



Національний університет
водного господарства
та природокористування

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування

Кафедра міського будівництва і господарства

03-04-048

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних занять та для самостійного вивчення навчальної дисципліни «Інженерне забезпечення міських територій» (змістовий модуль I «**Системи інженерного забезпечення населених пунктів**») для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю **192 «Будівництво та цивільна інженерія»** спеціалізації «**Міське будівництво і господарство**» усіх форм навчання

Рекомендовано
науково-методичною комісією за
спеціальністю **192 «Будівництво та
цивільна інженерія»**

Протокол № 5 від 07 травня 2019 р.

Рівне – 2019



Методичні вказівки до виконання практичних занять та для самостійного вивчення навчальної дисципліни «Інженерне забезпечення міських територій» (змістовий модуль І «Системи інженерного забезпечення населених пунктів») для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації «Міське будівництво і господарство» усіх форм навчання / Ткачук О. А., Сальчук В. Л. – Рівне: НУВГП, 2019. – 27 с.

Укладачі: Ткачук О. А., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри міського будівництва і господарства;

Сальчук В. Л., асистент кафедри міського будівництва і господарства.



Відповідальний за випуск: Ткачук О. А., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри міського будівництва і господарства.

© Ткачук О. А.,
© Сальчук В. Л., 2019
© НУВГП, 2019



ЗМІСТ

Вступ	4
1. Формування плану забудови міста і трасування інженерних мереж	5
2. Визначення вузлових відборів води	7
3. Визначення економічно вигідних діаметрів водопровідних труб	9
4. Гідралічні розрахунки водопровідної мережі на ПК	12
5. Складання конструктивної і монтажної схем водопровідної мережі	17
6. Гідралічні розрахунки каналізаційних мереж	19
6.1. Розрахунок господарсько-побутової мережі	19
6.2. Розрахунок дощової мережі	21
7. Побудова повздовжніх профілів вуличних колекторів	23
8. Розташування інженерних мереж на міських територіях	26
Література	27



ВСТУП

В сучасному місті інженерне забезпечення міських територій направлене на створення належних санітарно-гігієнічних умов та комфорту в місцях проживання, роботи і відпочинку людей, для технологічних потреб виробництв, а також гасіння пожеж. Воно є одним із найважливіших компонентів комплексного вирішення соціально-економічних, санітарно-гігієнічних, екологічних, транспортних й архітектурно-будівельних завдань у сучасному містобудуванні.

Інженерне забезпечення міських територій базується на функціонуванні систем водопостачання, водовідведення, газопостачання, тепlopостачання, електропостачання, зв'язку тощо (зокрема, пневмотранспорту в промислових зонах). Студенти спеціалізації «Міське будівництво і господарство» повинні знати не тільки основи інженерного забезпечення населених пунктів, принципи і правила влаштування цих систем, але й знати і вміти визначати на ПК їхні розрахункові параметри (витрати води, діаметри труб, їхні уклони, заглиблення тощо), моделювати їх елементи на комп'ютері. Важливим є проведення на ПК гідравлічних розрахунків водопровідних і каналізаційних мереж за допомогою прикладних програмних модулів, моделювання елементів систем інженерного забезпечення (СІЗ) на ПК із застосуванням сучасних програмних комплексів.

Для отримання цих знань і закріплення практичних навичок щодо їх застосування для розрахунків і проектування СІЗ навчальним планом передбачено комплексне вивчення навчальних дисциплін «Міські інженерні мережі» та «Інженерне забезпечення міських територій». При цьому на практичних заняттях з інженерного забезпечення студенти більш детально і поглиблено вивчають найбільш важливі питання розрахунків і моделювання на ПК елементів СІЗ, що є складовою курсового проекту з міських інженерних мереж. Вони набувають практичних навичок прикладних розрахунків у стандартному середовищі *Microsoft Excel*, створення планів, схем та робочих креслень за допомогою комплексу *AutoCad* та оформлення отриманих результатів у вигляді пояснювальних записок, листів будівельних креслень та презентаційних матеріалів.



1. Формування плану забудови міста і трасування інженерних мереж

На основі вихідної інформації щодо плану забудови населеного пункту (рис. 1) необхідно сформувати його електронний варіант у середовищі AutoCad. Для цього необхідно за виданим номером плану забудови міста вибрати його електронний варіант, заповнити кольором житлові квартали багато і малоповерхової зон, підприємства, парку, річки і громадського закладу (рис. 2). Із відсканованого листка плану забудови завдання потрібно перенести горизонталі.

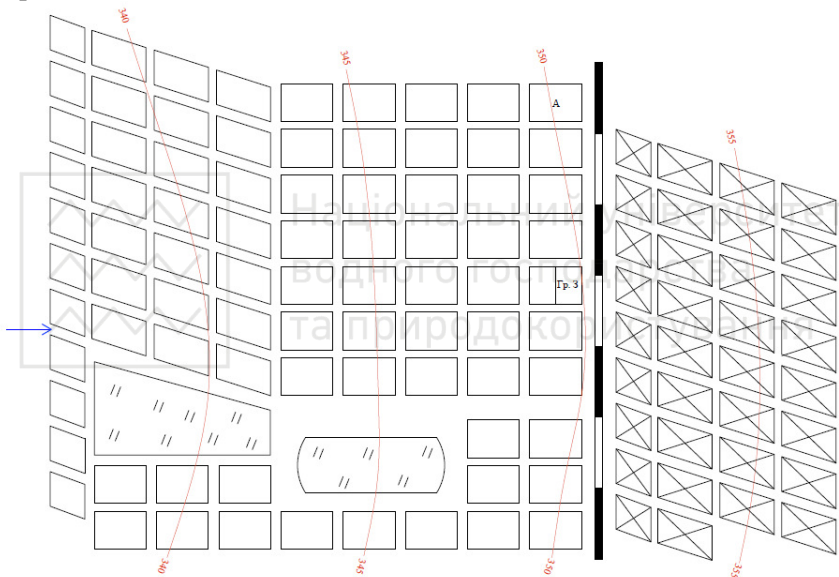


Рис. 1. Варіант плану забудови завдання

На сформованому електронному плані забудови міста потрібно показати магістральні і розподільчі водопровідні лінії (рис. 3). Трасування останніх здійснюють тільки для заданого житлового району. Їх план уточнюють після визначення радіусів дії пожежних гідрантів [7, п. 2.2.1]. Крім водопровідних ліній на цьому рисунку показують лінії водоводів, водонапірну башту, підключедюкери через річки – у дві нитки.

На основі траси магістральної мережі визначають її розрахункову схему [7, п. 1.2.3], показуючи на ній вузли (рис. 3).

