

ЩОДО ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗРАХУНКУ ВНУТРІШНІХ СИСТЕМ ХОЛОДНОГО ТА ГАРЯЧОГО ВОДОПРОВОДУ

Олександр Кушка¹, Наталія Степова²

¹ Київський національний університет будівництва і архітектури
31, Повітрофлотський пр., м. Київ, Україна, 03037

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

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

² канд. техн. наук, с.н.с, stepovanataly@yahoo.com, orcid.org/0000-0001-6135-9875

DOI: 10.32347/2524-0021.2021.36.18-26

Анотація. Нормативна література, а саме ДБН «Внутрішній водопровід та каналізація», не пропонує алгоритму отримання оптимальних діаметрів на всіх без винятку розрахункових ділянках внутрішніх мереж холодного та гарячого водопостачання. Взагалі не пропонується розглядати всю мережу як один об'єкт. Указані лише максимальні швидкості руху води на розрахункових ділянках, які залежать від матеріалу труби, і при цьому зазначено, що необхідно «максимально використовувати гарантійний напір в міській мережі». Але ці дві рекомендації є взаємовиключними. При виконанні однієї не можливо виконати іншу та навпаки. Пропонується повністю формалізувати розрахунок внутрішніх мереж зі знаходження діаметрів на окремих розрахункових ділянках внутрішньої мережі холодного або гарячого водопостачання. Оптимізація виконується одночасно для всіх без винятку ділянок мережі. Для розрахунків, пошуку найкращого варіанту мережі запропоновано скористатись двома параметрами: кількістю та якістю. Як загалом відомо, тільки одночасне застосування цих двох параметрів дає можливість забезпечити надійність роботи водопровідної мережі. Якість води залежить від часу, за який вона доходить до споживача. Чим більше час, тим гірше якість води. Це стосується як холодної, так і гарячої води. Кількість води залежить від тиску. Чим більше тиск, тим вище швидкість руху і, відповідно, тим вище витрата, але є недолік – тим вище втрати тиску на шляху до споживача і тим вище вартість послуги. Пошук оптимальності (щоб було і швидко, і втрати напору мінімальні) і дає найкращий варіант мережі. При використанні запропонованої методики на результат не впливає ані досвід проектувальника при розв'язанні подібних задач, ані його загальний професійний рівень. Це, в свою чергу, дає можливість швидко розв'язувати задачі знаходження найкращого варіанту в стислі терміни, а також (для ще більшого скорочення часу при розрахунках мережі) зробити програмне забезпечення; в цьому випадку професійний рівень проектувальника взагалі не буде мати значного впливу на якість розрахунків.

Ключові слова: ділянки внутрішньої мережі; системи холодного і гарячого водопроводу; швидкості руху води; втрати тиску; діаметри ділянок мережі; оптимальний діаметр.

ВСТУП

Значна кількість будинків з централізованими системами постачання холодної та гарячої води¹, що будується сьогодні, вимагає чіткої методики, а бажано, ще і оптимальної методики визначення діаметрів труб внутрішніх систем холодного та гарячого водопроводу на всіх без виключення розрахункових ділянках. Виняток – одно-триповерхові будинки, в яких мережі мають незначну кількість ділянок з маленьким діапазоном зміни діаметрів.

Переважає кількість внутрішніх трубопроводів будинків відносяться до систем питного водопостачання, а не технічного, і це стосується не лише будинків житлового фонду. Отже, в таких будинках як в системі холодного, так і в системі гарячого водопостачання повинна бути вода питної якості.

В нормативній літературі, яка діє в Україні сьогодні (ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація», що введений у 2013 р. [1]), так і в літературі, що діяла раніше (СНіПи [2-7]), починаючи з перших повоєнних нормативів, не вказано, як мінімум, рекомендований діапазон змін швидкості руху води в системах холодного та гарячого водопостачання. Наведено тільки максимальне значення швидкості руху води, яке, на думку авторів документів, залежить від матеріалу труби (від 1,5 до 2,5 м/с).

