

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

для виконання розрахунково-графічної роботи
з навчальної дисципліни

«ВОДОПРОВІДНІ СИСТЕМИ І СПОРУДИ»

*(для студентів всіх форм навчання
спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2019

Методичні рекомендації для виконання розрахунково-графічної роботи з навчальної дисципліни «Водопровідні системи і споруди» (для студентів всіх форм навчання спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. С. С. Душкін. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 31 с.

Укладач канд. техн. наук, ст. викл. С. С. Душкін

Рецензент

М. В. Дегтяр, кандидат технічних наук, доцент Харківського національного університету міського господарства ім. О. М. Бекетова

Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення і очищення вод, протокол № 1 від 30 серпня 2018 р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 Визначення розрахункових витрат води окремими категоріями споживачів.....	4
1.1 Визначення витрат води на господарсько-питні потреби населення міста.....	4
1.2 Витрати води на комунальні потреби міста.....	8
1.2.1 Витрати води на поливання вулиць та майданів.....	8
1.2.2 Витрата води на полив зелених насаджень.....	9
1.3 Витрати води для промислових підприємств.....	10
1.3.1 Витрата води на господарсько-питні потреби підприємства....	10
1.3.2 Витрата води на виробничі потреби підприємства.....	11
1.3.3 Витрата води на душ на підприємстві.....	12
2 Трасування водопровідної мережі.....	13
3 Гідравлічний розрахунок кільцевої водогінної мережі.....	18
4 Побудова лінії п'єзометричного тиску.....	24
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	27
Додаток А Завдання до розрахунково-графічної роботи.....	28
Додаток Б Довідковий матеріал.....	30

Вступ

Будівництво водопровідних мереж населених місць та промислових підприємств пов'язано з більшими витратами матеріалів та людських ресурсів, що складають в деяких випадках до 70–80 % загальних витрат на весь комплекс систем водопостачання. Тому від розрахунку водопровідних мереж, кінцева ціль якого – визначення оптимальних діаметрів труб, в значній мірі залежить ефективність використання капітальних вкладень у будівництво водопроводу.

В методичних рекомендаціях до виконання розрахунково-графічної роботи занять з дисципліни «Водопровідні системи і споруди» поставлено задачі, в яких визначаються витрати води для різних категорій споживачів і вільні напори у водопровідній мережі.

Розрахунково-графічна робота виконується згідно з навчальним планом. При виконанні роботи студент закріплює отримані знання з дисципліни. Виконання роботи має метою навчити студентів проектувати та розраховувати водопровідне мережу міста. При виконанні роботи студенти використовують сучасні норми згідно з нормативними документами України: ДБН, ДСТУ, ГОСТ тощо.

1 Визначення розрахункових витрат води окремими категоріями споживачів

1.1 Визначення витрат води на господарсько-питні потреби населення міста

Для приклада розглянемо виконання завдання з наступними вихідними даними:

- план міста з горизонталями з нанесенням магістральних водогінних мереж (рис. 1);

- щільність населення – $P = 295$ меш/га;
- сумарна площа забудови – $F = 146,2$ га;
- норма водоспоживання – $q = 350$ л/доб·чол;
- продуктивність підприємства – $\Pi = 120$ т/доб;
- кількість працюючих на підприємстві – $N = 5\ 000$ робітників, у тому числі в максимальну зміну $N_{max} = 2\ 600$ робітників;
- питома витрата води на одиницю продукції чи сировини – $q = 5$ м³/т.

При визначенні витрат води, на господарсько-питні потреби населення міста необхідно визначити його кількість по відношенню:

$$N = F \cdot P = 146,2 \cdot 350 = 43\ 130 \text{ чол}, \quad (1.1)$$

де N – чисельність населення, мешканців;

F – площа частини міста, га;

P – щільність населення, мешканців/га.

Площу частини міста визначаємо після ретельного вивчення характеру планування міста: результати підрахунків території житлових кварталів, які попередньо нумеруються та заносять до таблиці 1.1.

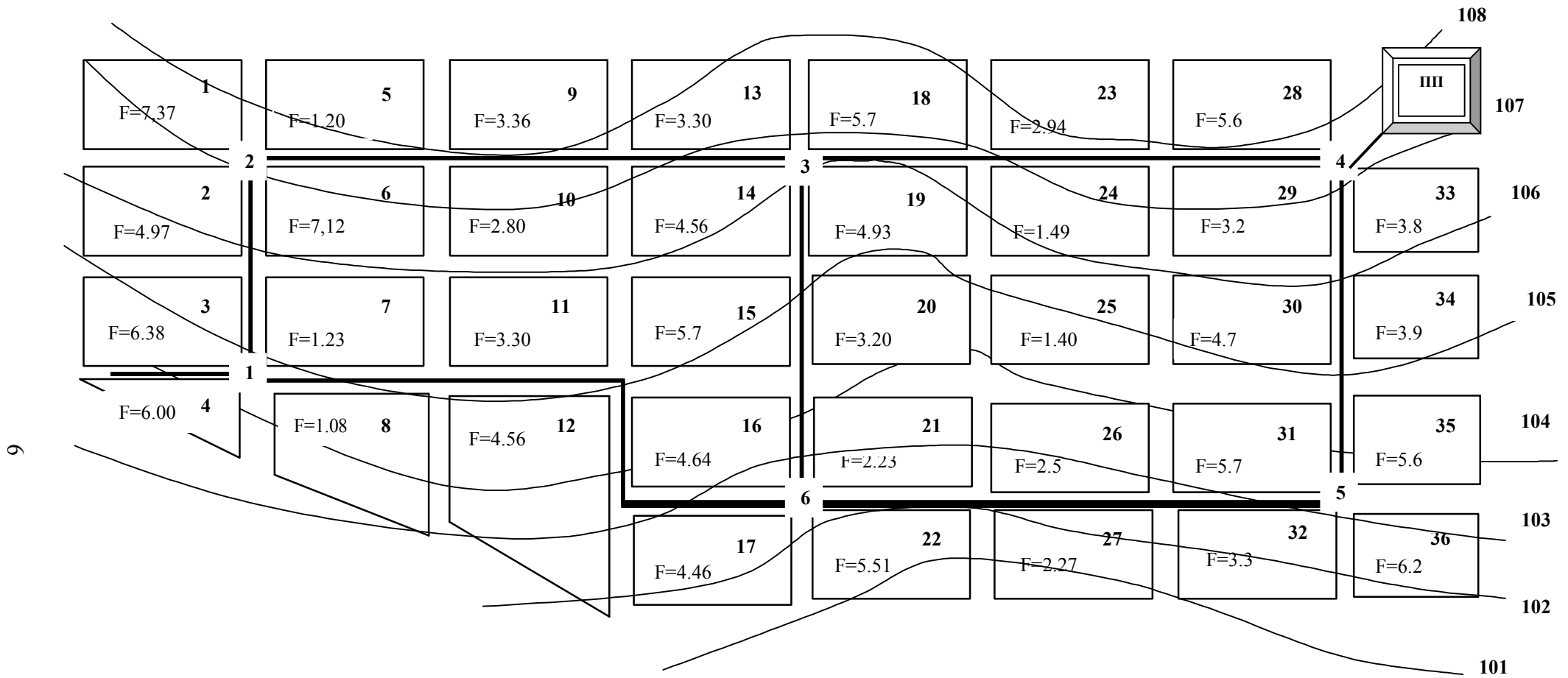


Рисунок 1 – План міста з горизонталями з нанесенням магістральних водогінних мереж

Таблиця 1.1 – Площа території кварталів міста

Номери кварталів	Площа, га	Номери кварталів	Площа, га
1	7,37	19	4,93
2	4,97	20	3,20
3	6,38	21	2,23
4	6,00	22	5,51
5	1,20	23	2,94
6	7,12	24	1,49
7	1,23	25	1,40
8	1,08	26	2,50
9	3,36	27	2,27
10	2,80	28	5,60
11	3,30	29	3,20
12	4,56	30	4,70
13	3,30	31	5,70
14	4,56	32	3,30
15	5,70	33	3,8
16	4,64	34	3,90
17	4,46	35	5,60
18	5,70	36	6,20
$F = \sum 146,2$			

Паралельно підрахунку площі кварталів визначається площа території міста, що зайнята під зелені насадження та площу вулиць і площ:

