповідно надалі, діаметри та питомі втрати напору, визначаються з урахуванням двох критеріїв, а саме – якості та кількості води у споживача.

Чим довше вода рухається по трубах, тим гірша її якість, тим суттєвіше зменшується

концентрація знезаражуючої речовини. Потрібно зменшувати діаметр для збільшення швидкості руху води і збереження кількості води, яка надходить до споживача. Підвищення тиску та збільшення швидкості руху води в трубопроводі призводить до зростання питомих втрат напора на окремих ділянках і, як наслідок, втрат напора на розрахунковому напрямку (від помпи до найбільш віддаленого споживача), а також до зростання експлуатаційних витрат.

## МЕТА І МЕТОДИ

Для спрощення розв'язання поставленої задачі і був запропонований комплексний параметр – «оптимальний діаметр» [2, 3]:

$$D_{op} = \frac{\Delta PL T^2}{M}$$

де  $\Delta PL$  – втрати тиску на розрахунковому напрямку,  $\text{кг}/(\text{м}\cdot\text{с}^2)\cdot\text{м}$ ;  $T$  – час, за який вода проходить розрахунковий напрямок (від помпи до найбільш віддаленого споживача), с;  $M$  – середня маса води в 1 метрі труби на розрахунковому напрямку, кг.

Оскільки розрахунковий напрямок завжди складається з більш ніж однієї ділянки, то до формул підставляють відповідні параметри всіх розрахункових ділянок на розрахунковому напрямку.

Втрати тиску  $\Delta P$  до формули «оптимального діаметру» краще підставляти в мПа. А найменше значення параметру «оптимальний діаметр» і буде визначати найкращий варіант розрахунку мережі.

Отримані середні швидкості руху води для різних об'єктів дещо відрізняються між собою, але вони завжди знаходяться в діапазоні «тихих труб», тобто менше 1 м/с. При цьому такий діапазон швидкостей є характерним для усіх видів труб, незалежно від матеріалу, з якого вони виготовлені.

Оскільки для розв'язання задачі пошуку найкращих діаметрів на окремих ділянках існує простий алгоритм, то на результат не впливає досвід проектувальника.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПОЯСНЕННЯ

Як приклад було виконано чотири розрахунки для одинадцятиповерхового будинку

з загальною кількістю сантехнічних приладів 192 та довжиною розрахункового напрямку 50,5 м.

Розрахунки виконанні для варіантів мережі зі сталевих та поліетиленових труб та за двома методиками: стандартною (ДБН) та альтернативною («оптимальний діаметр») (Табл. 1 та Табл. 2).

За результатами розрахунків отримали наступні параметри: діаметри на ділянках водопровідної мережі, середні швидкості руху води на розрахунковому напрямку, втрати напора з урахуванням місцевих втрат та без них для мережі холодного водопроводу.

При максимальній швидкості, яку дозволяє ДБН (2013) для сталевих труб – 1,5 м/с, отримали 1,08 м/с (методика ДБН) та 0,78 м/с (методика «оптимального діаметру»).

Швидкість 1,08 становить 72% від максимально допустимої для сталевих труб.

Суттєво відрізняються і втрати напора на мережі, 9,93 м та 4,56 м відповідно для двох варіантів. Це 2,17 раз.

Для мереж, виконаних з поліетиленових труб, середні швидкості відрізняються між собою більш суттєво – 1,9 м/с та 0,60 м/с. Для першого варіанту розрахунку (за ДБН) середня швидкість складає 1,9 м/с. Це 76% від максимально допустимої для поліетиленових труб в мережі холодного водопостачання.

Втрати напора складають 15,19 м та 1,58 м. Перевищення в 9,61 разів.

Для з'ясування того, як втрати напора на розрахунковому напрямку впливають на потрібну потужність помпи, були виконані відповідні розрахунки.

Необхідний напір для водозабезпечення було визначено за спрощеною методикою. Втрати води в квартирному лічильнику було прийнято 1 м, вільний напір в точці вилливу дорівнює 10 м, а висота підйому води визначалась, як кількість поверхів, помножена на висоту поверху. Неврахованою залишається незначна частина висоти підвального приміщення – до 0,5 м. Цією величиною при розрахунках знехтували.