А що стосується розрахункових діаметрів, то в п. 11.5 діючого сьогодні ДБН (2013) [1] сказано, що «діаметри потрібно визначати за умови найбільшого використання гарантованого тиску».

Зрозуміло, що чим більше швидкість руху води буде наближатися до нульового значення, тим менше будуть втрати тиску і тим більше буде використовуватись «гарантований тиск».

Тобто потрібно максимально зменшувати швидкість руху води, але навіщо наведені максимальні швидкості руху? В

яких випадках їх використовувати? Відповіді в ДБН нема.

Це все стосувалось систем холодного водопостачання, про системи гарячого водопостачання і такого нема.

Дивно, що автори ДБН (2013) ([1], п. 11.6 та 12.12) мідні труби не відносять до металевих труб, а також те, що максимальна швидкість руху води по мідним трубам в системі холодного водопроводу (3 м/с) більша швидкості руху води (2 м/с) в системі гарячого водопроводу. Для труб з інших матеріалів такого не спостерігається.

За методикою ДБН (2013) секундні витрати води, холодної або гарячої, знаходяться в залежності від годинної витрати води (див. [1] табл. А.5 ДБН, 2013), а в [1] табл. А.3 наведено «розрахункові витрати води (л/год) для санітарно-технічних приладів».

В цій таблиці для ванни (13-9), мийки (6-4), умивальника (3-2) годинна витрата гарячої води більше витрати холодної води. На реальних об'єктах будівництва діаметри підводок холодної та гарячої води до санітарно-технічних приладів однакові.

Максимальна швидкість руху води в металевих трубах в ДБН (2013) вказана як 1,5 м/с, в полімерних – 2,5 м/с. Втрати тиску залежить від квадрату швидкості, тому зростання втрат тиску в 2,78 рази ($2,5/1,5=1,67$; $1,67^2=2,78$) навряд чи зможе компенсувати зменшення шорсткості полімерних труб.

Про порівняння «металевих» та «мідних» труб можна і не згадувати там збільшення втрат тиску в 4 рази. Це ще важче пояснити.

В російському СП 30.13330.2016 [8] при розрахунках систем холодного водопостачання зустрічається максимальна (1,5 м/с), рекомендована (1,2 м/с) та мінімальна (0,2 м/с) швидкості. Швидкості не залежать від матеріалу труб, діаметру тощо. З яких міркувань вибрали саме такі значення невідомо.

¹ В статті розглядаються подавальні частини систем гарячого водопроводу

По вибору діаметрів труб в системах гарячого водопроводу є посилання на «Додаток Г» цього документу, але в Додатку Г мова про вибір діаметрів не йдеться, а тільки про визначення втрат напорю.

Тобто в нормативній літературі, як українській, так і російській, мова про критерії вибору швидкості руху води в трубах, як холодного так і гарячого водопостачання не йде.

МЕТА І МЕТОДИ

Зважаючи на те, що розгалуженість внутрішніх мереж холодного та гарячого водопостачання зростає зі збільшенням кубатури об'єктів будівництва, методика визначення діаметрів труб на всіх розрахункових ділянках мереж внутрішнього водопроводу стає сьогодні ще більш актуальною.

У той самий час вартість труб та систем водопостачання в цілому є змінною величиною. Ціни зростають, і, відповідно, зростає вартість внутрішніх систем водопостачання. Ціни зростають нерівномірно. Важко точно спрогнозувати ціни на 50 років наперед при визначенні експлуатаційних витрат. Тобто техніко-економічні розрахунки, виконані на конкретний момент часу, що вимірюється десятиліттями, будуть мати суттєві похибки, що зменшує надійність та корисність цих розрахунків.

З урахуванням використаного часу доцільним є оцінювання різних варіантів системи внутрішнього водопроводу, не за окремими ділянками, а в цілому – з визначенням найкращих діаметрів на кожній ділянці системи холодного або гарячого водопроводу. Також бажано використовувати безрозмірний параметр, який врахує всі величини, що впливають на діаметри труб на окремих ділянках системи внутрішнього водопроводу.