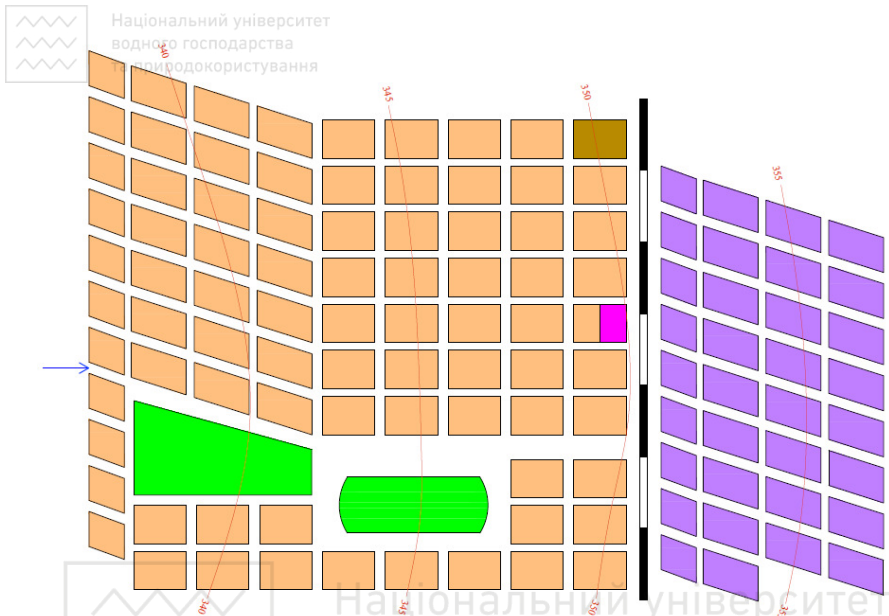


Рис. 2. Сформований електронний варіант плану забудови міста

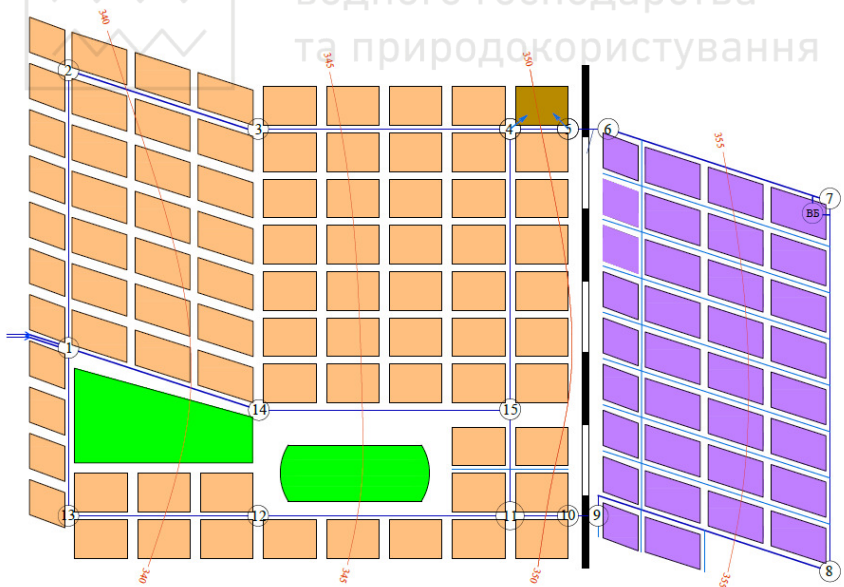


Рис. 3. План трасування водопровідних ліній та розрахункова схема магістральної мережі



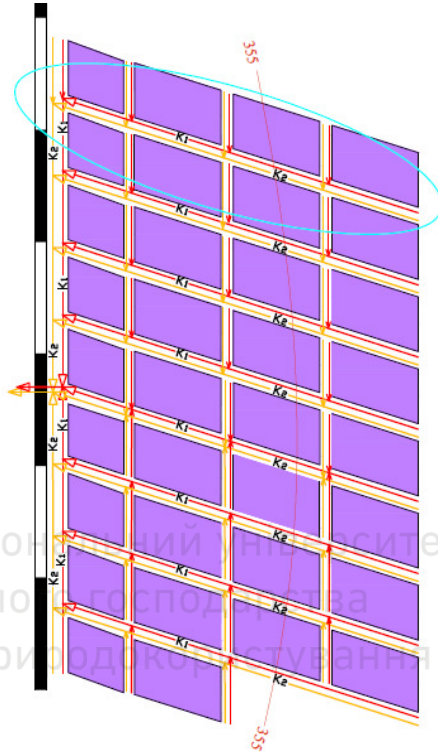
Трасування мереж

водовідведення (K_1 – господарсько-побутової і K_2 – дощової) виконують тільки для одного (заданого викладачем) житлового району (рис. 4).

На плані трасування викладач зазначає ділянку вуличного колектора і бічних підключень для подальших гідравлічних розрахунків мереж і побудови їхніх профілів (виділено овалом).



Рис. 4. План трасування мереж водовідведення



2. Визначення вузлових відборів води

Вузлові витрати спочатку розраховують для I-го розрахункового випадку (*максимальне водоспоживання*) [6, п. 2.4]. Для цього відповідно до розрахункової схеми (рис. 3) визначають зони впливу кожного вузла. Границі між цими зонами встановлюють посередині кожної ділянки [5, п. 6.3] і показують на плані забудови тонкими лініями (рис. 5, червоні лінії). Для кожного вузла у програмному комплексі AutoCad визначають площі («брутто») зон впливу і заносять у таблицю за формою [6, табл.2.7] сформовану у середовищі Microsoft Excel (табл. 1).

В останній рядок табл. 1 («**Всього**») записують суми площ зон забудови. Відбори води у кожній зоні забудови (БЖЗ і МЖЗ) для кожного вузла визначають пропорційно їх площам зон впливу. Сума витрат води для всієї мережі повинна відповідати раніше



визначеним значенням $q_{БЖЗ}$, $q_{МЖЗ}$ і $q_{Пр}$, а їхня сума, так як і сума вузлових витрат $q_{вуз.І}$ – величині $q_{р.макс}$ [6, п.2.4].

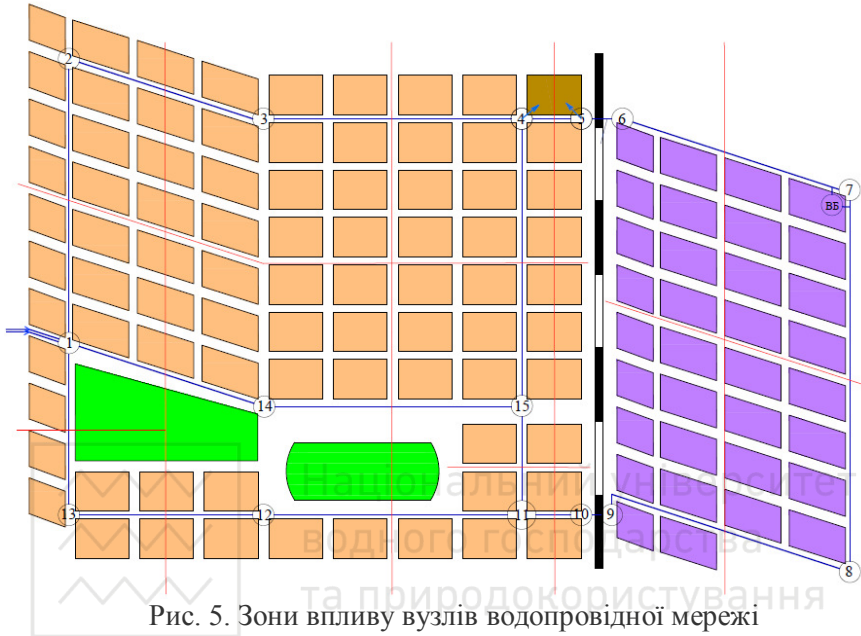


Рис. 5. Зони впливу вузлів водопровідної мережі

Таблиця 1

Вузлові відбори води для І-го розрахункового випадку

№ вузлів	БЖЗ		МЖЗ		Зосереджені споживачі		$q_{вуз.І}$, л/с
	$F_{БЖЗ.в}$ га	$q_{БЖЗ}$ л/с	$F_{МЖЗ.в}$ га	$q_{МЖЗ}$ л/с	назва	$q_{зс}$, л/с	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	14,6	15,5					15,5
2	16,8	17,9					17,9
3	26,5	28,2					28,2
4	21,4	22,8			Підпр. А	12,1	34,9
5	5,6	6,0			Підпр. А	12,1	18,1
6			12,5	7,4			7,4
7			16,8	9,9			9,9
8			16,8	9,9			9,9
9			15,6	9,2			9,2



1	2	3	4	5	6	7	8
10	4,2	4,5					4,5
11	5,2	5,5					5,5
12	10,6	11,3					11,3
13	8,8	9,4					9,4
14	21,5	22,9					22,9
15	15,6	16,6					16,6
Всього	150,8	160,6	61,7	36,4		24,2	221,2

Витрати води на пожежогасіння визначають шляхом збільшення вузлових витрат $q_{вуз.1}$ на величини пожежних витрат у тих вузлах, де намічені ймовірні місця гасіння пожеж [6, п.2.2.2.2 і 2.4, табл. 2.8].