**Табл. 1.** Розрахунок внутрішньої мережі холодного водопроводу за методикою ДБН (2013) та методикою «оптимального діаметру» [2,3] для сталевих труб

**Table 1.** Calculation of the internal cold water supply network according to the DBN methodology (2013) and the "optimal diameter" methodology [2,3] for steel pipes

Номер розрахункової ділянки	Кількість приладів, шт.	Довжина розрахункової ділянки, м	Витрата води на ділянці, л/с	Умовний діаметр труби, мм	Швидкість води, м/с	Втрати напору по довжині ділянки, м	Втрати напору по довжині ділянки з урахуванням місцевих втрат, м	Розрахунок за методикою «оптимальний діаметр» [2,3]			
								Умовний діаметр труби, мм	Швидкість води, м/с	Втрати напору по довжині ділянки, м	Втрати напору по довжині ділянки з урахуванням місцевих втрат, м
				Розрахунок за методикою ДБН [1]				Розрахунок за методикою «оптимальний діаметр» [2,3]			
12	1	1,5	0,22	15	1,21	0,53	0,70	15	1,21	0,53	0,70
23	4	1,2	0,25	15	1,37	0,55	0,72	20	0,74	0,12	0,15
34	8	3	0,29	20	0,86	0,38	0,50	25	0,51	0,11	0,14
45	12	3	0,33	20	0,98	0,49	0,64	25	0,59	0,14	0,18
56	16	3	0,37	20	1,10	0,61	0,79	25	0,66	0,17	0,22
67	20	3	0,41	20	1,22	0,73	0,95	25	0,73	0,20	0,26
78	24	3	0,46	20	1,34	0,88	1,15	25	0,80	0,24	0,31
89	28	3	0,50	25	0,87	0,28	0,37	25	0,87	0,28	0,37
910	32	3	0,53	25	0,93	0,32	0,41	25	0,93	0,32	0,41
1011	36	3	0,56	25	0,98	0,35	0,45	25	0,98	0,35	0,45
1112	40	3	0,58	25	1,03	0,38	0,50	25	1,03	0,38	0,50
1213	44	3	0,61	25	1,07	0,41	0,54	32	0,61	0,10	0,13
1314	48	3	0,64	25	1,12	0,45	0,58	32	0,64	0,11	0,14
1415	96	6,5	0,96	32	0,96	0,51	0,66	40	0,73	0,25	0,33
1516	192	8,4	1,52	40	1,15	0,76	0,99	50	0,69	0,21	0,27
		50,5			1,08	7,64	9,93		0,78	3,51	4,56

Результати розрахунків можна побачити на рис. 1 та рис. 2.

Перші два розрахунки виконанні для мережі зі сталевих труб. Спочатку у відповідності до ДБН [1], потім - за методикою «оптимального діаметру» [2, 3]. Розраховані потрібні потужності помпи в годину максимального водоспоживання.

Перший варіант мережі потребує помпу, що використовує на 11% більше електроенергії.

Ще більшу кількість електроенергії (на 30% більше) потрібно використовувати за методикою ДБН в порівнянні з методикою «оптимального діаметру» при застосуванні поліетиленових труб (рис. 2).

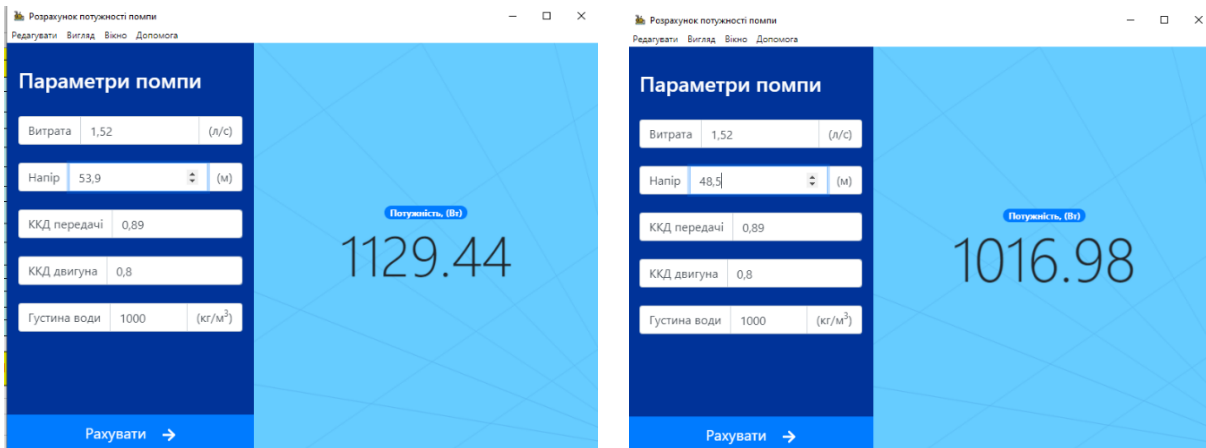
**Табл. 2.** Розрахунок внутрішньої мережі холодного водопроводу за методикою ДБН (2013) та методикою «оптимального діаметру» [2,3] для поліетиленових труб.  
**Table 2.** Calculation of the internal cold water supply network according to the DBN methodology (2013) and the "optimal diameter" methodology [2,3] for polyethylene pipes