Гарантійний термін експлуатації сучасних полімерних труб становить 50 років. Емальовані труби або труби з цинко-

вим покриттям можуть при кваліфікованій експлуатації також прослужити понад 50 років.

Головним чинником стають експлуатаційні витрати.

Ідеально, коли експлуатаційні витрати складають невеликі суми, але для цього потрібно, щоб втрати тиску в системі від помпи до найвіддаленішого споживача були мінімальні. Плата за електроенергію при роботі pomp – це найбільша стаття витрат при експлуатації внутрішніх систем.

З іншого боку, чим більше тиск, тим менший час потрібний, щоб вода дісталась до найвіддаленішого споживача, і тим вищою буде якість води, бо з часом знижується концентрація знезаражуючого реагенту і, відповідно, якість води погіршується.

При зменшенні тиску зростає середній час руху води до споживачів і погіршується якість води, а при збільшенні тиску збільшується швидкість, підвищується якість води, але збільшується вартість експлуатації.

Десь між цими крайніми точками і знаходиться оптимальне рішення, коли і вартість не максимальна, і якість не найгірша.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПОЯСНЕННЯ

Порівняння можливих варіантів безрозмірних параметрів, які б задовольняли усім висунутим вимогам, дало змогу вибрати найкращий комплексний параметр (надалі – «оптимальний діаметр»), а саме:

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

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

Для зручності користування параметром D_{op} втрати тиску потрібно до розрахункової формули підставляти в мПа.

Зрозуміло, що при найменшому значенні «оптимального діаметра» буде найкращий варіант мережі.

Як приклад наведено розрахунок внутрішньої мережі холодного водопостачання житлового будинку. В табл. 1 роз-

рахунок за рекомендованими швидкостями для сталевих труб ([1], 1,5 м/с, сталеві), в табл. 2 – розрахунок тієї ж мережі з використанням «оптимального діаметру».

Табл. 1. Розрахунок внутрішньої мережі холодного водопроводу, що виконана зі сталевих труб за методикою [1], враховано максимальні швидкості руху на ділянках; до 1,5 м/с

Table 1. Calculations of the internal cold water supply network, which is made of steel pipes according to [1] methodology, the maximum speeds of movement in sections; up to 1.5 m/s are taken into account

Номер розрахункової ділянки	Кількість приладів, шт.	Довжина розрахункової ділянки, м	Витрата води на ділянці, л/с	Умовний діаметр труби, мм	Швидкість води, м/с	Питоми втрати напору 1000i, мм/м	Втрати напору по довжині ділянки, м	Час руху води по ділянці, с	Внутрішній діаметр труби, мм	Маса води в трубі довжиною 1 м, кг	Маса води в трубі ділянки, кг	Втрати напору на ділянці з урахуванням місцевих втрат напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14
12	1	0,7	0,222	15	1,307	440,73	0,309	0,536	16,3	0,209	0,146	0,401
23	2	1,2	0,232	15	1,366	481,89	0,578	0,878	16,3	0,209	0,250	0,752
34	4	1,5	0,252	15	1,486	569,73	0,855	1,010	16,3	0,209	0,313	1,111
45	8	3,3	0,293	20	0,913	148,27	0,489	3,614	21,8	0,373	1,231	0,636
56	12	3,3	0,333	20	1,039	188,67	0,623	3,175	21,8	0,373	1,231	0,809
67	16	3,3	0,374	20	1,166	233,76	0,771	2,831	21,8	0,373	1,231	1,003
78	20	3,3	0,414	20	1,292	285,18	0,941	2,554	21,8	0,373	1,231	1,223
89	24	3,3	0,455	20	1,419	343,68	1,134	2,326	21,8	0,373	1,231	1,474
910	28	3,3	0,495	25	0,925	108,94	0,360	3,566	27,9	0,611	2,016	0,467
1011	32	3,3	0,529	25	0,989	123,31	0,407	3,336	27,9	0,611	2,016	0,529
1112	36	3,3	0,556	25	1,040	135,32	0,447	3,173	27,9	0,611	2,016	0,581
1213	40	3,3	0,583	25	1,091	147,87	0,488	3,026	27,9	0,611	2,016	0,634
1314	44	3,3	0,611	25	1,141	160,96	0,531	2,892	27,9	0,611	2,016	0,691
1415	48	3,3	0,638	25	1,192	174,60	0,576	2,769	27,9	0,611	2,016	0,749
1516	52	3,3	0,665	25	1,243	188,96	0,624	2,656	27,9	0,611	2,016	0,811
1617	104	12,5	1,027	32	1,074	98,45	1,231	11,642	36,7	1,057	13,216	1,600
1718	156	6,8	1,316	32	1,376	158,85	1,080	4,942	36,7	1,057	7,190	1,404
1819	169	5,7	1,389	32	1,452	176,78	1,008	3,927	36,7	1,057	6,027	1,310
1920	208	16,2	1,606	40	1,278	114,70	1,858	12,679	42,0	1,385	22,433	2,416
Сума		84,2					14,31	71,53			69,85	18,6