3. Визначення економічно вигідних діаметрів водопровідних труб

Економічно вигідні діаметри труб визначають на основі попереднього поточкорозподілу для I-го розрахункового випадку (максимального господарсько-питного водоспоживання). Для цього може бути застосований сервісний програмний модуль *TEP_dek.xls*. Він дозволяє автоматизувати розрахунки на комп'ютері, використовуючи наявні довідкові матеріали [5, табл. 7.1, дод. 2 і 3] та наведені розрахункові формули [5, форм. 7.6 – 7.10]. В процесі роботи з модулем слід тільки уточнити вихідні параметри:

- подачу насосної станції в початковий період – $Q_{cp.HC.o}$, м³/с;
- економічний фактор – E (рекомендують визначати за даними листа « E » програмного модуля, див. рис. 6);
- кількість ниток трубопроводів у перетині мережі – n_i (рис. 5, 8);
- коефіцієнт завантаження ділянки – $k_{д.і}$ (табл. 2);
- коефіцієнти $K_{год.макс}^{HC}$ і $K_{год.макс}^D$ [5, форм. 7.12];
- коефіцієнти зміни параметрів: KKD насосів – a_η ; росту водоспоживання – a_τ ; вартості електроенергії – a_σ ;
- параметри α , β , m і k , що залежать від матеріалу труб (напірні із високоміцного чавуну, крім ділянок 5 і 9, які переходами під залізницею із сталевих труб);
- величину кредитної ставки – e та строк реалізації проекту – T .



За результатами попереднього потокорозподілу (рис. 8) значення витрат води заносять у табл. 2, визначають коефіцієнти k_D для кожної ділянки мережі, розраховують за допомогою модулю **TEP_dek.xls** економічно вигідні діаметри $d_{ек}$ і приймають їхні стандартні значення за максимальним наближенням $d_{ек}$ до внутрішніх діаметрів труб $d_{вн}$.

Таблиця 2

Визначення діаметрів труб водопровідної мережі

№ ділянок		І-й розрахунковий випадок				Прийнятий діаметр d_y , мм
з/п	вузли: П - К	q , л/с	k_D	$K_{Д.макс}$	$d_{ек}$, мм	
1	1 - 2	66,1	0,35	1,47	271	300
2	2 - 3	48,2	0,26	1,52	251	250
3	3 - 4	20,0	0,11	1,71	201	200
4	4 - 5	12,7	0,07	1,84	192	200
5	5 - 6	5,4	0,03	2,19	142	150
6	6 - 7	12,8	0,07	1,84	192	200
7	7 - 8	11,0	0,06	1,89	184	200
8	8 - 9	1,1	0,006	3,42	106	100
9	9 - 10	8,1	0,04	2,01	153	150
10	10 - 11	12,6	0,07	1,84	192	200
11	11 - 12	37,0	0,20	1,57	235	250
12	12 - 13	48,3	0,26	1,52	251	250
13	1 - 13	57,7	0,31	1,49	263	250
14	1 - 14	48,2	0,26	1,52	251	250
15	14 - 15	25,3	0,13	1,65	210	200
16	11 - 15	18,9	0,10	1,72	196	200
17	4 - 15	27,6	0,15	1,63	218	200

Для розрахунків у програмному модулі **TEP_dek.xls** прийнято: середня подача води насосною станцією в початковий період – $Q_{ср.нс.в} = 0,150$ м³/с; коефіцієнти нерівномірності подачі води: насосною станцією – $K_{ВНС} = 1,18$; $K_{Д.макс}$ для ділянок мережі розраховано за формулою 7.12 [5, с. 124]; значення розрахункових параметрів в початковий період: коефіцієнти корисної дії (ККД) насосних агрегатів $\eta_p = 0,7$; вартість електроенергії $\sigma_o = 2,30$



грн/кВт-год; Прогнозується, що вартість електроенергії щорічно зростатиме на 3,5 %; ККД насосів щорічно буде знижуватись на 1,0 %. Величина кредитної ставки – $e = 0,16$. Строк реалізації проекту – $T = 25$ років. Водоспоживання на кінець цього строку зросте у 1,2 рази. параметри зміни впливових факторів [5, п. 7.3]: вартості електроенергії – $a_{\sigma} = 0,035$ (3,5 %) 1/рік; ККД – $a_{\eta} = 0,00000114$ (1,0%/100/365/24) 1/год; зростання водоспоживання – $a_t = 0,008$ ((1,2-1)/25) 1/рік.

Параметри	Труби								Вартість електроенергії	$\sigma_o = 2,30$	грн кВт/год
	сталеві		чавунні		залізобетонні		пластмасові				
	водоводи	мережі	водоводи	мережі	водоводи	мережі	водоводи	мережі			
α	1,1	1,15	1,6	1,5	2,05	2,4	1,8	1,5	$\eta_p = 0,70$	$Set = 7,10$	
β	1,93	1,93	1,81	1,81	1,85	1,85	1,774	1,774			
m	5,08	5,08	4,9	4,9	4,89	4,89	4,774	4,774			
k	0,00148	0,00148	0,00163	0,00163	0,00169	0,00169	0,00105	0,00105	Кредитна ставка $e = 0,16$	Термін реалізації проекту $T = 25$ років	
b	10874	12129	16344	17720	8000	8430	26150	23053			
P_a	0,055	0,055	0,024	0,024	0,04	0,04	0,026	0,026			
E	0,9841	0,96	0,905	0,901	0,966	0,94	0,77	0,799	-- підлягає коректуванню відносно вартості будівництва у 2019 р.		
a_{η}	1,14E-06	зменшення ккд за T=25 років на 30 %: $a_{\eta} = 0,3/T/24/365$									
a_{τ}	0,008	зростання водоспоживання за T=25 років у 1,25 разів: $a_{\tau} = (1,25-1)/T$									
a_{σ}	0,035	щорічне зростання вартості електроенергії на 5,0 %									

Рис. 6. Додаткове робоче поле модуля *TEP_dek.xls*

№ ділянки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
$d_{\text{екв}}$, м	0,271	0,251	0,201	0,192	0,142	0,192	0,184	0,106	0,153	0,192	0,235	0,251	0,263	0,251	0,210	0,196	0,218
$Q_{\text{фис}}$, м ³ /с	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150	0,150
E	0,90	0,90	0,90	0,90	0,96	0,90	0,90	0,90	0,96	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
n	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3
k_d	0,35	0,26	0,11	0,07	0,03	0,07	0,06	0,006	0,04	0,07	0,20	0,26	0,31	0,26	0,13	0,1	0,15
$K^{\text{НС}}_{\text{год.макс}}$	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18
$K^{\text{Д}}_{\text{год.макс}}$	1,47	1,52	1,71	1,84	2,19	1,84	1,89	3,42	2,01	1,84	1,57	1,52	1,49	1,52	1,65	1,72	1,63
a_{η}	1,14E-06	1,14E-06	1,1E-06	1,1E-06	1,1E-06	1,1E-06	1,14E-06	1,14E-06	1,14E-06	1,1E-06	1,14E-06	1,14E-06	1,1E-06	1,14E-06	1,14E-06	1,14E-06	1,14E-06
a_{τ}	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008
a_{σ}	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035	0,035
α	1,5	1,5	1,5	1,5	1,15	1,5	1,5	1,5	1,15	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
β	1,81	1,81	1,81	1,81	1,93	1,81	1,81	1,81	1,93	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81
m	4,9	4,9	4,9	4,9	5,08	4,9	4,9	4,9	5,08	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9

Рис. 7. Основне робоче поле модуля *TEP_dek.xls*

Отримані значення економічно вигідних діаметрів труб підлягають уточненню після перевірки на пропуск пожежних витрат води, за умови не перевищення середньої швидкості води в них 2,0 м/с [5, п. 1.2.5, форм. 1.22, табл. 1.10].