Номер розрахункової ділянки	Кількість приладів, шт.	Довжина розрахункової ділянки, м	Витрата води на ділянці, л/с	Умовний діаметр труби, мм	Швидкість води, м/с	Втрати напору по довжині ділянки, м	Втрати напору по довжині ділянки з урахуванням місцевих втрат, м	Умовний діаметр труби, мм	Швидкість води, м/с	Втрати напору по довжині ділянки, м	Втрати напору по довжині ділянки з урахуванням місцевих втрат, м
12	1	1,5	0,222	16	1,96	0,66	0,86	16	1,96	0,66	0,86
23	4	1,2	0,252	16	2,23	0,66	0,86	40	0,30	0,01	0,01
34	8	3	0,293	20	1,46	0,55	0,71	40	0,35	0,02	0,02
45	12	3	0,333	20	1,66	0,69	0,89	40	0,40	0,02	0,03
56	16	3	0,374	20	1,86	0,84	1,09	40	0,45	0,03	0,04
67	20	3	0,414	20	2,06	1,00	1,31	40	0,50	0,03	0,05
78	24	3	0,455	20	2,26	1,18	1,53	40	0,54	0,04	0,05
89	28	3	0,495	20	2,46	1,37	1,78	40	0,59	0,05	0,06
910	32	3	0,529	26	1,62	0,49	0,63	40	0,63	0,05	0,07
1011	36	3	0,556	26	1,70	0,53	0,69	40	0,67	0,06	0,08
1112	40	3	0,583	26	1,79	0,58	0,75	40	0,70	0,06	0,08
1213	44	3	0,611	26	1,87	0,62	0,81	50	0,47	0,02	0,03
1314	48	3	0,638	26	1,95	0,67	0,88	63	0,31	0,01	0,01
1415	96	6,5	0,963	32	1,79	0,91	1,19	63	0,46	0,04	0,05
1516	192	8,4	1,517	40	1,82	0,93	1,20	63	0,73	0,11	0,14
		50,5			1,9	11,69	15,19		0,60	1,21	1,58

## ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

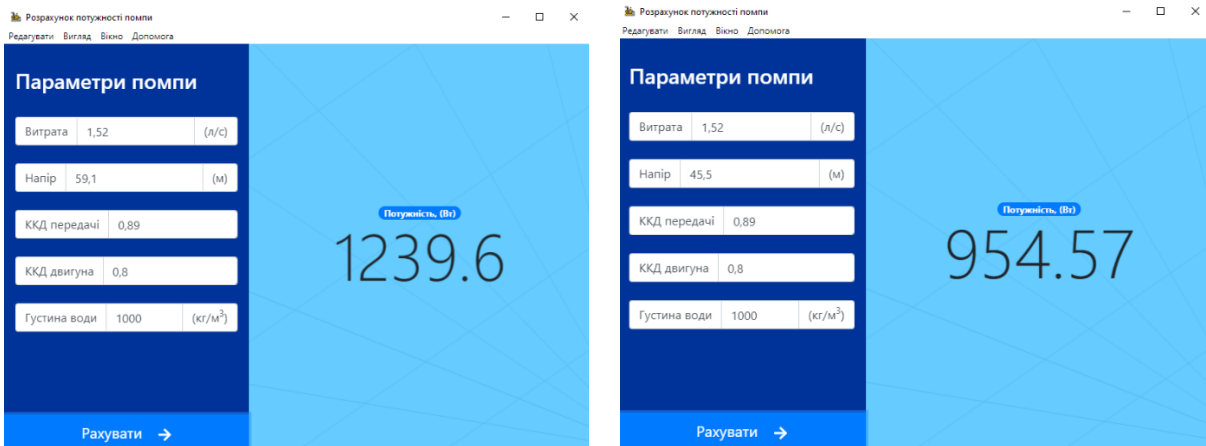
1. Найбільш поширеною та офіційно визнаною в Україні методикою розрахунку внутрішніх мереж холодного та гарячого водопостачання є наразі методика, викладена в ДБН 2013 року «Внутрішній водопровід та каналізація», яка, на жаль, допускає більші максимальні швидкості руху води в інжене-

рних мережах будинку (для всіх розподільчих ділянок, стояків, вводу водопроводу тощо), особливо для найбільш розповсюджених зараз поліетиленових труб, ніж це рекомендовано аналогічними нормами, впровадженими в ЄС. Це, в свою чергу, потребуватиме внесення змін до методики, викладеної у ДБН, щоб привести її у відповідність до Стандарту [4] у разі вступу України до ЄС.