Таблиця 2. Розрахунок внутрішньої мережі холодного водопроводу, що виконана зі сталевих труб за методикою, що пропонується – «оптимальний діаметр». При витратах, що наведені в [1]

Table 2. Calculations of the internal cold water supply network, which is made of steel pipes according to the proposed – "optimum diameter" methodology. At the costs that are listed in [1]

Номер розрахункової ділянки	Кількість приладів, шт.	Довжина розрахункової ділянки, м	Витрата води на ділянку, л/с	Умовний діаметр труби, мм	Швидкість води, м/с	Питомі втрати напору 1000і, мм/м	Втрати напору по довжині ділянки, м	Час руху води по ділянці, с	Внутрішній діаметр труби, мм	Маса води в трубі довжиною 1 м, кг	Маса води в трубі ділянки, кг	Втрати напору на ділянці з урахуванням місцевих втрат напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14
12	1	0,7	0,222	15	1,307	440,73	0,309	0,536	16,3	0,209	0,146	0,401
23	2	1,2	0,232	15	1,366	481,89	0,578	0,878	16,3	0,209	0,250	0,752
34	4	1,5	0,252	15	1,486	569,73	0,855	1,010	16,3	0,209	0,313	1,111
45	8	3,3	0,293	25	0,547	41,50	0,137	6,033	27,9	0,611	2,016	0,178
56	12	3,3	0,333	32	0,348	12,62	0,042	9,476	36,7	1,057	3,489	0,054
67	16	3,3	0,374	32	0,391	15,49	0,051	8,449	36,7	1,057	3,489	0,066
78	20	3,3	0,414	32	0,433	18,64	0,062	7,623	36,7	1,057	3,489	0,080
89	24	3,3	0,455	32	0,475	22,05	0,073	6,944	36,7	1,057	3,489	0,095
910	28	3,3	0,495	32	0,518	25,73	0,085	6,376	36,7	1,057	3,489	0,110
1011	32	3,3	0,529	32	0,553	29,04	0,096	5,964	36,7	1,057	3,489	0,125
1112	36	3,3	0,556	32	0,582	31,80	0,105	5,674	36,7	1,057	3,489	0,136
1213	40	3,3	0,583	40	0,464	17,71	0,058	7,107	42,0	1,385	4,570	0,076
1314	44	3,3	0,611	40	0,486	19,22	0,063	6,792	42,0	1,385	4,570	0,082
1415	48	3,3	0,638	40	0,507	20,79	0,069	6,503	42,0	1,385	4,570	0,089
1516	52	3,3	0,665	40	0,529	22,42	0,074	6,238	42,0	1,385	4,570	0,096
1617	104	12,5	1,027	50	0,484	13,55	0,169	25,846	54,0	2,289	28,613	0,220
1718	156	6,8	1,316	65	0,379	6,35	0,043	17,942	70,4	3,891	26,456	0,056
1819	169	5,7	1,389	65	0,400	6,99	0,040	14,256	70,4	3,891	22,176	0,052
1920	208	16,2	1,606	65	0,462	9,07	0,147	35,044	70,4	3,891	63,027	0,191
Сума		84,2					3,05	178,69			185,7	3,97

В першому розрахунку: середня швидкість в мережі – 1,2 м/с; середній діаметр – 24 мм; втрати напору – 18,6 м (на довжині 84,2 м або 22 см на 1 м довжини труби). Максимальний діаметр на мережі – 40 мм.