4. Гідравлічні розрахунки водопровідної мережі на ПК

Гідравлічні розрахунки проводять за допомогою програмного модулю *ГР_КВМ.xlsm* в середовищі *Microsoft Excel*. Для цього на розрахункову схему мережі наносять: вузлові витрати, довжини і розрахункові діаметри труб, витрати води на ділянках (за результатами попереднього потокорозподілу) [7, рис. 1.17]. Для розрахунків на ПК нумерують всі елементарні замкнені контури (кілеця) і ділянки (рис. 8).

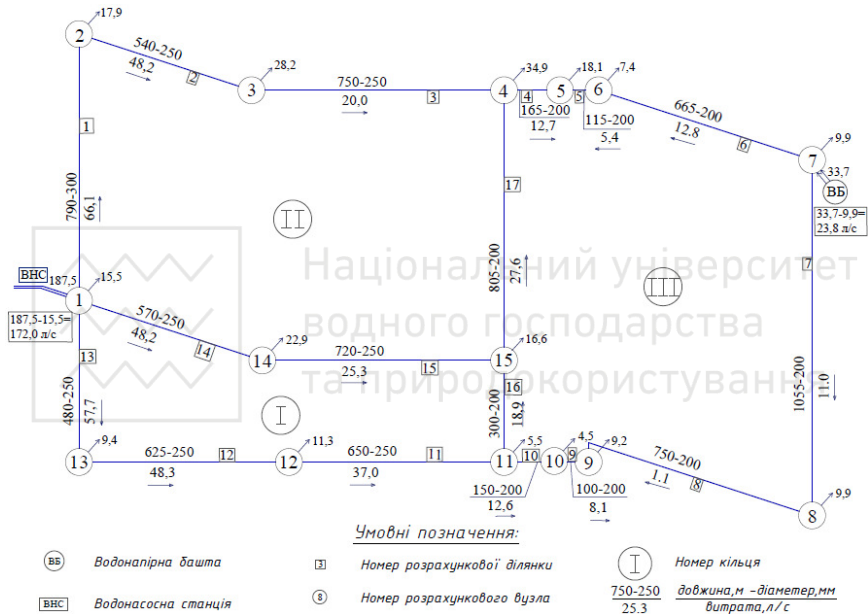


Рис. 8. Розрахункова схема водопровідної мережі, з вихідними даними для розрахунків на ПК

Роботу на ПК у програмному модулі *ГР_КВМ.xlsm* проводять у такій послідовності:

- 1) На листі «Поч.дані» вводять (рис. 9):
 - ПІБ студента;
 - назву населеного пункту;
 - назву розрахункового випадку;
 - величину допустимої неув'язки;
 - кількість ділянок, вузлів і кілець;



- за потреби корегують таблицю «Параметри стандартних діаметрів труб».

The screenshot shows an Excel spreadsheet with a data entry form and a table. The form contains the following fields:

- Назва населеного пункту: м. Рівне
- Розрахунковий випадок: макс. водоспоживання
- Прізвище студента, група: Студент, МБГ-31
- Допустима неув'язка $\Delta h_{\text{доп}}$: 0,001 л/с
- Кількість ділянок: 17
- Кількість вузлів: 15
- Кількість кілець: 3

The table below is titled "Параметри стандартних діаметрів труб" and has columns for material types and their respective diameters.

Параметри стандартних діаметрів труб									
Чавунні		Сталеві		Пластмасові (ПЕ)		Залізобетонні		Азбестоцементні	
d_y	$d_{\text{вн}}$	d_y	$d_{\text{вн}}$	d_y	$d_{\text{вн}}$	d_y	$d_{\text{вн}}$	d_y	$d_{\text{вн}}$
100	106,0	100	106,0	90	79,2	250	250	100	100
125	132,0	125	132,0	110	96,8	300	300	150	141
150	158,0	150	158,0	125	110,2	400	400	200	189
200	209,4	200	209,0	140	123,4	500	500	250	235
250	260,4	250	262,0	160	141,0	600	600	300	279
300	311,6	300	313,0	180	158,6	800	800	350	322
350	362,6	350	365,0	200	176,2	1000	1000	400	368
400	412,8	400	412,0	225	198,2	1200	1200	500	465
450	462,8	450	464,0	250	220,4	1400	1400		

Рис. 9. Фрагмент листа «Поч.дані» програмного модуля *ГР_КВМ.xlsm*

- 2) На листах «Ділянки», «Вузли» і «Кілеця» у відповідні таблиці (рис. 10, 11 і 12)вносять параметри ділянок, вузлів і кілець з їх перевіркою і видачею повідомлень у разі їх наявності; для недопущення найпоширеніших помилок потрібно враховувати такі основні вимоги:
 - початковий номер граничних вузлів кожної ділянки повинен бути **меншим** за кінцевий;
 - алгебраїчна сума вузлових витрат для всієї мережі повинно дорівнювати **нулю**;
 - величини витрат води на ділянках кожного кільця приймають із знаком «+», якщо відносно його центру витрати направлені за годинниковою стрілкою і «-», якщо навпаки;

Национальний університет

ГР_КВМ_МВ_1.xlsm [Общий] - Microsoft Excel

Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Рабочая группа

Q22

Вихідні параметри ділянок								Кількість ділянок:	заявлено: 17	внесено: 17
м. Рівне	макс. водоспоживання			Студент, МБГ-31						
№ ділянок	Граничні вузли поч.	Довжини, кін.	Діаметри м	Діаметри ϕ , мм	Матеріали труб	Коефіцієнт і збільшення		Обновити таблицю		Перевірити параметри ділянок
1	1	2	790	300	чавун	1,150				
2	2	3	540	250	чавун	1,150				
3	2	4	750	250	чавун	1,150				
4	4	5	165	200	чавун	1,150				
5	5	6	115	200	сталь	1,200				
6	6	7	665	200	чавун	1,150				
7	7	8	1055	200	чавун	1,150				
8	8	9	750	200	чавун	1,150				
9	9	10	100	200	сталь	1,200				
10	10	11	150	200	чавун	1,150				
11	11	12	650	250	чавун	1,150				
12	12	13	625	250	чавун	1,150				
13	1	13	480	250	чавун	1,150				
14	1	14	570	250	чавун	1,150				
15	14	15	720	250	чавун	1,150				
16	11	15	300	200	чавун	1,150				
17	4	15	805	200	чавун	1,150				

Увага!!!
"Перевірку параметрів ділянок" слід виконувати після внесення їх значень для всіх ділянок

Страниця 1

Рис. 10. Фрагмент листа «Ділянки» модуля ГР_КВМ.xlsm

ГР_КВМ_МВ_1.xlsm [Общий] - Microsoft Excel

Файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Рабочая группа

M16

Вихідні параметри вузлів					Кількість вузлів:	заявлено: 15	внесено: 15
м. Рівне	макс. водоспоживання		Студент, МБГ-31				
№ вузлів	Позначки поверхні землі, м	Необхідні напори, м	Задані вузлові витрати, л/с (+, -)		Обновити таблицю		Перевірити параметри вузлів
1	338,0	26	172,0				
2	338,5	26	-17,9				
3	342,8	26	-28,2				
4	349,0	26	-34,9				
5	350,4	26	-18,1				
6	351,8	14	-7,4				
7	357,2	14	23,8				
8	357,0	14	-9,9				
9	351,6	14	-9,2				
10	350,3	26	-4,5				
11	348,6	26	-5,5				
12	342,4	26	-11,3				
13	338,2	26	-9,4				
14	342,0	26	-22,9				
15	348,3	26	-16,6				

Страниця 1

Рис. 11. Фрагмент листа «Вузли» модуля ГР_КВМ.xlsm

Национальний університет

ГР_КВМ_МВ_1.xlsm [Общий] - Microsoft Excel

файл Главная Вставка Разметка страницы Формулы Данные Рецензирование Вид Рабочая группа