- площу території міста під зелені насадження приймаємо 8 % від загальної площі:

$$F_{зелнас} = 0,08 \cdot F = 0,08 \cdot 146,2 = 11,7 \text{ га}, \quad (1.2)$$

- площу вулиць і площ приймаємо 15 % від загальної площі:

$$F_{вул} = 0,15 \cdot F = 0,15 \cdot 146,2 = 21,9 \text{ га}. \quad (1.3)$$

При визначенні витрат води, на господарсько-питні потреби враховують населення міста, виходячи із площі міста та щільності населення. Таким чином, максимальна добова витрата води населенням міста визначаємо за формулою:

$$Q_{ср.доб.} = \frac{N \cdot q_{жс}}{1000}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (1.4)$$

де $q_{жс}$ – норма водоспоживання;

N – кількість населення в місті, чол.

$$Q_{\text{ср.доб.}} = \frac{43130 \cdot 350}{1000} = 15095,5 \text{ м}^3/\text{добу.}$$

Середню годинну витрату визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{ср.год.}} = \frac{Q_{\text{ср.доб.}}}{24} = \frac{15095,5}{24} = 628,98 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (1.5)$$

Максимальну годинну витрату визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{макс.год.}} = \frac{0,0417 \cdot F \cdot K_{\text{год.}} \cdot q}{1000}, \text{ м}^3/\text{год.}, \quad (1.6)$$

де $K_{\text{год}}$ – коефіцієнт годинної нерівномірності

$$K_{\text{год}} = a \cdot \beta \quad (1.7)$$

a – коефіцієнт, що враховує ступінь благоустрою будинків, режим роботи підприємств і інші місцеві умови, прийнята $a = 1,2-1,4$;

β – коефіцієнт, що враховує кількість мешканців у населеному пункті (дод. Б, табл. Б.1), прийнятий згідно ДБН В.2.5-74:2013.

$$\beta = 1,2 + \frac{43130 - 20000}{50000 - 20000} (1,15 - 1,2) = 1,16$$

$$K_{\text{год}} = 1,3 \cdot 1,16 = 1,51$$

$$Q_{\text{макс.год.}} = \frac{0,0417 \cdot 43130 \cdot 1,51 \cdot 350}{1000} = 950,52 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Максимальна секундна витрата води:

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.год.}}}{3,6} = \frac{950,52}{3,6} = 264,03, \text{ л/с.} \quad (1.8)$$

1.2 Витрати води на комунальні потреби міста

1.2.1 Витрати води на поливання вулиць та майданів

Максимальна добова витрата

$$Q_{\text{макс.доб.}} = \frac{F \cdot q \cdot n}{1000}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (1.9)$$

де F – площа вулиць та майданів, що будуть поливатися, м^2 ;

q – норма витрати води на полив, приймається в залежності від типу покриття та способу поливання (дод. Б, табл. Б.2);

n – число поливань, приймається в залежності від режиму поливання.

$$Q_{\text{макс.доб.}} = \frac{219000 \cdot 0,3 \cdot 2 \cdot 0,1}{1000} = 13,14, \text{ м}^3/\text{добу},$$

де 0,1 – у частках одиниці % територій, що поливаються, від загальної суми площі зелених насаджень.

Середня годинна витрата

$$Q_{\text{ср.год.}} = \frac{Q_{\text{макс.доб.}}}{24} = \frac{13,14}{24} = 0,5, \text{ м}^3/\text{ГОД} \quad (1.10)$$

Максимальна годинна витрата

$$Q_{\text{макс.год.}} = \frac{0,0417 \cdot F \cdot K_{\text{год}} \cdot q \cdot n}{1000}, \text{ м}^3/\text{ГОД}, \quad (1.11)$$

де $K_{\text{год}}$ – коефіцієнт годинної нерівномірності витрачання води на поливання; величину його можна приймати для великих міст – 2,0, для малих і середніх міст – 4,0.

$$Q_{\text{макс.год.}} = \frac{0,0417 \cdot 219000 \cdot 4 \cdot 0,3 \cdot 2 \cdot 0,1}{1000} = 2,2, \text{ м}^3/\text{ГОД}$$

Максимальна витрата води

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.год.}}}{3,6} = \frac{2,2}{3,6} = 0,6, \text{ л/с}. \quad (1.12)$$

1.2.2 Витрата води на полив зелених насаджень

Максимальна добова витрата

$$Q_{\text{макс.доб.}} = \frac{F_3 \cdot q_3 \cdot n}{1000}, \text{ м}^3/\text{добу}, \quad (1.13)$$

де F_3 – площа зелених насаджень, м^2 ;

q_3 – норма витрати води на поливання;

n – число поливань.

Середню годинну, максимальну годинну і максимальну секундну витрати визначають за формулами (1.10), (1.11), (1.12), наведеними вище.

$$Q_{\text{макс.доб.}} = \frac{117000 \cdot 4 \cdot 2 \cdot 0,1}{1000} = 93,6, \text{ м}^3/\text{добу},$$

$$Q_{\text{ср.год.}} = \frac{93,6}{24} = 3,9, \text{ м}^3/\text{ГОД},$$

$$Q_{\text{макс.год.}} = \frac{0,0417 \cdot 117000 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 0,1}{1000} = 17,6, \text{ м}^3/\text{ГОД},$$

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.год.}}}{3,6} = \frac{17,6}{3,6} = 4,9, \text{ л/с}.$$

1.3 Витрати води для промислових підприємств

Витрати води для промислових підприємств складаються з витрат води на господарсько-питні та комунальні потреби, витрат води на душ і витрат води на виробничі потреби.

1.3.1 Витрата води на господарсько-питні потреби підприємства

На машинобудівельному заводі працює 5000 робітників, у тому числі в максимальну зміну 2 600 робітників.

Завод працює в три зміни з наступним розподілом працюючих по змінах: 1 зміна максимальна – 2 600 роб. – 52 % від усієї кількості працюючих, тоді в 2 і 3 зміну працює по 24 % від усієї кількості працюючих, тобто по 1200 робітників.

У холодних цехах працює 30 % від загальної кількості працюючих, а в гарячих цехах 70 % що становить:

- холодного цеху 30 % – 1 500 роб.;
- гарячого цеху 70 % – 3 500 роб.

У максимальну зміну, з кількістю працюючих 2 600 роб.:

- холодного цеху 30 % – 780 роб.;
- гарячого цеху 70 % – 1 820 роб.

Середня годинна витрата:

$$Q_{\text{ср.год}} = \frac{0,045 \cdot N_{\Gamma} + 0,025 \cdot N_{\text{х}}}{24}, \text{ м}^3/\text{год} \quad (1.14)$$

де 0,045 і 0,025 – відповідно норми водоспоживання на 1 робітника в гарячих і холодних цехах;

N_{Γ} і $N_{\text{х}}$ – відповідно кількість працюючих на підприємстві в гарячих і холодних цехах.

$$Q_{\text{ср.год}} = \frac{0,045 \cdot 3500 + 0,025 \cdot 1500}{24} = 8,13, \text{ м}^3/\text{год}.$$

Розрахункові максимальна годинна і секундна витрати в розрізі доби повинні прийматися за зміною, у якій працює найбільша кількість робітників, тобто в 1 зміну.

$$Q_{\text{макс.год}} = \frac{0,045 \cdot n_{\Gamma} \cdot K_{\Gamma} + 0,025 \cdot n_{\text{Х}} \cdot K_{\text{Х}}}{t_{\text{ЗМ}}}, \text{ м}^3/\text{ГОД} \quad (1.15)$$

де n_{Γ} і $n_{\text{Х}}$ – відповідно кількість працюючих на підприємстві в гарячих і холодних цехах у максимальну зміну;

K_{Γ} і $K_{\text{Х}}$ – коефіцієнти годинної нерівномірності відповідно в гарячих і холодних цехах $K_{\Gamma} = 2,5$, $K_{\text{Х}} = 3$;

$T_{\text{ЗМ}}$ – тривалість робочої зміни в годинах, 8 годин.

$$Q_{\text{макс.год}} = \frac{0,045 \cdot 1820 \cdot 2,5 + 0,025 \cdot 780 \cdot 3}{8} = 32,91, \text{ м}^3/\text{ГОД}.$$

Максимальна витрата води

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.год.}}}{3,6} = \frac{32,91}{3,6} = 9,14, \text{ л/с.} \quad (1.16)$$

1.3.2 Витрата води на виробничі потреби підприємства

Витрата води на виробничі потреби промпідприємств визначається за кількістю випущеної продукції і питомою витратою на одиницю продукції.