В другому випадку: середня швидкість в мережі – 0,62 м/с; середній діаметр –

36,8 мм; втрати напору – 3,97 м (на довжині 84,2 м або 4,47 см на 1 м довжини труби). Максимальний діаметр на мережі – 65 мм.

Різниця втрат напору 18,6 – 3,97 = 14,63 м.

Тиск в мережі не повинен перевищувати 0,6 мПа (приблизно 60 м). У першому випадку потрібно робити дві зони

водопостачання і ціна на будівництво та експлуатацію мережі зростає.

Розрахунки були виконані для будинку розташованого в Києві, середнє добове споживання 150 літрів однією особою холодної води (250 літрів загальної води).

За даними «Київводоканалу» [9] сьогодні добове виробництво питної води на підприємствах м. Києва складає 700 000 куб. м. Частина цієї води надається за межі міста, а за даними «Головного управління статистики в м. Києві» [10] середня чисельність містян у січні–червні 2021 року склала 2 958 228 осіб. Тоді середнє добове споживання за цей період складає 237 літрів за добу на одну особу. Це у випадку, коли вся вода надходить до будинків киян і інших витрат в місті не існує.

Як ми бачимо, і в цьому випадку середнє добове споживання менше 250 літрів. При врахуванні інших споживачів в місті водоспоживання на одну особу буде менше.

На сторінці сайту «Danube Water Program» в розділі «Water and Wastewater Services in the Danube Region» [11] в матеріалах про якість комунальних послуг в сфері водопостачання України читаємо: «Середнє споживання води домогосподарствами варіюється від 88 літрів на особу на добу до 174 літрів на особу на добу (НКРЕКП 2013)».

Це інформація з річного звіту, але в той же час можна прочитати: «Наразі в Україні немає надійного загальнодержавного відкритого джерела інформації стосовно послуг у сфері водопостачання. Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг, яка виступає в якості загальнодержавного регулятора, нещодавно розпочала збір даних, **але ще не виклала їх у публічний доступ**».

Тому зробити більш повний аналіз по роках неможливо, але сфера водоспожи-

вання достатньо інерційна і можна вважати, що і сьогодні цифри середнього добового споживання відрізняються не суттєво від 2013 року.

У 2013 році за українськими даними максимальне водоспоживання на 1 особу було 174 літри, а не 285 як позначено в ДБН (2013) «Внутрішній водопровід і каналізація» [1], а мінімальне – 88, а не 100.

Невідомо, скільки споживачів використовували в країні 88 літрів, а скільки 174, але середнє між цих двох цифр буде 131, а це дуже близьке до значення середнього водоспоживання в країнах ЄС (128 літрів на одну особу за добу серед 29 країн), а цю інформацію в свою чергу можна знайти на сторінці сайту НКРЕКП [12].

Розрахуємо внутрішню мережу при меншій кількості споживання холодної води за добу (написано 285 – реально 174, написано 150 – реально 92). Приймаємо 92 літри за добу – середнє споживання в Києві. Це 2,76 куб. метри холодної води на місяць.

Вважаємо, що в Києві максимальне споживання води на добу одним мешканцем в Україні, і не враховуємо, що за ДБН (2013) [1] середня добова витрата залежить ще від кліматичної зони.

Київ знаходиться в першій кліматичній зоні, і, відповідно, витрата за [1] 250 л/добу, але ми прийняли 285 л/добу.