Q24

Вихідні параметри кільць					
м. Рівне	макс. водоспоживання		Студент, МБГ-31		
№ з/п	Номер и кільць	Кількість ділянок у кільцях	Номери ділянок	Витрати води на ділянках, л/с (+, -)	
6	1	1	6	11	-37,0
7	2			12	-48,3
8	3			13	-57,7
9	4			14	48,2
10	5			15	25,3
11	6			16	-18,9
12	7	2	6	1	66,1
13	8			2	48,2
14	9			3	20,0
15	10			17	-27,6
16	11			15	-25,3
17	12			14	-48,2
18	13	3	9	4	12,7
19	14			5	-5,4
20	15			6	-12,8
21	16			7	11,0
22	17			8	1,1
23	18			9	-8,1
24	19			10	-12,6
25	20			16	18,9
26	21			17	27,6

Сумарна кількість ділянок у кільцях мережі:
заявлено: 21
внесено: 21
Кількість кільць: 3

Обновити таблицю

Перевірити параметри кільць

Увага!!!
Після введення кількості ділянок для всіх кільць мережі або корегуванні хоча б одного їх значення написати "Обновити таблицю"

Страница 1

Поч.дані Ділянки Вузлі Кільця Результати Д Результати В

Рис. 12. Фрагмент листа «Кільця» модуля ГР_КВМ.xlsm

- поширеною є помилка неправильного поточкорозподілу, коли комп'ютер видає повідомлення: «Перевірте витрати води у вузлі n . Задано: q_v . Фактично q_p » (де n - номер вузла; q_v і q_p – вузлові витрати); Потрібно на схемі поточкорозподілу (рис. 8) виявити помилку і внести зміни у відповідні таблиці вихідних даних і ще раз виконати їх перевірку;
- Проводять розрахунки мережі спочатку на листі «Результати Д», а потім на листі «Результати В» із формуванням таблиць «Результати розрахунку параметрів ділянок» і «Результати розрахунку параметрів вузлів» на листах, які за потреби звичайним копіюванням переносять із середовища *Microsoft Excel* у *Word* (табл. 3 і 4);
 - Виконують попередній аналіз результатів розрахунку та їх запис у файл з назвою: *Name_N.xlsm* (де *Name* – ім'я файлу (прізвище студента, назва міста тощо), *N* – номер розрахункового випадку), наприклад: *Студент_1.xlsm*.



Результати розрахунку параметрів ділянок

м. Рівне

макс. водоспоживання

Студент, МБГ-31

№ к-льця	К-ть ділянок	№ ділянок	Вузли		Довжини, м	Діаметри ϕ , мм	Матеріал труб	Коеф. збільш. опору	Швидкості, м/с	Витрати води, л/с	Втрати напору, м
			поч.	кін.							
1	6	11	11	12	650,0	250	чв	1,150	0,49	-26,21	-1,22
		12	12	13	625,0	250	чв	1,150	0,70	-37,51	-2,24
		13	1	13	480,0	250	чв	1,150	0,88	-46,91	-2,58
		14	1	14	570,0	250	чв	1,150	1,03	55,11	4,11
		15	14	15	720,0	250	чв	1,150	0,60	32,21	1,96
		16	11	15	300,0	200	чв	1,150	0,07	-2,57	-0,02
Неув'язка у кільці: ,0005 м											
2	6	1	1	2	790,0	300	чв	1,150	0,92	69,98	3,64
		2	2	3	540,0	250	чв	1,150	0,98	52,08	3,51
		3	3	4	750,0	250	чв	1,150	0,45	23,88	1,19
		17	4	15	805,0	200	чв	1,150	0,53	-18,18	-2,27
		15	14	15	720,0	250	чв	1,150	0,60	-32,21	-1,96
		14	1	14	570,0	250	чв	1,150	1,03	-55,11	-4,11
Неув'язка у кільці: -,0001 м											
3	9	4	4	5	165,0	200	чв	1,150	0,21	7,16	0,09
		5	5	6	115,0	200	ст	1,200	0,32	-10,94	-0,10
		6	6	7	665,0	200	чв	1,150	0,53	-18,34	-1,91
		7	7	8	1055,0	200	чв	1,150	0,16	5,46	0,34
		8	8	9	750,0	200	чв	1,150	0,13	-4,44	-0,17
		9	9	10	100,0	200	ст	1,200	0,40	-13,64	-0,13
		10	10	11	150,0	200	чв	1,150	0,53	-18,14	-0,42
		16	11	15	300,0	200	чв	1,150	0,07	2,57	0,02
		17	4	15	805,0	200	чв	1,150	0,53	18,18	2,27
Неув'язка у кільці: ,0001 м											

Для наступних розрахункових випадків корегують вихідні дані на листах (з їх перевіркою):

- «Поч.дані» – назву розрахункового випадку);
- «Вузли» – необхідні напори і вузлові витрати;
- «Кільця» – витрати води.



Результати розрахунку параметрів вузлів

м. Рівне

макс. водоспоживання

Студент, МБГ-31

№ вузлів	Позначки поверхні землі, м	Напори, м		Г'єзометричні позначки, м	Витрати води, л/с	
		необхідні	фактичні		необхідні	фактичні
1	338,00	26	46,83	384,83	172,00	172,00
2	338,50	26	42,69	381,19	-17,90	-17,90
3	342,80	26	34,87	377,67	-28,20	-28,20
4	349,00	26	27,49	376,49	-34,90	-34,90
5	350,40	26	26,00	376,40	-18,10	-18,10
6	351,80	14	24,70	376,50	-7,40	-7,40
7	357,20	14	21,20	378,40	23,80	23,80
8	357,00	14	21,06	378,06	-9,90	-9,90
9	351,60	14	26,63	378,23	-9,20	-9,20
10	350,30	26	28,06	378,36	-4,50	-4,50
11	348,60	26	30,18	378,78	-5,50	-5,50
12	342,40	26	37,60	380,00	-11,30	-11,30
13	338,20	26	44,04	382,24	-9,40	-9,40
14	342,00	26	38,72	380,72	-22,90	-22,90
15	348,30	26	30,45	378,75	-16,60	-16,60

5. Складання конструктивної і монтажної схем водопровідної мережі

Конструктивну схему водопровідної мережі складають для окремого сельбищного району після визначення діаметрів труб магістральної мережі, проведення її гідравлічних розрахунків та визначення діаметрів труб розподільчих мереж [7, п. 2.2.2]. Всі колодязі разом з камерами нумерують. Колодязі без гідрантів мають тільки порядковий номер, наприклад, **1**, **2**. Для колодязів із пожежними гідрантами номер проставляють після абрєвіатури «ПГ-», наприклад, ПГ-17 (рис. 13).

Монтажні схеми (деталювання) розробляють для всіх вузлів згрупованих за характерними ознаками. На них за допомогою умовних позначень показують труби фасонні частини й арматуру (рис. 14).