Максимальна добова витрата води підприємств на виробничі потреби

$$Q_{\text{макс.доб.}} = P \cdot q_{\text{пит}}, \text{ м}^3/\text{доб.}, \quad (1.17)$$

де P – добова продукція підприємства;

$q_{\text{пит}}$ – середня питома витрата на виробництво одиниці продукції, м^3 .

При відсутності даних про витрати води на виробничі потреби за окремими змінами споживання води приймається рівною протягом всього часу роботи підприємства.

Максимальна годинна витрата при цьому дорівнює

$$Q_{\text{макс.год.}} = \frac{Q_{\text{макс.доб.}}}{t}, \text{ м}^3/\text{ГОД.}, \quad (1.18)$$

де t – тривалість роботи підприємства протягом доби, год.

Максимальна секундна витрата води на виробничі потреби

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.год.}}}{3,6}, \text{ л/с.} \quad (1.19)$$

$$Q_{\text{макс.доб.}} = 120 \cdot 5 = 600, \text{ м}^3/\text{доб.},$$

$$Q_{\text{макс.год.}} = \frac{600}{24} = 25, \text{ м}^3/\text{ГОД.},$$

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{25}{3,6} = 6,9, \text{ л/с.}$$

1.3.3 Витрата води на душі на підприємстві

Кількість працюючих, що користуються душами, встановлюється для кожного підприємства з дотриманням санітарних норм проектування промислових підприємств. На машинобудівельному заводі кількість працюючих, що користуються душами, становить 30 % від загальної кількості працюючих, тобто 1 500 робітників, з розподілом по цехах:

у холодних цехах 5 % – 250 робітників, у гарячих цехах 25 % – 1 250 робітників.

У максимальну зміну, з кількістю 2600 працюючих, душею користується 30 %, тобто 780 робітників: у холодних цехах 5 % – 130 робітників, у гарячих цехах 25 % – 650 робітників.

За нормами користування душею користуються протягом 45 хв. після закінчення кожної зміни, а тому максимальна годинна витрата води на душі становить:

$$Q_{\text{макс.год}} = \frac{Q_{\text{зм}}}{0,75}, \text{ м}^3/\text{ГОД.}, \quad (1.20)$$

$$\text{де } Q_{\text{зм}} = (0,06 \cdot n_{\text{г}} + 0,04 \cdot n_{\text{х}}), \text{ м}^3 \quad (1.21)$$

0,06 і 0,04 – відповідно норми витрати на один душ у гарячих і холодних цехах.

$$Q_{\text{зм}} = (0,06 \cdot 650 + 0,04 \cdot 130) = 44,2 \text{ м}^3$$

$$Q_{\text{макс.год}} = \frac{44,2}{0,75} = 58,93, \text{ м}^3/\text{ГОД.},$$

Максимальна секундна витрата води складає

$$Q_{\text{макс.сек.}} = \frac{Q_{\text{макс.год.}}}{3,6} = \frac{58,93}{3,6} = 16,37, \text{ л/с.}$$

Результати розрахунків по витратах води для промислових підприємств зведені до таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Витрата води для промислових підприємств

Характер витрат води	$Q_{\text{макс.доб}}$ м ³ /доб	$Q_{\text{ср.год}}$ м ³ /ГОД	$Q_{\text{макс.год}}$ м ³ /ГОД	$Q_{\text{макс.с}}$ л/с
Господарсько-питні потреби підприємства	–	8,13	32,91	9,14
Витрати води на душі	–	–	58,93	16,37
Витрати води на виробничі потреби	600	–	25	6,9
РАЗОМ:	–	–	116,84	32,41

Доцільно скласти зведену таблицю витрат води, куди вносяться всі витрати за категоріями споживачів (табл. 1.3).

Таблиця 1.3 – Зведена таблиця витрат води

Характер витрати води	$Q_{\text{макс.доб}}$ м ³ /доб	$Q_{\text{ср.год}}$ м ³ /ГОД	$Q_{\text{макс.год}}$ м ³ /ГОД	$Q_{\text{макс.с}}$ л/с
Господарсько-питні потреби населення	15 095,5	628,98	950,52	264,03
Комунальні потреби міста	106,74	4,4	19,8	5,5
Витрата води на підприємстві	–	–	116,84	32,41
Невраховані витрати (5-10 % від господарсько-питних витрат)	754,8	31,4	47,53	13,2
РАЗОМ:	–	–	1 134,6	315,14

2 Трасування водопровідної мережі

На генеральному плані виконують трасування водопровідної мережі. При проектуванні (трасуванні) мережі необхідно керуватися наступними положеннями:

- для забезпечення надійності та безперебійності постачання споживачів мережа повинна бути кільцевою;
- кожна водопровідна мережа складається з магістральних і розподільчих ліній;
- магістралі проектують у напрямку руху основних мас води;

- основні транзитні магістральні лінії з'єднують перемичками також магістрального значення, у результаті утворюється кільцева мережа;
- довжина розрахункових ділянок кілець магістральної мережі перебуває в межах від 400 до 1000 м;
- магістральні лінії не рекомендується трасувати по периметру забудови, вони будуть недостатньо завантажені.

Вузлові точки мережі нумеруються, проставляються довжини кожної ділянки між вузловими точками, а також визначається місце зосередженої витрати води – підприємство. На схемі вказують витрати води, напрямок потоку по кільцях (рис. 2).

При розрахунку передбачається, що водоразбір з мережі на господарсько-питні потреби відбувається рівномірно за довжиною трубопроводу, виключенням є лише зосереджені витрати (підприємство).

Визначаємо питому витрату води за формулою:

$$q_{num} = \frac{Q - q_{зосер}}{\Sigma l}, \text{ л/с} \quad (2.1)$$

де Q – загальна секундна витрата, л/с;

$q_{зосер}$ – витрата води на підприємстві, л/с;

Σl – сумарна довжина ділянок магістральної мережі, м.

Для кожної ділянки магістральної мережі визначаємо шляхові витрати за формулою:

$$Q_{шл} = q_{num} \cdot l, \text{ л/с} \quad (2.2)$$

де q_{num} – питома витрата води, л/с;

l – розрахункова довжина ділянки мережі, м.

Сума шляхових витрат всіх розрахункових ділянок мережі повинна дорівнювати повній секундній витраті води для населення міста $\Sigma Q_{шл} = Q$, що являється перевіркою правильності розрахованих шляхових витрат.

Згідно зі схемою:

$$\begin{array}{ll} l_{1-2}=800 \text{ м} & Q^{1-2}=0,0412 \cdot 800 = 32,91 \text{ л/с}; \\ l_{2-3}=995 \text{ м} & Q^{2-3}=0,0412 \cdot 995 = 40,98 \text{ л/с}; \\ l_{3-4}=845 \text{ м} & Q^{3-4}=0,0412 \cdot 845 = 34,82 \text{ л/с}; \\ l_{4-5}=1050 \text{ м} & Q^{4-5}=0,0412 \cdot 1050 = 43,21 \text{ л/с}; \\ l_{5-6}=860 \text{ м} & Q^{5-6}=0,0412 \cdot 860 = 35,43 \text{ л/с}; \\ l_{6-1}=1115 \text{ м} & Q^{6-1}=0,0412 \cdot 1115 = 45,97 \text{ л/с}; \\ l_{3-6}=1200 \text{ м} & Q^{3-6}=0,0412 \cdot 1200 = 49,41 \text{ л/с}; \\ \sum l = 6865 \text{ м} & \sum Q_n = 282,73 \text{ л/с}. \end{array}$$

Таким чином, сума шляхових витрат всіх розрахункових ділянок мережі повинна дорівнювати повній секундній витраті води для населення міста.

На підставі значень шляхових витрат визначають вузлові витрати в розрахункових точках мережі. Отже, вузлова зосереджена витрата в кожному вузлі мережі дорівнюється напівсумі шляхових витрат всіх ділянок мережі, що примикають до даного вузла.