Результати розрахунків наведені в табл. 3.

В третьому розрахунку: середня швидкість в мережі – 0,88 м/с; середній діаметр – 25,9 мм; втрати напору – 10,25 м (на довжині 84,2 м або 12,2 см на 1 м довжини труби). Максимальний діаметр на мережі – 50 мм.

Розрахунок мережі гарячого водопроводу (подавальної частини) в статті не наведено. Методика розрахунку повністю співпадає, а відмінності в густині води, діаметрах труб та розрахункових формулах для визначення питомих втрат напору впливають тільки на результати.

Табл. 3. Розрахунок внутрішньої мережі холодного водопроводу, що виконана зі сталевих труб за методикою, що пропонується – «оптимальний діаметр». При реальних добових витратах на 1 особу

Table 3. Calculations of the internal cold water supply network, which is made of steel pipes according to the proposed – "optimum diameter" methodology. At real daily costs per customer Номер розрахункової ділянки

Номер розрахункової ділянки	Кількість приладів, шт.	Довжина розрахункової ділянки, м	Витрата води на ділянці, л/с	Умовний діаметр труби, мм	Швидкість води, м/с	Питомі втрати напору 1000і, мм/м	Втрати напору по довжині ділянки, м	Час руху води по ділянці, с	Внутрішній діаметр труби, мм	Маса води в трубі довжиною 1 м, кг	Маса води в трубі ділянки, кг	Втрати напору на ділянці з урахуванням місцевих втрат напору, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14
12	1	0,7	0,165	15	0,972	251,70	0,176	0,720	16,3	0,209	0,146	0,229
23	2	1,2	0,174	15	1,025	277,60	0,333	1,171	16,3	0,209	0,250	0,433
34	4	1,5	0,192	15	1,130	333,08	0,500	1,328	16,3	0,209	0,313	0,650
45	8	3,3	0,227	15	1,340	463,37	1,529	2,463	16,3	0,209	0,688	1,988
56	12	3,3	0,263	20	0,821	121,74	0,402	4,020	21,8	0,373	1,231	0,522
67	16	3,3	0,299	25	0,558	43,08	0,142	5,911	27,9	0,611	2,016	0,185
78	20	3,3	0,334	25	0,625	52,90	0,175	5,280	27,9	0,611	2,016	0,227
89	24	3,3	0,370	25	0,692	63,68	0,210	4,771	27,9	0,611	2,016	0,273
910	28	3,3	0,406	25	0,758	75,40	0,249	4,352	27,9	0,611	2,016	0,323
1011	32	3,3	0,430	25	0,804	83,91	0,277	4,106	27,9	0,611	2,016	0,360
1112	36	3,3	0,454	25	0,849	92,84	0,306	3,888	27,9	0,611	2,016	0,398
1213	40	3,3	0,478	25	0,894	102,20	0,337	3,691	27,9	0,611	2,016	0,438
1314	44	3,3	0,503	25	0,939	111,99	0,370	3,513	27,9	0,611	2,016	0,480
1415	48	3,3	0,527	25	0,985	122,21	0,403	3,352	27,9	0,611	2,016	0,524
1516	52	3,3	0,551	25	1,030	132,87	0,438	3,205	27,9	0,611	2,016	0,570
1617	104	12,5	0,865	32	0,904	71,46	0,893	13,831	36,7	1,057	13,216	1,161
1718	156	6,8	1,122	40	0,893	58,56	0,398	7,613	42,0	1,385	9,416	0,518
1819	169	5,7	1,187	40	0,944	64,95	0,370	6,035	42,0	1,385	7,893	0,481
1920	208	16,2	1,380	50	0,650	23,19	0,376	24,926	54,0	2,289	37,083	0,488
Сума		84,2					7,88	104,18			90,4	10,25

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Запропонований параметр – «оптимальний діаметр» дає можливість повністю формалізувати пошук найкращого варіанту системи водопостачання (діаметри на окремих ділянках).