Рис. 13. Конструктивна схема водопровідної мережі



Національний університет
водного господарства
та природокористування

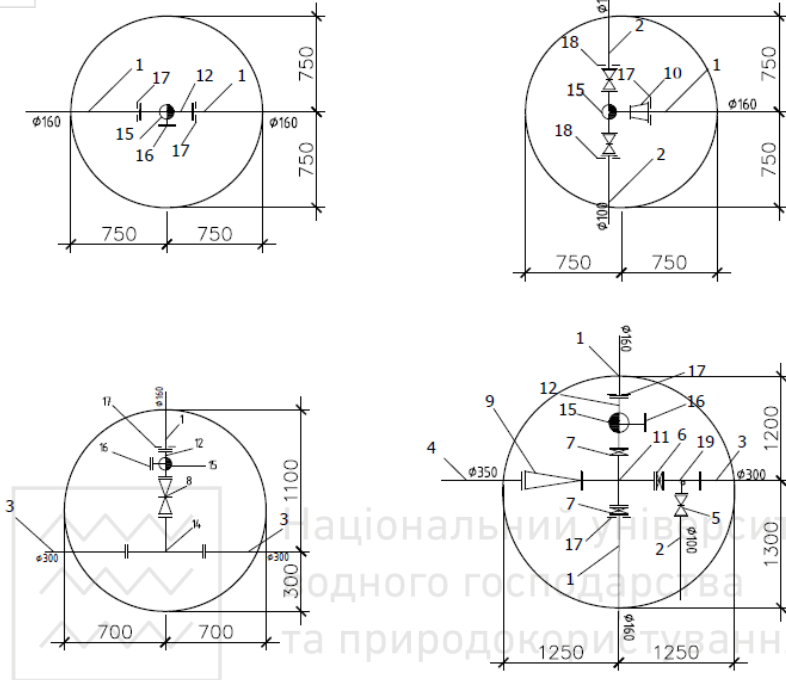


Рис. 14. Приклади монтажних схем характерних вузлів водопровідної мережі

6. Гідравлічні розрахунки каналізаційних мереж

6.1. Розрахунок господарсько-побутової мережі

Гідравлічні розрахунки мереж водовідведення орієнтовані на те, щоб при відомих максимальних витратах води на ділянках підібрати діаметри d , уклони труб i , їх наповнення h/d так, аби швидкості руху потоку стічних рідин V були достатніми для самоочищення труб [3, п. 8.2], а заглиблення труб H – мінімальними, але не менше допустимих величин $H_{дон}$.

Гідравлічний розрахунок господарсько-побутової каналізаційної мережі виконують після побудови її розрахункової схеми (рис. 15) і визначення розрахункових витрат води на її ділянках [7, п. 1.3.3]. Його виконують у табличній формі (табл. 5) або графічно (рис. 16).

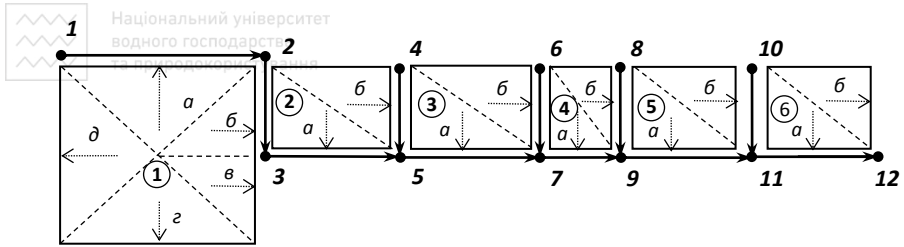


Рис. 15. Розрахункова схема вітки каналізаційної мережі:
1..12 – номери розрахункових вузлів; **1..6** – номери кварталів;
a..d – площі збору вод з кварталів до ділянок.

Гідравлічні розрахунки самопливних колекторів проводять за формулами [3, п. 8.2.1; 9], в тому числі і на ПК за допомогою програмного модуля *Гідр_Розр_ТрКан.xlsx*. За його допомогою при відомих витратах визначають діаметри і уклони труб за умови виконання низки нормативних вимог [3, п. 8.3-8.6; 7, п. 1.3.5.1]: середні швидкості води в колекторах повинні бути не менше самоочисних незамулюючих і не перевищувати максимально допустимих; максимальне наповнення колекторів не повинно перевищувати допустиме.

Таблиця 5
 Гідравлічний розрахунок господарсько-побутової мережі

Ділянки	$Q_{p, \max}$, л/с	L, м	1000xi	d, мм	h/d	V, м/с	Відмітки, м (+100,000 м)								Глибина $H_{\text{в.г.}}$, м
							Землі		Шелиги		Рівнів води		Лотка		
							поч	кін	поч	кін	поч	кін	поч	кін	
Бічні підключення															
4-5	3,81	180	14	200	0,23	0,8	24,35	23,75	22,890	20,370	22,736	20,216	22,690	20,170	3,58
6-7	3,81	180	18	200	0,21	0,8	23,55	23,00	22,420	19,180	22,262	19,022	22,220	18,980	4,02
8-9	2,50	180	18	200	0,17	0,8	23,10	22,55	21,700	18,460	21,534	18,294	21,500	18,260	4,29
10-11	3,49	180	18	200	0,19	0,8	22,30	21,65	20,930	17,690	20,768	17,528	20,730	17,490	4,16
Колектор															
1-2	5,63	400	5,0	200	0,35	0,6	26,50	25,25	24,620	22,620	24,490	22,490	24,420	22,420	2,83
2-3	7,56	200	5,0	200	0,40	0,6	25,25	24,65	22,610	21,610	22,490	21,490	22,410	21,410	3,24
3-5	9,32	260	5,0	200	0,46	0,7	24,65	23,75	21,598	20,298	21,490	20,190	21,398	20,098	3,65
5-7	13,03	270	5,0	200	0,58	0,7	23,75	23,00	20,274	18,924	20,190	18,840	20,074	18,724	4,28
7-9	15,53	160	3,5	250	0,48	0,7	23,00	22,55	18,970	18,410	18,840	18,280	18,720	18,160	4,39
9-11	17,75	250	3,5	250	0,52	0,7	22,55	21,65	18,400	17,525	18,280	17,405	18,150	17,275	4,38
11-12	20,92	240	3,5	250	0,58	0,7	21,65	20,40	17,510	16,670	17,405	16,565	17,260	16,420	3,98

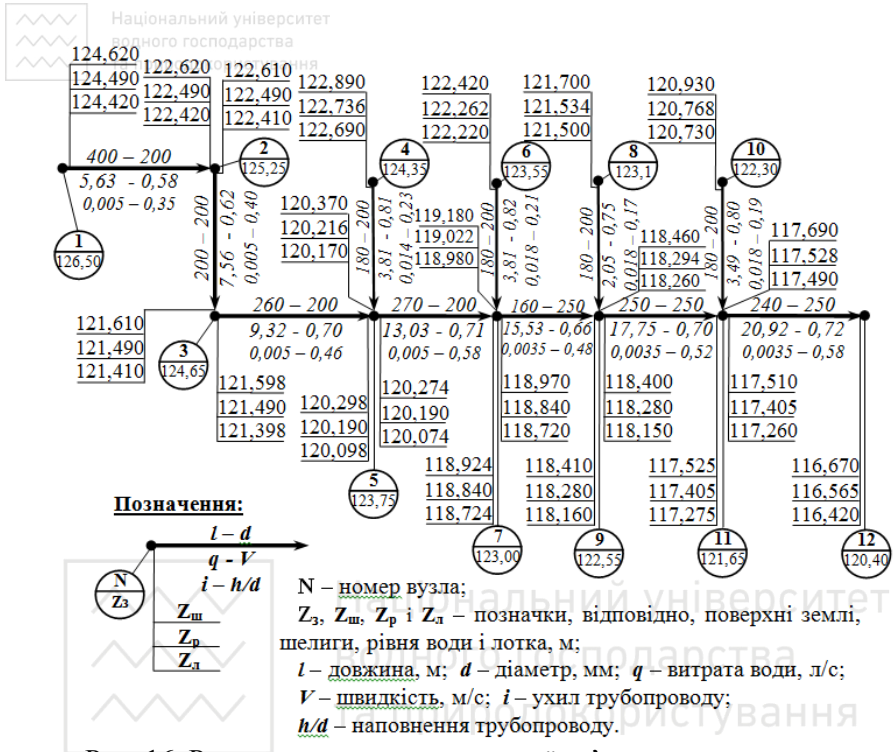


Рис. 16. Розрахункова схема висотної ув'язки господарсько-побутової каналізаційної мережі.

6.2. Розрахунок дощової мережі

При гідравлічних розрахунках мереж дощової каналізації також повинні бути забезпечені особливі нормативні вимоги [3, п. 8.3-8.6; 7, п. 1.3.5.2]. На відміну від господарсько-побутової каналізації наповнення колекторів не нормується. Вони можуть працювати як у самопливному, так і напірному режимах [3, п. 8.2.1 і 8.4.7].