Розраховані шляхові витрати води окремих ділянок замінюємо вузловими витратами за формулою:

$$Q_{\text{вузл}} = 0,5 \cdot \sum Q_{\text{шл}}, \text{ л/с} \quad (2.3)$$

тобто вузлова зосереджена витрата в кожному вузлі мережі дорівнює напівсумі шляхових витрат всіх ділянок мережі, що примикають до даного вузла.

$$\begin{aligned} Q_{\text{вузл}}^1 &= \frac{32,91 + 45,97}{2} = 39,53 \text{ л/с}; \\ Q_{\text{вузл}}^2 &= \frac{32,91 + 40,98}{2} = 36,90 \text{ л/с}; \\ Q_{\text{вузл}}^3 &= \frac{40,98 + 34,82 + 49,41}{2} = 62,55 \text{ л/с}; \\ Q_{\text{вузл}}^4 &= \frac{34,82 + 43,21}{2} = 39,02 \text{ л/с}; \\ Q_{\text{вузл}}^5 &= \frac{43,21 + 35,43}{2} = 39,42 \text{ л/с}; \\ Q_{\text{вузл}}^6 &= \frac{35,43 + 49,41 + 45,97}{2} = 65,31 \text{ л/с}; \\ \sum Q_{\text{вузл}} &= 282,73 \text{ л/с}. \end{aligned}$$

Правильність розрахованих вузлових витрат перевіряють за формулою:

$$\Sigma q_{\text{вузли}} = \Sigma Q_{\text{шл}} = Q, \text{ л/с.} \quad (2.4)$$

Розраховані шляхові та вузлові витрати виписують на розрахункову схему (рис. 2). На розрахунковій схемі вказують діаметри ділянок мережі, а також показують стрілками напрям руху води з метою подачі її найкоротшим шляхом до найбільш віддалених точок мережі, а потім попередньо намічають кількість води, яку повинна пропустити кожна розрахункова ділянка магістральної мережі. При цьому підрахунок слід починати від кінця мережі до її початку, дотримуючи в кожному вузлі баланс витрат води, що надходять до вузла і відходять від нього, тобто $\Sigma Q = 0$.

При перевірці мережі на пропуск води для гасіння пожеж необхідно виконати ув'язку витрат у вузлах мережі, а потім за розрахунковими витратами перевірити діаметри ділянок мережі, які вже являються заданими, тому що були визначені раніше при складанні розрахункової схеми на випадок максимального господарсько-питного водоспоживання.

Через збільшення витрат швидкості руху води на окремих ділянках будуть більше «економічних», що при гасінні пожеж допускається. Якщо ж швидкості перевищують 2–2,5 м/с, необхідно збільшити діаметри труб на цих ділянках та знову провести розрахунок мережі на нормальну роботу.

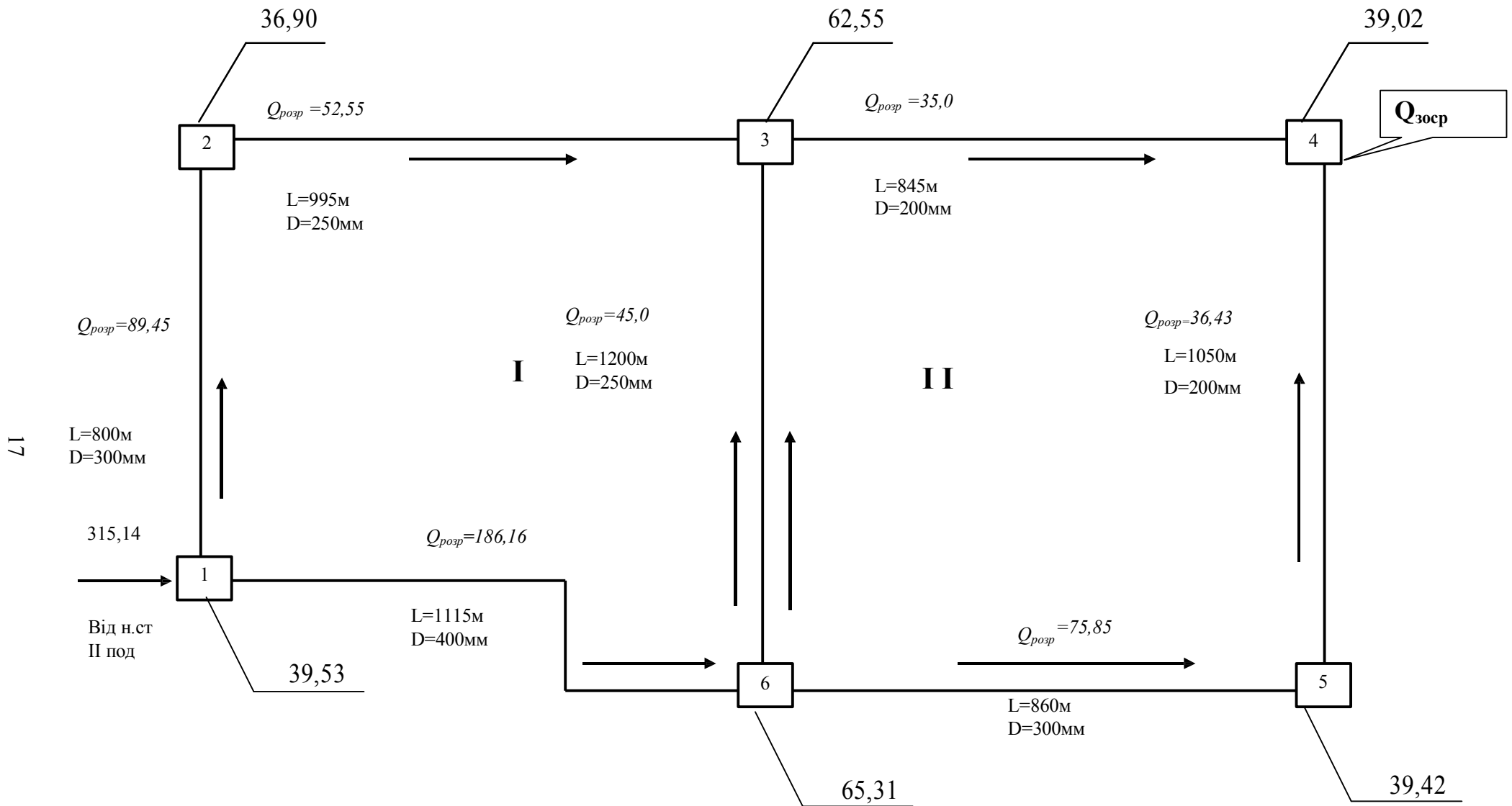


Рисунок 2 – Схема розрахунку водогінної мережі

3 Гідравлічний розрахунок кільцевої водогінної мережі

Обчислені шляхові та вузлові витрати виписуємо на розрахункову схему (рис. 2). На розрахунковій схемі вказуємо стрілками напрямки руху води, з метою подачі її по найкоротшій відстані до найбільш віддалених точок мережі, а потім попередньо намічаємо кількість води, що повинна пропустити кожна розрахункова ділянка магістральної мережі. За розрахункову ділянку приймають ділянку магістральної лінії між вузловими точками 1–2, 2–3, 3–4 тощо. Розподіл розрахункових витрат виконується з дотриманням наступних правил:

- розподіл розрахункових витрат починається від диктуючої точки мережі (найбільше несприятливо розташована точка мережі – у розглянутому прикладі вузол 4);
- визначення розрахункової витрати проводять з урахуванням одного із законів Кірхгофа $\sum q = 0$, що характеризує баланс витрат води у вузлі: алгебраїчна сума витрат у вузлі дорівнює нулю, тобто сума витрат, що надходять до вузла дорівнює сумі витрат, що відходять від вузла.

Таким чином, на розрахункову схему треба нанести:

- вузлові витрати $Q_{вузл}$;
- довжини розрахункових ділянок l ;
- зосереджені витрати окремих великих споживачів $Q_{зосер}$;
- попередньо намічені розрахункові витрати $Q_{роз}$;
- загальна витрата, що подається в мережу $Q_{заг}$.