На результат не впливає ані досвід проектувальника при розв’язанні подібних задач, ані його загальний професійний рівень. Це, в свою чергу, дає можливість швидко розв’язувати задачі знаходження найкращого варіанту в стислі терміни, а також (для ще більшого скорочення часу при розрахунках мережі) зробити програмне забезпечення. В цьому

випадку професійний рівень проектувальника взагалі не буде мати вирішального впливу на якість розрахунків. А вже проектувальнику потрібно буде тільки переписати підібрані в результаті роботи програми діаметри на всіх розрахункових ділянках відповідної системи та, можливо, з виробничих міркувань, вручну замінити на одній конкретній ділянці діаметр труби. Наприклад, діаметр стояка незмінний і тільки на одній розрахунковій ділянці, між двома поверхами, інший.

ЛІТЕРАТУРА

1. **ДБН В.2.5-64:2012.** Внутрішній водопровід та каналізація. Мінрегіон України. К.: Укрархбудінформ, 2013. 105 с.
2. **СНиП. Нормы строительного проектирования. Часть II.** М.: Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1954. 402 с.
3. **СНиП II-G.1-62. Глава 1.** Внутренний водопровод жилых и общественных зданий. М.: Государственное издательство литературы по строительству, архитектуре и строительным материалам, 1962. 19 с.
4. **СНиП II-G.1-70. Часть II, раздел Г, глава 1.** Внутренний водопровод зданий. М.: Издательство литературы по строительству, 1971. 32 с.
5. **СНиП II-30-76 с изменениями. Часть II, глава 30.** Внутренний водопровод и канализация зданий. М.: Стройиздат, 1977. 55 с.
6. **СНиП 2.04.01-85.** Внутренний водопровод и канализация зданий. М.: Стройиздат, 1986. 55 с.
7. **СНиП 2.04.01-85*.** Внутренний водопровод и канализация зданий. М: ФГУП ЦПП, 2006. 60 с.
8. **СП 30.13330.2016.** (2016). «СНиП 2.04.01-85* Внутренний водопровод и канализация зданий» М.: ООО «СанТехПроект», ОАО «СантехНИИпроект», ООО «Группа Компаний Элита», ЗАО «ИСЗС-Консалт», 2016. 102с. URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054201>
9. **Київводоканал.** Загальна інформація. URL: <https://vodokanal.kiev.ua/zagalna-%D1%96nformacz%D1%96ya>
10. **Головне управління статистики і м. Києві.** Чисельність населення (за оцінкою на 1

Зміна діаметру на такій ділянці не призведе до суттєвого порушення результатів, але це можна зробити і на програмному рівні.

На відміну від російського СП [8], де рекомендована швидкість вказана як 1,2 м/с при розрахунках внутрішніх систем реальних сучасних будинків середня швидкість в системі не має сталого значення і залежить від лінійних розмірів мережі, кількості санітарно-технічних приладів, добового споживання мешканців.

липня 2021 року та середня чисельність у січні-червні 2021 року URL: <http://www.kiev.ukrstat.gov.ua/p.php3?c=1123%26lang=1>

11. **Danube Water Program.** Water and Wastewater Services in the Danube Region. URL: <https://sos.danubis.org/eng/country-notes/ukraine/>

12. **Національна комісія,** що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП, Регулятор) офіційний веб-сайт. URL: <https://www.nerc.gov.ua/?id=50327>

REFERENCES

1. **Ministry of Regional Development of Ukraine (2013).** *DBN B.2.5-64: 2012. Internal water supply and sewerage.* Kyiv: Ukrarkhbudinform. [in Ukrainian]
2. **State Committee of the Council of Ministers of the USSR for Construction Affairs (1954).** *SNiP. Norms of Building Design. Part II.* Moscow: State Publishing House of Literature on Construction and Architecture. [in Russian]
3. **State Committee of the Council of Ministers of the USSR for Construction Affairs (1962).** *SNiP II-G.1-62. Chapter 1: Internal Water Piping of Residential and Public Buildings.* Moscow: State Publishing House of Literature on Construction, Architecture, and Construction Materials. [in Russian]
4. **State Committee of the Council of Ministers of the USSR for Construction Affairs (1970).** *SNiP II-G.1-70. Part II, Section G, Chapter 1: Internal plumbing of buildings.* Moscow: Literature Publishing House for Civil Engineering. [in Russian]
5. **State Committee of the Council of Ministers of the USSR for Construction**