**Рис. 1.** Визначення електроспоживання помпи в годину максимального водопостачання (сталеві труби)

**Fig. 1.** Determination of the power consumption of the pump in the hour of maximum water supply (steel pipes)



**Рис. 2.** Визначення електроспоживання помпи в годину максимального водопостачання (поліетиленові труби)

**Fig. 2.** Determination of pump power consumption in the hour of maximum water supply (polyethylene pipes)

2. Використання розробленої на кафедрі водопостачання та водовідведення КНУБА альтернативної методики розрахунку внутрішніх мереж не тільки задовольняє європейським нормам [4], але й дозволяє підібрати більш енергоефективні у використанні діаметри труб у порівнянні з тими, що їх можна отримати за допомогою ДБН «Внутрішній водопровід та каналізація».

#### ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація. Мінрегіон України. Київ: Укрархбудінформ, 2013. 105 с.

2. Кушка О., Степова Н. Щодо оптимізації розрахунку внутрішніх систем холодного та гарячого трубопроводу // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки, 2021, Вип. 36. С. 18-26.

3. Кушка О. Розрахунок внутрішніх мереж водопроводу при максимальному збереженні якості питної води // Чиста вода. Фундаментальні, прикладні та промислові аспекти: матер. VII Міжнар. наук.-практ. конф. 25-26 листопада 2021 р., м. Київ. 209 с.

4. EN 806-3:2006. Specifications for installations inside buildings conveying water for human consumption - Part 3: Pipe sizing - Simplified method, 2006, p. 16.

5. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Мінрегіон України. Київ: Укрархбудінформ, 2013. 115 с.

6. ДБН В.2.5-74:2013. Зміна 1. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Мінрегіон України. Київ: Укрархбудінформ, 2018. 14 с.

#### REFERENCES

1. Ministry of Regional Development of Ukraine (2013). DBN V.2.5-64:2012. *Internal water supply and sewerage*. Kyiv: Ukrarhbudinform. Retrieved from <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2017/12/99.1.-DBN-V.2.5-642012.-Vnutrishniy-vodoprovod-ta-kanali.pdf>

2. Kushka, O., & Stepova, N. (2021) On optimization of calculation of internal systems of cold and hot pipelines. *Problems of water supply, drainage and hydraulics*, 36, 18-26. <https://doi.org/10.32347/2524-0021.2021.36.18-26>

3. Kushka, O. (2021) Calculation of internal water supply networks with maximum preservation of drinking water quality. *Clean water. Fundamental, applied and industrial aspects* (November 25-26, 2021, Kyiv): VII International Scientific and Practical Conference / compiled by. Zhukova V., Koltysheva D. - 2021. 209 p. [in Ukrainian]

5. Ministry of Regional Development of Ukraine (2013). DBN V.2.5-74:2013. *Water supply. External networks and structures. Basic provisions of design*. Kyiv: Ukrarhbudinform. Retrieved from <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2017/12/101.1.-DBN-V.2.5-742013.-Vodopostachannya.-Zovnishni-merezhi.pdf>

6. Ministry of Regional Development of Ukraine (2018). DBN V.2.5-74: 2013. Amendment 1: *Water supply. External networks and structures. Basic provisions of design*. Kyiv: Ukrarhbudinform. Retrieved from [https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2018/11/ZM\\_DBN\\_V2574.pdf](https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2018/11/ZM_DBN_V2574.pdf)

### About the optimization in calculations of internal cold and hot water supply systems

*Oleksander Kushka, Nataliia Stepova, Volodymyr Lubenko*

**Abstract.** In Ukraine, two methods are used to calculate building utilities: the standard one (DBN 2013) and the "optimal diameter" method. In the EU, there is a standard with a simplified method for calculating building utilities. It also states: "National regulations may require a lower flow rate to avoid water hammer and noise." A small number of European countries have their own national calculation methods, but the standard states that national methods "may be used as an alternative to the European standard in cases where there are reasons for differentiated selection of pipe sizes, e.g. for large buildings, industrial and commercial enterprises, etc.". It is hard to imagine a European country that does not have, for example, "large buildings" and Ukraine is no exception. The "optimal diameter" calculation methodology determines the optimal average speed of water movement in the system, taking into account two criteria: the quality and quantity of water supplied to the consumer. The obtained average velocities are always in the range of "quiet pipes", i.e. less than 1 m/s. Since a simple algorithm exists to solve the problem of finding the best diameters in individual sections, the result is not affected by the designer's experience. As an example, four comparative calculations were performed for an eleven-story building with a total of 192 sanitary facilities and a design section length of 50.5 m. The calculations were performed by two methods for networks made of steel and polyethylene pipes and. It was found that networks calculated according to the DBN method require more electricity for both steel and polyethylene pipes (from 10 to 30% in the hour of maximum consumption). That is why, the use of an alternative methodology for calculating internal networks developed at the Department of Water Supply and Wastewater Treatment of KNUBA not only meets European standards, but also allows to choose more energy-efficient pipe diameters in comparison with those that can be obtained using the DBN.

**Keywords:** internal water supply networks, water flow rates, pressure losses, calculation methods.

*Стаття надійшла до редакції 07.04.2023*