В основі гідравлічного розрахунку кільцевої водогінної мережі покладено два закони руху води:

- перший закон: встановлює залежність витрат, що надходять до вузла та ідуть від нього. Відповідно до цього закону алгебраїчна сума витрат у кожному вузлі дорівнює нулю $\sum q = 0$, де $\sum q$ - сума вузлових та зосереджених в ньому витрат;
- другий закон: встановлює залежність між втратами напору в

кожному замкнутому контурі. Відповідно до цього закону алгебраїчна сума втрат напору в кожному замкнутому контурі мережі дорівнює нулю $\sum h = 0$.

При виконанні гідравлічного розрахунку допускається нев'язання втрат напору $\Delta h \leq \pm 0,5$.

По намічених наближених розрахункових витратах кожної ділянки, користуючись таблицями Ф. А. Шевельова або Н. Н. Абрамова (дод. Б, табл. Б.3) підбирається діаметр ділянок мережі та швидкість руху води на ньому. Питомий опір труб знаходимо за таблицею 3.1.

Таблиця 3.1 – Питомий опір труб

D, мм	Величина питомого опору A для q, л/с	D, мм	Величина питомого опору A для q, л/с
50	$13\,360 \cdot 10^{-6}$	450	$0,119 \cdot 10^{-6}$
80	$1\,044 \cdot 10^{-6}$	500	$0,068 \cdot 10^{-6}$
100	$399 \cdot 10^{-6}$	600	$0,026 \cdot 10^{-6}$
125	$103,5 \cdot 10^{-6}$	700	$0,012 \cdot 10^{-6}$
150	$39,54 \cdot 10^{-6}$	800	$0,0057 \cdot 10^{-6}$
200	$8,608 \cdot 10^{-6}$	900	$0,0031 \cdot 10^{-6}$
250	$2,638 \cdot 10^{-6}$	1000	$0,0018 \cdot 10^{-6}$
300	$0,986 \cdot 10^{-6}$	1100	$0,001048 \cdot 10^{-6}$
350	$0,437 \cdot 10^{-6}$	1200	$0,00066 \cdot 10^{-6}$
400	$0,219 \cdot 10^{-6}$		

Маючи для кожної ділянки довжину l , питомий опір A і поправочний коефіцієнт k знаходимо опір розрахункової лінії

$$S = A \cdot k \cdot l. \quad (3.1)$$

Поправочний коефіцієнт k до значень A для нових чавунних труб обирається згідно таблиці 3.2 шляхом інтерполяції.

Таблиця 3.2 – Поправочний коефіцієнт k до значень A для нових чавунних труб

v , м/с	Значення k	v , м/с	Значення k
0,50	1,163	1,3	0,951
0,55	1,138	1,4	0,938
0,60	1,115	1,5	0,927
0,65	1,096	1,6	0,917
0,70	1,078	1,7	0,907
0,75	1,062	1,8	0,899
0,80	1,047	1,9	0,891
0,85	1,034	2,0	0,884
0,90	1,021	2,1	0,878
1,0	1,0	2,2	0,871
1,1	0,988	2,3	0,866
1,2	0,965	2,4	0,861

Втрати напору на кожній ділянці визначаються за формулою:

$$h = S \cdot Q^2 \quad (3.2)$$

Знак втрат напору визначається за наступним правилом:

- якщо напрямок руху води на ділянці збігається з ходом годинникової стрілки, то втрати напору приймаються зі знаком «+»;
- якщо напрямок руху води на ділянці не збігається з ходом годинникової стрілки, то втрати напору приймаються зі знаком «-».

Сумарні втрати напору в замкнутому контурі (кільці) одержуємо шляхом алгебраїчного підсумовування всіх втрат напору в ньому. Зазвичай намічений попередній розподіл витрат кільцевої мережі невірний, тому в кожному кільці мережі сума втрат напору не задовольняє задану точність $\Delta h = \pm 0,5$ необхідно зробити перерозподіл раніше намічених витрат.

Для ув'язки мережі запропоновано багато способів, з яких широке застосування в практичних розрахунках отримав метод проф. В. Г. Лобачова, величина ув'язочної витрати за яким:

$$\Delta q = -\frac{\pm \Delta h}{2\Sigma SQ}, \quad (3.3)$$

де Δh – нев'язка кільця;

S – опір ділянки;

Q – розрахункова витрата ділянки.

Розрахунок мережі за методом проф. В. Г. Лобачова зводиться в таблицю, яка наведена нижче (табл. 3.3).

При ув'язці кільця водопровідної мережі позитивні ув'язочні витрати повинні додаватися до позитивних витрат ліній та відніматися із негативних витрат, а негативні – навпаки, відповідно цьому ув'язочні витрати виписуються навпроти кожної ділянки кільця із знаком плюс або мінус.

При визначенні ув'язочних витрат ліній, що належать двом суміжним кільцям, необхідно враховувати ув'язочні витрати суміжних кілець: так, якщо $\Delta h > 0$, то Δq повинні бути направлені проти годинникової стрілки.

Таблиця 3.3 – Гідравлічний розрахунок мережі за методом В. Г. Лобачева – Х. Кросу

№ кільця	№ діл.	Довжина діл. l, м	Діаметр D, мм	Питомий опір $A \cdot 10^{-6}$	Попередній розподіл витрат						I виправлення			
					q, л/с	v, м/с	k	$S = A \cdot k \cdot l \cdot 10^{-3}$	$h = \frac{S \cdot q^2}{1000}$	$S \cdot q \cdot 10^{-3}$	Δq , л/с	q, л/с	$h = S \cdot q^2$	$S \cdot q \cdot 10^{-3}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I	1-2	800	300	0,986	89,45	1,24	0,959	0,7565	+6,05	67,67	+1,48	90,93	+6,25	68,79
	2-3	995	250	2,638	52,55	1,05	0,994	2,6091	+7,21	137,11	+1,48	54,03	+7,62	140,97
	3-6	1200	250	2,638	45,00	0,90	1,021	3,2321	-6,55	145,44	-1,48-2,19	41,33	-5,52	133,58
	6-1	1115	400	0,219	186,16	1,47	0,930	0,2271	-7,87	42,28	-1,48	184,68	-7,75	41,94
									-1,16	392,50			+0,60	385,28
					$\Delta h = -1,16 \quad \sum S \cdot q = 392,50 \cdot 10^{-3}$ $\Delta q_1 = -\frac{-1,16}{2 \cdot 392,5 \cdot 10^{-3}} = +1,48$						$\Delta h = +0,60 \quad \sum S \cdot q = 385,28 \cdot 10^{-3}$ $\Delta q_1 = -\frac{+0,60}{2 \cdot 385,28 \cdot 10^{-3}} = -0,79$			
II	3-4	1200	200	8,608	35,00	1,09	0,990	10,2263	+12,53	357,92	-2,19	32,81	+11,09	335,52
	4-5	845	200	8,608	36,43	1,13	0,981	7,1356	-9,47	259,95	+2,19	38,62	-10,64	275,58
	5-6	1050	300	0,986	75,85	1,04	0,995	1,0301	-5,93	78,13	+2,19	78,04	-6,27	80,39
	6-3	1200	250	2,638	45,00	0,90	1,021	3,2321	+6,55	145,44	-2,19-1,48	41,33	+5,52	133,58
									+3,68	841,44				825,07
					$\Delta h = +3,68 \quad \sum S \cdot q = 841,44 \cdot 10^{-3}$ $\Delta q_2 = -\frac{+3,68}{2 \cdot 841 \cdot 10^{-3}} = -2,19$						$\Delta h = -0,30 \quad \sum S \cdot q = 825,07 \cdot 10^{-3}$ $\Delta q_2 = -\frac{-0,30}{2 \cdot 825,07 \cdot 10^{-3}} = +0,18$			