Affairs (1977). *SNiP II-30-76 with changes. Part II, Chapter 30: Internal water-supply and sewerage of buildings.* Moscow: Stroyizdat. [in Russian]

6. **State Committee of the Council of Ministers of the USSR for Construction Affairs (1986).** *SNiP 2.04.01-85. Internal Water Supply and Sewerage of Buildings.* Moscow: Stroyizdat. [in Russian]

7. **Sanitary engineering project of the USSR State Construction Committee (2006).** *SNiP 2.04.01-85. Internal Water-Pipe and Sewerage of Buildings.* Moscow: Central State Unitary Enterprise. [in Russian]

8. **Ministry of Construction of Russia (2016).** *SP 30.13330.2016. "SNiP 2.04.01-85* Internal water supply and sewerage of buildings".* Moscow: LLC "SanTechProject", OJSC "Sante-HNIIproject", LLC "Group of Companies Elita", CJSC "ISZS-Consult". Retrieved from <https://docs.cntd.ru/document/456054201>

9. **Kyivvodokanal.** *General Information.* Retrieved from

<https://vodokanal.kiev.ua/zagalna-%D1%96nformacz%D1%96ya>

10. **Main Department of Statistics and the city of Kiev.** *Population (as estimated) on July 1, 2021 and the average number of people in January-June 2021.* Retrieved from <http://www.kiev.ukrstat.gov.ua/p.php3?c=1123%26lang=1>

11. **Danube Water Program.** *Water and Wastewater Services in the Danube Region.* Retrieved from

<https://sos.danubis.org/eng/country-notes/ukraine/>

12. **National Commission for State Regulation of Energy and Utilities (2020).** *All-Ukrainian information and statistical information of European institutions in the field of centralized water supply and centralized drainage.* Retrieved from

<https://www.nerc.gov.ua/?id=50327>

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

Oleksandr Kushka, Nataliia Stepova

Abstract. Regulatory literature, namely the DBN "Domestic Water Supply and Sewerage" does not offer an algorithm for obtaining the optimal diameters on all, without exception, the calculated sections of internal networks of cold and hot water supply. In general, it is not proposed to consider the entire network as a single object. It indicates only the maximum velocities of water in the calculated sections, which depend on the material of the pipe, and states that it is necessary "to maximally use the guaranteed head in the city network. These are two mutually exclusive recommendations. When one is implemented, it is impossible to implement the other and vice versa. It is proposed to completely formalize the calculations of internal networks from finding diameters on individual design sections of the internal network of cold or hot water supply. Optimization is performed simultaneously for all sections of the network without exception. For calculations, to find the best network variant, it is suggested to use two parameters: quantity and quality. As it is generally known, only simultaneous fulfillment of these two parameters enables the water supply network to be reliable. The quality of water depends on the time in which it reaches the consumer. The longer the time, the worse the quality of water. This applies to both cold and hot water. The quantity of water depends on the pressure. The greater the head, the higher the speed of movement and accordingly the higher the flow of water, but there is a disadvantage - the higher the head loss on the way to the consumer and the higher the fee for the service. The search for optimality, so that it was both fast and the head loss is minimal and gives the best option for the network. When using the methodology, neither the designer's experience in solving such problems, nor his general professional level has any influence on the result. This, in turn, makes it possible to quickly solve problems of finding the best option in a short time, as well as to further reduce the time when calculating the network to make the software and in this case the professional level of the designer in general will not have any bearing on the quality of calculations.

Keywords: internal network sections, cold and hot water supply systems, water flow rates, pressure losses, network section diameters, optimal diameter

Стаття надійшла до редакції 05.09.2021