Гідравлічні розрахунки як самопливних, так і напірних колекторів дощової мережі проводять за формулами [3, п. 8.2.1; 9] за допомогою програмного модуля *Гідр_Розр_ТрКан.xlsx* на ПК. Особливістю гідравлічних розрахунків є те, що при визначенні розрахункових витрат води на кожній розрахунковій ділянці враховують швидкості, а за ними і час, проходження стічних вод по всіх вище розташованих ділянках. Розрахунки проводять у табличній формі (табл. 6, розрах. схема – рис. 15).



Таблиця 6

Результати гідравлічних розрахунків дошової мережі

Ділянки	Довжина L , м		Час добігання води t , хв		Площа збору води F , га			Розрахункова витрата q , л/с	Наповнення h/d	U хил $1000 \times i$	Діаметр d , мм	Перепад висот на ділянці ΔL , м	Швидкість V , м/с	Позначки, м						
	t_{np}	t_r	приїзта	транзитна	сумарна	Поверхні землі								Шелги		Лотка				
														поч	кін	поч	кін	поч	кін	
Бічні підключення																				
4-5	180	0	16,0	1,94	-	1,94	142,5	0,85	5,00	400	400	0,900	1,25	124,35	123,75	122,850	121,950	122,450	121,550	2,20
6-7	180	0	16,0	1,96	-	1,96	143,9	0,58	4,00	500	500	0,720	1,22	123,55	123,00	122,050	121,330	121,550	120,830	2,17
8-9	180	0	16,0	1,02	-	1,02	74,9	0,57	4,00	400	400	0,720	1,03	123,10	122,55	121,600	120,880	121,200	120,480	2,07
10-11	180	0	16,0	1,72	-	1,72	126,3	0,80	4,40	400	400	0,792	1,18	122,30	121,65	120,800	120,008	120,400	119,608	2,04
Колектор																				
1-2	400	0	16,0	3,51	-	3,51	257,8	0,94	4,50	500	500	1,800	1,34	126,50	125,25	125,000	123,200	124,500	122,700	2,55
2-3	200	5,1	21,1	1,76	3,51	5,27	312,5	0,81	3,00	600	600	0,600	1,27	125,25	124,65	123,200	122,600	122,600	122,000	2,65
3-5	260	2,7	18,7	1,94	5,27	7,21	469,6	0,65	2,50	800	800	0,650	1,36	124,65	123,75	122,600	121,950	121,800	121,150	2,60
5-7	270	3,5	19,5	1,96	9,15	11,11	706,8	0,95	2,70	800	800	0,729	1,40	123,75	123,00	121,950	121,221	121,150	120,421	2,58
7-9	160	3,3	19,3	1,02	13,07	14,09	895,4	0,63	3,00	1000	1000	0,480	1,70	123,00	122,55	121,221	120,741	120,221	119,741	2,81
9-11	250	1,8	17,8	1,72	15,11	16,83	1147,8	0,76	3,00	1000	1000	0,750	1,78	122,55	121,65	120,741	119,991	119,741	118,991	2,66
11-12	240	2,2	18,2	1,72	18,55	20,27	1336,2	0,74	4,55	1000	1000	1,092	2,16	121,65	120,40	119,991	118,899	118,991	117,899	2,50



7. Побудова повздожніх профілів вуличних колекторів

На основі проведених гідравлічних розрахунків будують повздожні профілі вуличних колекторів для господарсько-побутової та дощової мереж [7, рис. 1.26 і 1.27].

Повздожні профілі будують у програмному комплексі *AutoCad*. Їх виконують у масштабах: *горизонтальному* – рівному масштабу проекту планування (М 1:5000 або М 1:10000), і *вертикальному* – М 1:50; М 1:100 або М 1:200.

На повздожньому профілі наносять проектну лінію поверхні землі і запроєктований трубопровід з колодязями в розрахункових точках. Нижче трубопроводу на кожній розрахунковій ділянці вказують: розрахункову витрату q , швидкість V , відносне наповнення h/d , а також основу під труби (грунтові умови, рівні ґрунтових вод, підсилення дна траншеї тощо), матеріал труб та номери їх стандартів (ДСТУ, ГОСТ тощо). номери вузлових точок, довжини, діаметри, ухили ділянок, позначки поверхні землі і лотків вказують знизу під профілем, а глибини закладання лотків труб $H_{з.л}$ – над поверхнею землі біля колодязів. Позначки лотка труби підписують з точністю – 0,001 м, поверхні землі і глибин закладання – 0,01 м [7, п. 1.3.5.3].

Бічні підключення показують у формі еліпсів в колодязях, що їх з'єднують із колектором, точно фіксуючи позначки шелиг і лотків підключень. Крім того, на профілі вказують перетини з усіма природними і штучними перешкодами (ріки, залізниці, трамвайні колії тощо), а також іншими підземними комунікаціями. Приклади повздожніх профілів показано на рис. 17 і 18.

На основі повздожніх профілів каналізаційних мереж розробляють більш детальні профілі робочих креслень (за результатами уточненого нівелювання по трасі колектора) із зазначенням всіх колодязів (оглядових, перепадних, промивних, дощоприймачів тощо), а не тільки розрахункових. Для цих колодязів та інших споруд на трасах колекторів розробляють їх робочі креслення, специфікації труб, залізобетонних елементів та необхідного обладнання.



Національний університет
водного господарства
та природокористування

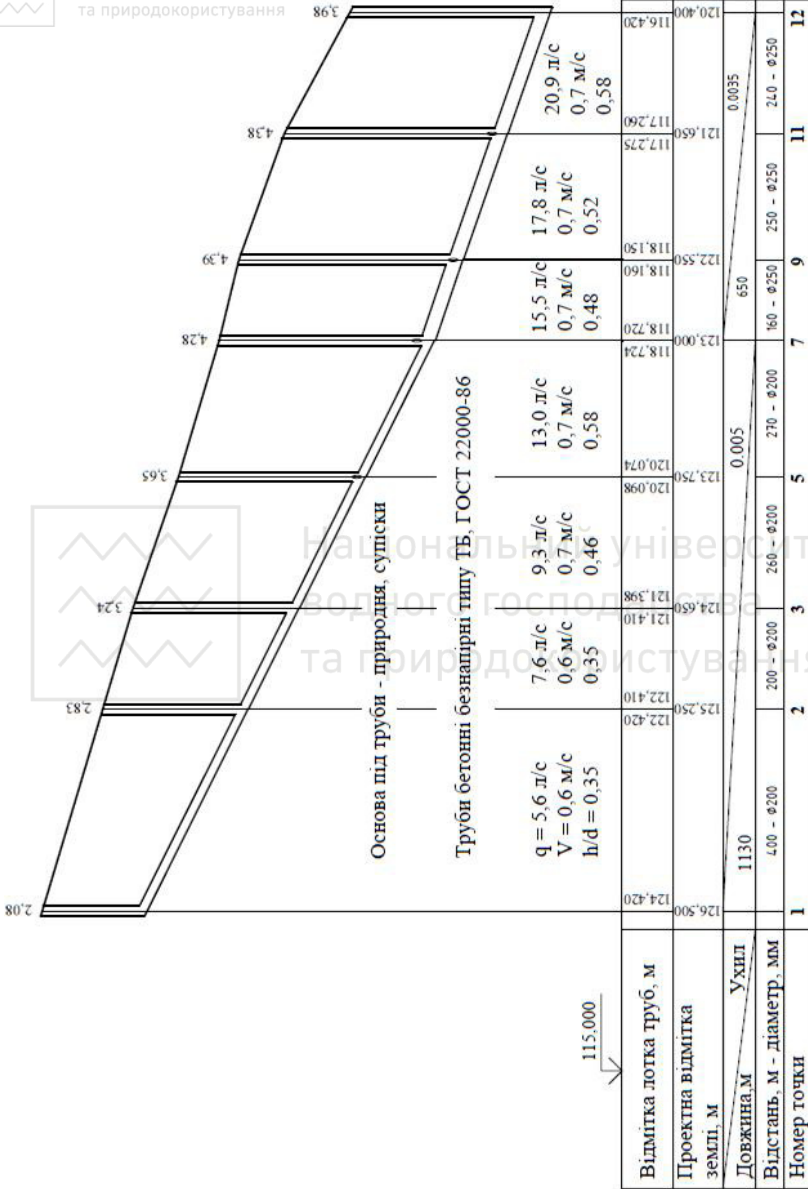


Рис. 17. Повздовжній профіль вуличного колектора господарсько-побутової каналізації