Продовження таблиці 3.3

№ квіля	№ діл.	II виправлення				III виправлення				IV виправлення			
		$\Delta q, \text{л/с}$	$q, \text{л/с}$	$h = S \cdot q^2$	$S \cdot q \cdot 10^{-3}$	$\Delta q, \text{л/с}$	$q, \text{л/с}$	$h = S \cdot q^2$	$S \cdot q \cdot 10^{-3}$	$\Delta q, \text{л/с}$	$q, \text{л/с}$	$h = S \cdot q^2$	$S \cdot q \cdot 10^{-3}$
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
I	1-2	-0,79	90,14	+6,15	68,19	+0,05	90,19	+6,15	68,23	-0,43	89,76	+6,10	
	2-3	-0,79	53,24	+7,40	138,91	+0,05	53,29	+7,41	139,04	-0,43	52,86	+7,29	
	3-6	+0,79+0,18	42,30	-5,78	136,72	-0,05-1,30	40,95	-5,42	132,35	+0,43+1,24	42,62	-5,87	
	6-1	+0,79	185,47	-7,81	42,12	-0,05	185,42	-7,81	42,11	+0,43	185,85	-7,84	
				-0,04	385,94			+0,33	381,73			-0,32	
		$\Delta h = -0,04 \quad \sum S \cdot q = 385,94 \cdot 10^{-3}$ $\Delta q_1 = -\frac{-0,04}{2 \cdot 385,94 \cdot 10^{-3}} = +0,05$				$\Delta h = +0,33 \quad \sum S \cdot q = 381,73 \cdot 10^{-3}$ $\Delta q_1 = -\frac{+0,33}{2 \cdot 381,73 \cdot 10^{-3}} = -0,43$				$\Delta h = -0,32$			
II	3-4	+0,18	32,99	+11,13	337,37	-1,30	31,69	+10,27	324,07	+1,24	32,93	+11,09	
	4-5	-0,18	38,44	-10,54	274,29	+1,30	39,74	-11,27	283,57	-1,24	38,50	-10,58	
	5-6	-0,18	77,86	-6,24	80,20	+1,30	79,16	-6,45	81,54	-1,24	77,92	-6,25	
	6-3	+0,18+0,79	42,30	+7,81	136,72	-1,30-0,05	40,95	+5,42	132,35	+1,24+0,43	42,62	+5,87	
				+2,16	828,58			-2,03	821,53			+0,13	
		$\Delta h = +2,16 \quad \sum S \cdot q = 828,58 \cdot 10^{-3}$ $\Delta q_2 = -\frac{+2,16}{2 \cdot 828,58 \cdot 10^{-3}} = -1,30$				$\Delta h = -2,03 \quad \sum S \cdot q = 821,53 \cdot 10^{-3}$ $\Delta q_2 = -\frac{-2,03}{2 \cdot 821,53 \cdot 10^{-3}} = +1,24$				$\Delta h = +0,13$			

4 Побудова лінії п'єзометричного тиску

У будь-якій точці зовнішньої водогінної мережі напір повинен бути достатнім для того, щоб вода під його дією могла надходити до найбільш віддаленого водорозбірного приладу.

П'єзометричну лінію будують виходячи з величини напору в характерних вузлових точках, тому п'єзометрична лінія являє собою максимальну лінію. При побудові п'єзометричної лінії виходять із умови, що в диктуючій точці найбільш віддаленої від джерел, напір повинен бути не нижче нормативного.

Величину необхідного вільного напору в мережі водопроводу населених місць обчислюють виходячи з наступних умов: 10 м приймається на перший поверх і по 4 м на кожний наступний:

$$H_{\text{вільн}} = 10 + 4(n - 1), \quad (4.1)$$

де n – кількість поверхів.

Побудову п'єзометричної лінії починаємо з вибору на генплані диктуючої точки, вільний напір якої дорівнює прийнятому залежно від поверховості забудови.

Таким чином, тиск на початку мережі, приймаючи поверховість – 6 поверхів, знаходимо:

$$H_{\text{вільн}} = 10 + 4(6 - 1) = 30 \text{ м.}$$

П'єзометричну позначку для першої точки (т.4) знаходять сумуючи відповідну позначку землі та вільного напору в даній точці:

$$П = z + H_{\text{вільн}}. \quad (4.2)$$

П'єзометрична позначка кожної наступної точки дорівнює п'єзометричній позначці попередньої точки плюс втрати напору на ділянці між цими вузловими точками:

$$П = П_{n-1} + h \quad (4.3)$$

Далі наведені розрахунки, пов'язані з побудовою лінії п'єзометричного тиску, які в підсумку зводимо до таблиці 4.1.

$$P_4 = 107,5 + 30 = 137,5 \text{ м}$$

$$P_3 = 137,5 + 11,09 = 148,59 \text{ м}$$

$$H_3 = 148,59 - 106,0 = 42,59 \text{ м}$$

$$P_2 = 148,59 + 7,29 = 155,88 \text{ м}$$

$$H_2 = 155,88 - 107,0 = 48,88 \text{ м}$$

$$P_1 = 155,88 + 6,10 = 161,98 \text{ м}$$

$$H_1 = 161,98 - 104,5 = 57,48 \text{ м}$$

На підставі розрахунків будуємо лінії п'єзометричного тиску (рис. 3.).

Таблиця 4.1 – Розрахункові дані для побудови лінії п'єзометричного тиску

№ вузла	№ Ділянки	Довжина ділянки, м.	Втрати напору, м	Вільний напір, м	Позначка поверхні землі, м	П'єзометричні позначки, м
4	–	–	–	30	107,5	137,5
3	3-4	845	11,09	42,59	106,0	148,59
2	2-3	995	7,29	48,88	107,0	155,88
1	1-2	800	6,10	57,48	104,5	161,98

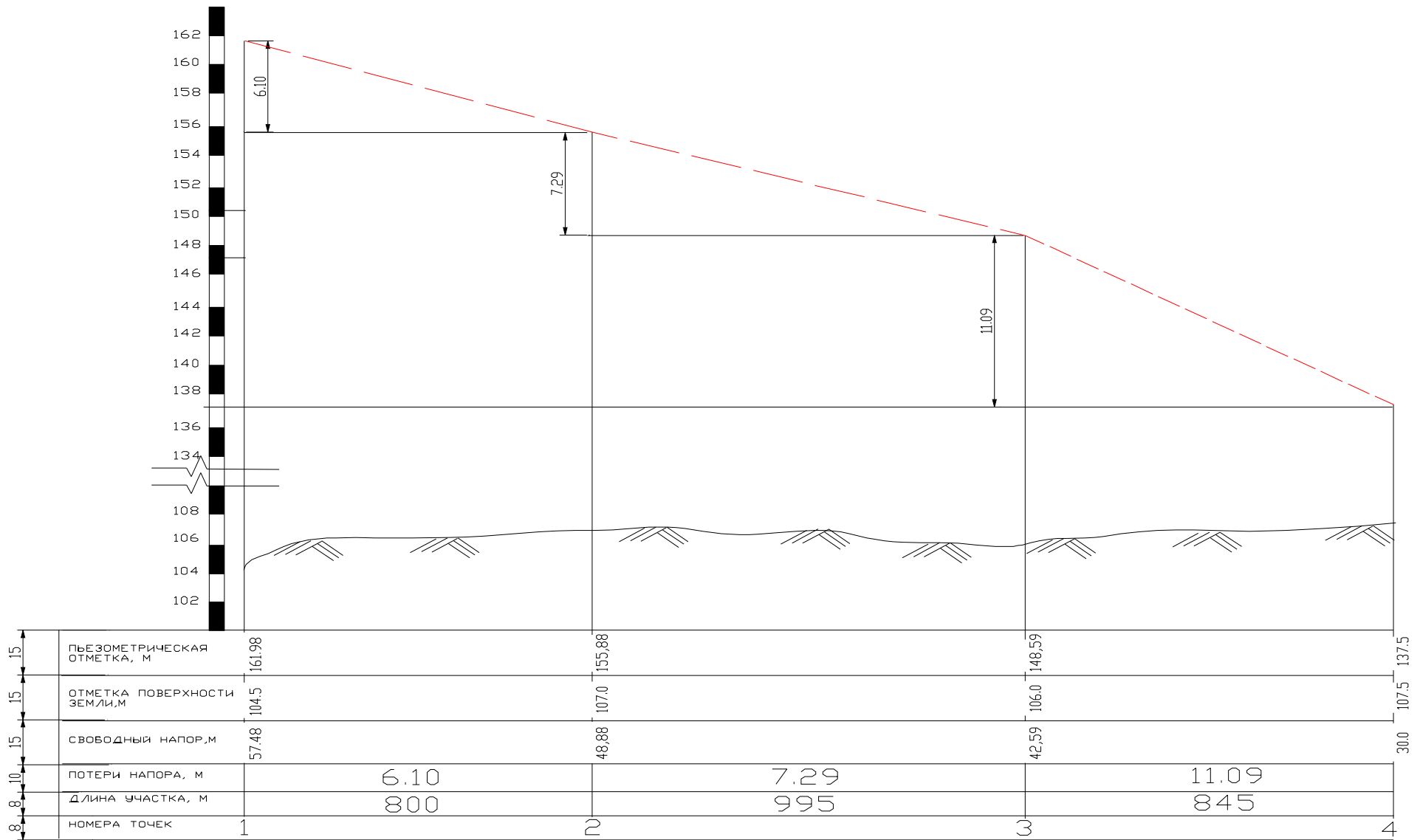


Рисунок 3 – Лінія п'єзометричного тиску

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дистанційний курс «Водопровідні системи і споруди» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://cdo.kname.edu.ua/course/view.php?id=1589>
2. Методичне забезпечення курсу «Водопровідні системи і споруди» [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://cdo.kname.edu.ua/mod/data/view.php?id=103676>
3. ДБН В.2.5-74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 283 с.
4. Методические указания и задания для проведения практических занятий, лабораторных работ, самостоятельной работы и выполнения курсового проекта по дисциплине «Водопроводные системы и сооружения» (для студентов 2–3 курсов дневной и заочной форм обучения направления подготовки 6.060103 – Гидротехника (водные ресурсы) / Харьков. нац. ун-т гор. хоз-ва им. А. Н. Бекетова ; сост. С. С. Душкин. – Харьков : ХНУГХ им. А. Н. Бекетова, 2016. – 115 с.
5. Тугай А. М. Водопостачання : підручник для вузів / А. М. Тугай, В. О. Орлов. – Рівне : РДТУ, 2001. – 429 с.

Додаток А – Завдання до розрахунково-графічної роботи

№. варіанта	Норма водоспоживання л/доб	Питомі витрати води, м ³ /т	Продуктивність підприємства, т	Кількість працюючих, роб.	Кількість працюючих у макс. зміну, роб	Довжина ,м								Поверховість		
						№ кі-льця	Номер ділянки				№ кі-льц	Номер ділянки				
							1-2	2-3	3-6	1-6		3-4	4-5		5-6	3-6
1	450	5,5	226	5200	3800	I	800	995	1200	1115	II	845	1050	860	1200	6
2	400	5,7	325	6500	4200		750	990	1100	1110		800	1000	850	1100	7
3	350	4,8	123	4250	3500		820	950	1150	1100		850	1100	800	1150	4
4	300	2,3	546	7500	5900		815	970	1300	1118		855	1025	810	1300	5
5	320	8,0	123	5100	3500		810	985	1350	1150		825	1020	825	1350	8
6	315	5,7	265	6300	4200		760	980	1220	1250		830	1100	795	1220	9
7	250	4,5	426	5300	2800		780	992	1200	1100		840	1000	815	1200	7
8	325	5,2	362	4500	2790		805	975	1250	1130		835	1030	805	1250	6
9	400	3,0	450	6500	4100		790	920	1240	1110		808	1010	845	1240	5
10	420	4,7	120	2600	1750		770	960	1225	1150		822	1110	820	1125	7
11	415	8,0	235	7800	5800		775	950	1105	1125		845	1015	835	1105	4
12	425	7,8	532	6900	3600		810	930	1245	1111		810	1040	810	1245	8
13	430	5,4	632	5890	3250		850	920	1205	1115		855	1035	850	1205	7
14	340	5,5	420	4560	2360		760	925	1235	1108		815	1020	840	1235	9
15	360	6,2	520	3590	1980		815	965	1105	1140		820	1045	870	1105	6
16	380	4,7	450	4780	2560		810	995	1220	1100		810	1090	825	1220	5
17	370	4,6	625	6300	3800		765	960	1240	1120		850	1100	830	1240	4
18	280	9,0	540	9630	5625		790	935	1200	1130		840	1050	850	1200	8
19	360	5,6	460	8750	4890		830	965	1210	1150		855	1110	840	1210	7
20	350	7,8	480	4500	3100		860	980	1300	1005		835	1095	870	1300	9
21	410	5,6	475	6500	2780		805	960	1270	1105		845	1035	880	1270	8
22	425	4,5	520	4250	2600		820	955	1310	1000		860	1070	865	1310	5
23	325	4,9	350	5600	3210		835	975	1300	1190		650	1055	840	1300	7
24	415	3,6	480	8900	4850		795	950	1320	1180		820	1060	855	1320	6
25	475	8,7	250	7850	3870		800	985	1305	1200		835	1000	860	1305	9