Національний університет
водного господарства
та природокористування

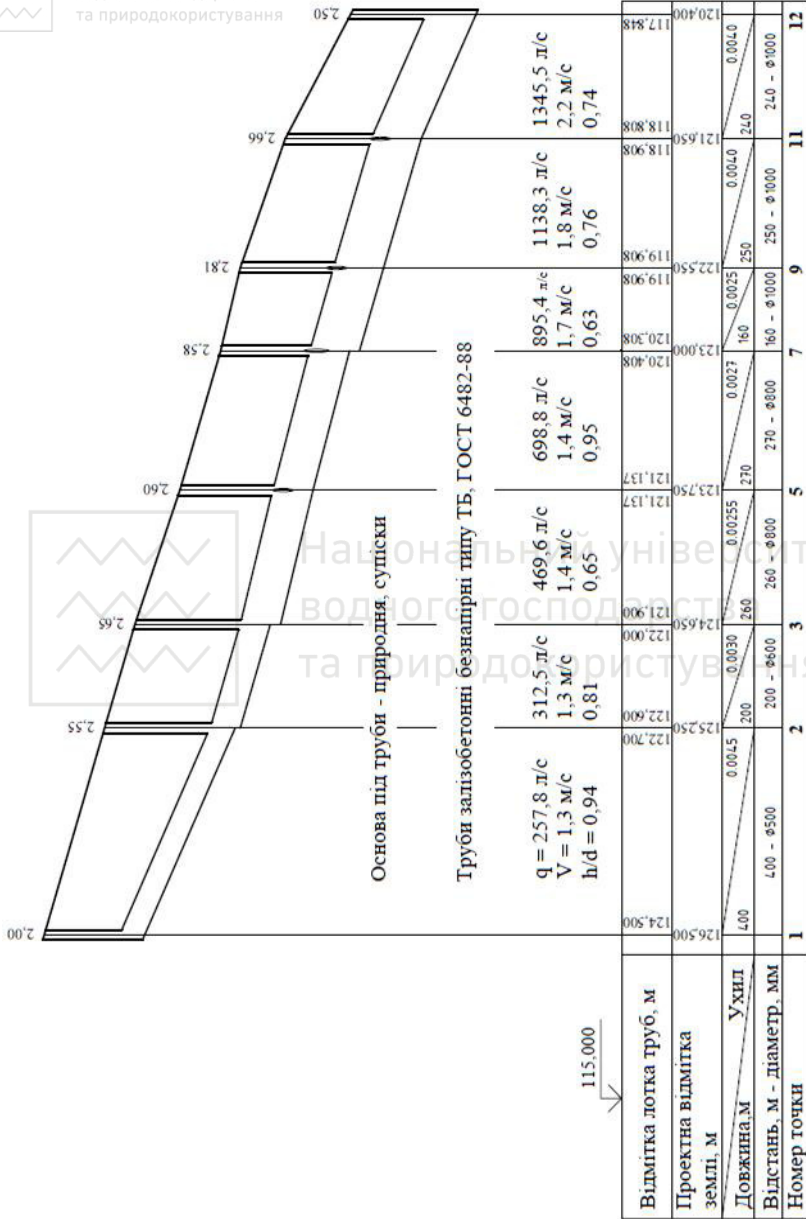


Рис. 18. Повздовжній профіль вуличного колектора дощової каналізації



8. Розташування інженерних мереж на міських територіях

Взаємне прокладання інженерних мереж показують в плані і перетині вулиці. Тип вулиці (загальноміського, районного чи місцевого значення, житлові тощо), що визначає зміст її перетину, задається викладачем.

Комунікації у перетині вулиці розміщують в технічних зонах за правилами [7, п. 2.6.2] із забезпеченням технічних умов прокладання інженерних комунікацій [7, п. 2.6.3]. Проект взаємного розміщення інженерних мереж виконують у програмному комплексі *AutoCad*, їх приймаючи масштаби: для плану вулиці – М 1:500 або М 1:1000; для перетину вулиці: *горизонтальний* – М 1:100 або М 1:200, *вертикальний* – М 1:50 або М 1:100.

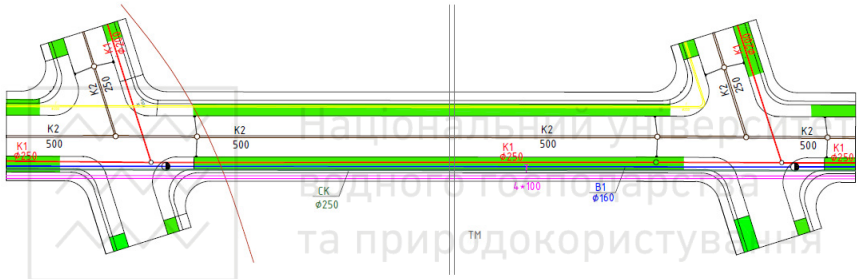


Рис. 19. План-схема взаємного розміщення інженерних мереж

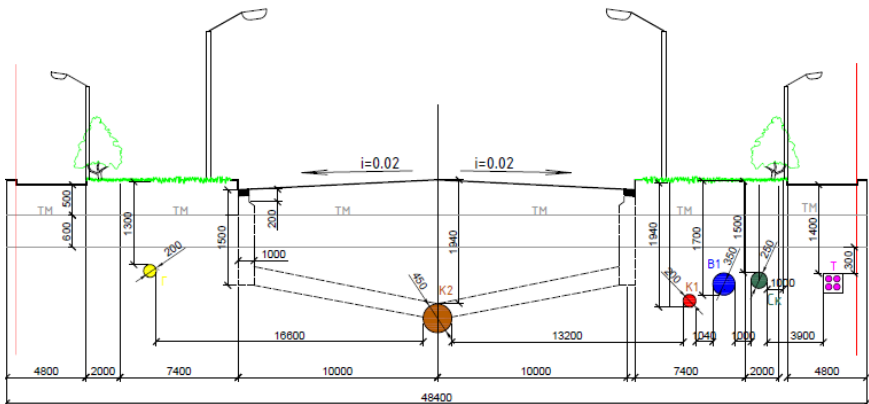


Рис. 20. Розміщення інженерних мереж в перетині вулиці



Література

1. ДБН Б.2.2-12:2018. Планування та забудова територій. [Чинний від 2018-09-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2018. 179 с.
2. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 172 с.
3. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2013. 211 с.
4. Лукиных А.А., Лукиных Н. А. Таблицы для гидравлического расчета канализационных сетей и дюкеров по формуле акад. Н.Н. Павловского. Москва: Стройиздат, 1974. 156 с.
5. Ткачук О.А., Косінов В.П., Новицька О.С. Системи подачі та розподілення води населених пунктів : навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2011. 273 с. URL: : <http://ep3.nuwm.edu.ua/2010/>
6. Ткачук О.А., Сальчук В.Л. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з навчальної дисципліни «Міські інженерні мережі» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації «Міське будівництво і господарство» усіх форм навчання. Рівне: НУВГП, 2019. 32 с.
7. Ткачук О. А. Міські інженерні мережі : навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2015. 412 с. URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/3674/>
8. Ткачук О.А. Удосконалення систем подачі та розподілення води населених пунктів : монографія. Рівне: НУВГП, 2008. 301 с.
9. Ткачук О.А., Ярута Я.В. Удосконалені гідравлічні розрахунки трубопроводів мереж водовідведення. Виробничо-практичний журнал «Водопостачання і водовідведення». Київ, 2018. № 1. С. 11 – 16.
10. Федоренков А.П., Басок К.А. AutoCAD 2000 : практический курс. Москва: ДЕСС КОМ, 2000. 431с.