Додаток А

№ кв	Площі кварталів, га																								
	№ варіанта																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	1,08	6,68	5,13	7,38	6,95	5,99	6,03	6,95	7,12	7,23	8,21	6,23	5,92	6,03	6,05	6,15	6,23	6,91	7,02	7,15	8,02	7,12	8,31	6,12	7,21
2	3,36	3,78	4,92	3,81	4,71	4,83	5,21	4,02	5,11	3,87	4,85	4,18	4,22	3,99	5,13	3,53	4,92	5,05	4,33	5,03	5,17	4,95	4,71	4,21	4,81
3	2,80	5,94	3,97	6,12	6,02	6,15	5,98	4,87	6,15	3,45	6,25	4,96	6,18	5,96	7,15	7,22	6,21	7,93	5,35	8,01	6,33	6,20	5,33	5,87	6,18
4	3,30	5,53	4,28	6,51	6,19	5,89	5,93	6,18	5,87	6,23	6,47	6,17	6,51	6,22	6,28	6,19	6,18	6,31	6,15	5,93	5,87	6,18	6,01	5,92	6,20
5	4,56	2,70	3,21	3,15	2,17	1,99	2,15	1,29	1,37	1,93	1,42	3,18	3,03	2,38	1,57	2,15	2,22	2,65	3,05	2,98	2,38	2,34	1,33	1,19	2,81
6	3,30	6,53	6,17	5,84	6,22	5,71	5,19	5,72	5,55	6,15	5,43	5,86	5,36	5,85	6,17	5,98	5,73	5,34	5,75	6,18	5,99	5,88	6,19	5,87	6,20
7	4,56	1,20	1,15	1,23	1,49	1,39	1,25	1,37	1,32	1,47	1,35	1,27	1,27	1,33	1,37	1,33	1,28	1,39	1,29	1,19	1,42	1,15	1,30	1,45	1,33
8	5,73	2,03	2,03	2,05	1,98	2,71	2,33	1,95	2,93	1,96	1,05	1,52	1,47	1,39	1,35	2,08	2,34	1,58	1,37	1,27	1,17	1,19	1,98	1,73	1,68
9	4,64	3,21	3,37	3,95	3,22	3,33	3,35	3,38	3,20	3,52	3,19	3,47	3,39	3,03	3,00	3,47	2,98	3,03	3,41	3,38	3,05	3,01	3,43	3,09	3,45
10	4,46	2,51	2,83	2,83	2,92	2,63	2,38	2,39	2,33	2,42	2,68	2,33	2,51	2,48	2,68	2,71	2,53	2,63	2,55	2,78	2,79	2,57	4,53	2,78	2,83
11	5,71	3,63	3,18	3,51	3,34	3,61	3,63	3,43	3,68	3,29	3,31	3,35	3,58	3,29	3,55	3,18	3,20	3,31	3,17	3,32	3,15	3,18	3,38	3,21	3,36
12	4,93	4,28	4,51	4,48	4,41	4,55	4,42	4,57	4,84	4,59	1,37	4,58	4,28	4,61	4,63	4,32	4,71	4,67	4,33	4,72	4,29	4,80	4,35	4,58	4,31
13	3,20	3,72	3,31	2,38	3,59	3,51	3,47	3,57	3,99	3,81	3,82	3,78	3,79	3,32	3,73	3,96	3,68	3,75	3,36	3,71	3,83	3,39	3,42	3,41	3,43
14	2,23	4,37	4,91	5,28	5,26	4,44	4,38	4,98	4,72	5,23	1,55	5,01	4,68	4,83	5,02	4,85	4,57	3,01	5,15	5,03	4,59	5,17	5,15	4,61	5,19
15	5,51	5,68	5,66	5,65	6,51	5,21	5,35	6,68	5,67	5,78	6,15	6,12	6,18	6,17	5,61	5,38	6,20	5,55	5,92	6,25	6,13	6,01	6,71	6,03	5,93
16	7,37	4,25	4,64	4,27	4,26	4,19	4,27	4,15	4,28	4,31	4,63	4,45	4,61	4,33	4,68	4,62	4,55	5,26	4,19	4,61	4,93	5,15	4,59	5,21	4,58
17	4,97	4,51	4,18	4,20	4,35	4,68	4,73	4,26	4,63	4,71	4,45	4,69	4,28	4,31	4,58	1,48	1,72	1,65	4,31	4,81	4,74	4,37	4,79	4,80	4,39
18	6,38	5,68	5,67	5,60	5,69	5,55	5,53	5,58	5,70	5,72	5,20	5,01	5,18	5,87	5,21	5,75	5,83	5,17	5,81	5,79	5,80	5,70	5,81	5,63	5,68
19	6,00	4,92	7,81	4,90	4,87	4,19	4,63	4,88	4,83	4,20	4,68	4,19	4,33	4,53	4,85	4,58	4,63	4,59	4,65	4,63	4,87	4,70	4,170	4,71	4,89
20	1,20	3,25	3,31	3,38	3,42	3,32	3,15	3,40	6,16	3,29	3,28	3,50	3,30	3,70	3,68	3,51	3,35	3,72	3,52	3,65	3,74	3,53	3,41	3,68	3,69
21	7,12	2,73	2,81	2,83	2,68	2,54	2,47	2,37	2,43	2,55	4,48	2,81	2,57	2,35	2,57	2,33	2,87	2,41	2,38	2,40	2,89	2,31	2,33	2,93	2,22
22	1,23	5,33	5,83	5,77	5,90	5,81	5,34	5,55	5,35	5,49	5,33	5,51	5,36	5,68	5,43	5,41	5,67	5,78	5,38	5,45	5,47	5,61	5,44	5,80	5,46
23	2,94	2,35	2,63	2,36	3,01	2,62	2,80	2,81	2,72	2,91	2,78	2,95	2,92	2,38	2,93	2,88	2,97	2,77	2,42	2,88	2,97	2,99	2,44	2,99	2,46
24	1,49	1,29	1,28	1,50	1,47	1,55	1,63	1,30	1,59	1,42	1,53	1,32	1,68	1,63	1,33	1,57	1,34	1,32	1,68	1,37	1,36	1,45	1,73	1,38	1,52
25	1,40	2,01	1,41	1,68	1,52	1,70	1,38	1,63	2,02	2,08	1,63	3,98	1,96	1,67	1,55	1,59	1,57	1,68	1,69	1,63	1,65	1,70	1,69	1,71	1,80
26	2,50	2,71	2,81	2,87	2,9	2,93	2,91	2,59	2,57	2,63	2,73	2,55	2,83	2,78	2,75	2,67	2,79	2,76	2,80	2,83	2,85	2,77	2,87	2,89	2,88
27	2,27	3,21	2,28	3,05	2,38	2,39	3,07	2,29	2,35	2,37	2,30	2,33	2,37	3,15	3,17	2,43	2,39	2,59	2,63	2,40	2,67	2,43	2,80	2,83	2,47
28	5,63	4,80	4,89	5,55	5,57	5,50	5,62	5,60	5,98	5,97	5,93	5,71	6,02	5,73	5,72	5,75	5,89	5,88	5,81	5,71	5,63	5,67	5,91	5,82	5,71
29	3,21	3,10	3,12	3,47	3,13	3,51	3,38	3,39	3,58	3,59	3,27	3,15	3,28	3,37	3,29	3,47	3,48	3,17	3,90	3,96	3,98	3,19	3,97	3,46	3,22

Додаток А

№ кв	Площі кварталів, га																								
	№ варіанта																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
30	4,70	4,20	4,27	4,75	4,19	4,71	4,93	4,62	4,73	4,82	4,63	4,97	4,68	4,65	4,59	4,92	4,43	4,67	4,33	4,88	4,38	4,68	4,39	4,73	4,47
31	5,70	5,62	5,63	5,81	5,67	5,80	5,79	5,87	5,68	5,71	4,93	4,98	5,69	5,73	4,99	5,75	5,60	5,03	5,07	5,72	5,67	5,65	5,73	5,84	5,79
32	3,31	3,72	3,30	3,33	3,49	3,33	3,47	3,32	3,41	3,47	3,35	3,49	3,98	3,51	3,38	3,42	3,37	3,38	3,57	3,88	3,95	3,39	3,97	3,59	3,43
33	3,80	3,31	3,30	3,70	3,68	3,69	3,92	3,52	3,73	3,68	3,57	3,97	3,75	3,79	3,43	3,80	3,45	3,96	3,47	3,66	3,49	3,65	3,95	3,63	3,87
34	3,90	3,57	3,88	3,58	3,73	3,87	3,62	3,71	3,58	3,72	3,85	3,98	3,68	3,70	3,69	3,83	3,63	3,91	3,59	3,93	3,81	3,85	3,89	3,79	3,87
35	5,60	5,70	5,52	5,71	5,82	5,81	5,73	5,75	5,69	5,70	5,77	5,68	5,70	5,75	5,61	5,62	5,78	5,79	5,73	5,81	5,83	5,67	5,90	5,91	5,68
36	6,20	6,12	6,29	6,16	6,02	6,31	6,19	6,34	6,01	6,36	6,42	6,00	6,17	6,22	6,03	6,27	6,05	6,40	6,15	6,37	6,28	6,07	6,34	6,31	6,33
Р, Люд/га	295	300	305	290	280	260	270	275	265	280	285	290	300	305	310	285	275	265	280	285	290	300	305	300	280

Додаток Б – Довідковий матеріал

Таблиця Б.1 – Значення коэф. β

Кількість мешканців, тис чол.	1	1,5	2,5	4	6	10	20	50	100	300	1000 и более
β макс.	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1
β мін.	0,1	0,1	0,1	0,2	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,65	1

Таблиця Б.2 – Витрата води на полив

Призначення води	Вимірювач	Витрати води на полив, л/м ²
Механізована мийка удосконаленого покриття проїздів та площ	1 мийка	1,2–1,5
Механізований полив удосконаленого покриття проїздів та площ	1 поливка	0,3–0,4
Полив вручну (із шлангів) удосконаленого покриття тротуарів і проїздів	1 поливка	0,4–0,5
Поливання міських зелених насаджень	1 поливка	3–4
Поливання газонів та квітників	1 поливка	4–6

Таблиця Б.3 – Таблиця граничних витрат (складена Н. Н. Абрамовим на підставі формул Л. Ф. Мошніна)

Д, мм	Граничні економічні витрати, л/с		Граничні економічні швидкості, м/с	
	найменші	найбільші	найменші	найбільші
100	–	5,4	–	0,71
125	5,4	9,0	0,45	0,73
150	9,0	15,0	0,51	0,85
200	15,0	28,5	0,48	0,91
250	28,5	45,0	0,53	0,92
300	45,0	68,0	0,64	0,96
350	68,0	96,0	0,71	1,00
400	96,0	130,0	0,76	1,04
450	130,0	168,0	0,82	1,06
500	168,0	237,0	0,86	1,21
600	237,0	355,0	0,84	1,26
700	355,0	490,0	0,93	1,27
800	490,0	685,0	0,98	1,36
900	685,0	882,0	1,07	1,38
1000	882,0	1120,0	0,12	1,46
1100	1120,0	1390,0	1,22	–
1200	1390,0	–	1,22	–

Виробничо-практичне видання

Методичні рекомендації
для виконання розрахунково-графічної роботи
з навчальної дисципліни

«ВОДОПРОВІДНІ СИСТЕМИ І СПОРУДИ»

*(для студентів всіх форм навчання
спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія)*

Укладач **ДУШКІН** Станіслав Сергійович

Відповідальний за випуск *К. Б. Сорокіна*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *С. С. Душкін*

План 2019, поз. 120 М

Підп. до друку 21.03.2019. Формат 60×84/16
Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 1,0
Тираж 50 пр. Зам № .

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 5328 від 11.04.2017.