Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет

ІНЖЕНЕРНІ МЕРЕЖІ ТА СПОРУДИ

Методичні вказівки до практичних занять та виконання самостійної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Цивільна безпека»
галузі знань 26 (К) – Цивільна безпека (Безпека та оборона)
спеціальності 263 (К10) – Цивільна безпека
денної та заочної форм навчання

Луцьк 2026

УДК 331.45 (07)
Б 77

До друку
Голова вченої ради факультету цифрових, освітніх та соціальних технологій ЛНТУ_____Галина ГЕРАСИМЧУК

Затверджено вченою радою факультету цифрових, освітніх та соціальних технологій ЛНТУ, протокол №_____від «____»_____2026 року.

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозиторій ЛНТУ.
Директор бібліотеки_____Наталія ПОЛІЩУК

Рекомендовано до видання на засіданні кафедри цивільної безпеки ЛНТУ, протокол №_____від «____»_____2026 року.
Завідувач кафедри цивільної безпеки_____Валентина ФЕДОРЧУК-МОРОЗ

Укладач:_____Михайло КЛИМЕНКО, Ph.D., асистент кафедри цивільної безпеки ЛНТУ.

Рецензент:_____Микола РУДИНЕЦЬ, кандидат технічних наук, доцент кафедри цивільної безпеки ЛНТУ.

Відповідальний за випуск:_____Валентина ФЕДОРЧУК-МОРОЗ, кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри цивільної безпеки ЛНТУ.

Інженерні мережі та споруди [Текст]: Методичні вказівки до практичних занять та виконання самостійної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Цивільна безпека» галузі знань 26 (К) «Цивільна безпека» («Безпека та оборона») спеціальності 263 (К10) «Цивільна безпека» денної та заочної форм навчання / уклад. М.Б. Клименко. Луцьк: Відділ іміджу та промоції ЛНТУ, 2026. 56 с.

І 77

Методичні вказівки складено відповідно до діючої програми курсу «Інженерні мережі та споруди» з метою надання методичної допомоги студентам у процесі освоєння даної дисципліни.

© М. Б. Клименко, 2026

ЗМІСТ

ВСТУП	4
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1. ВИВЧЕННЯ ПРИНЦИПІВ ТРАСУВАННЯ ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ	5
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2. РОЗРАХУНКИ КІЛЬКОСТІ ПОВІТРЯ ДЛЯ ВЕНТИЛЯЦІЇ БУДІВЕЛЬ	11
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3. РОЗРАХУНОК РОЗПОДІЛЬЧОЇ ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ	19
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 4. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ВИТРАТ ВОДИ ВОДОПРОВОДУ. РОЗРАХУНОК УМОВ ВОДОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ	28
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 5. РОЗРАХУНОК ВОДОНАПІРНОЇ БАШТИ	34
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 6. РОЗРАХУНОК СХЕМ ЗЛИВНОЇ КАНАЛІЗАЦІЇ	40
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 7. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ВИТРАТ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ СТОКІВ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ	46
ПРАКТИЧНА РОБОТА № 8. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ МЕРЕЖІ	50
ТЕМИ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ	53
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ	54

ВСТУП

Згідно з навчальним планом підготовки здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня освітньої програми «Цивільна безпека» спеціальності 263 (К 10) «Цивільна безпека» галузі знань 26 (К) «Цивільна безпека» (Безпека та оборона) передбачено вивчення дисципліни «Інженерні мережі та споруди».

Метою вивчення дисципліни є набуття майбутніми фахівцями знань в області безпечної експлуатації інженерних мереж та споруд.

Найменування та опис компетентностей, формування котрих забезпечує вивчення дисципліни.

Інтегральна компетентність

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та проблеми, що характеризуються комплексністю та невизначеністю умов, під час практичної діяльності або у процесі навчання, яка передбачає застосування теорій та методів проведення моніторингу, запобігання виникненню аварій, надзвичайних ситуацій, нещасним випадкам (на виробництві) і професійним захворюванням, оцінювання їх можливих наслідків та їх ліквідування.

Спеціальні (фахові) компетентності

СК08. Здатність до аналізу й оцінювання потенційної небезпеки об'єктів, технологічних процесів та виробничого устаткування для людини й навколишнього середовища.

Передумови для вивчення дисципліни

Пререквізити дисципліни:

- Системи контролю небезпечних та шкідливих виробничих факторів;
- Захист у надзвичайних ситуаціях;
- Теорія горіння та вибуху.

Результати навчання

Після завершення вивчення дисципліни студент повинен:

ПРН12. Визначати технічний стан зовнішніх та внутрішніх інженерних мереж та споруд для оцінювання відповідності його вимогам цивільного захисту та техногенної безпеки.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1
ВИВЧЕННЯ ПРИНЦИПІВ ІНЖЕНЕРНИХ МЕРЕЖ

Мета: закріпити лекційний і додатковий матеріал потрібно зробити вибір оптимального варіанту розміщення інженерних споруд та електричної силової мережі; визначити електричні навантаження на потреби мікрорайону.

Трасування силових електричних мереж. Методи прокладки силових електричних мереж роздільний або суміщений.

Розподільні W0 мережі прокладають по вулицях міста в технічній смузі П1 (П4) паралельно лінії забудови на відстані не менше 1 м від фундаментів будинків – при роздільному методі прокладки; у міському колекторі разом з Т0, В0, V0 під тротуаром – при суміщеному методі прокладки.

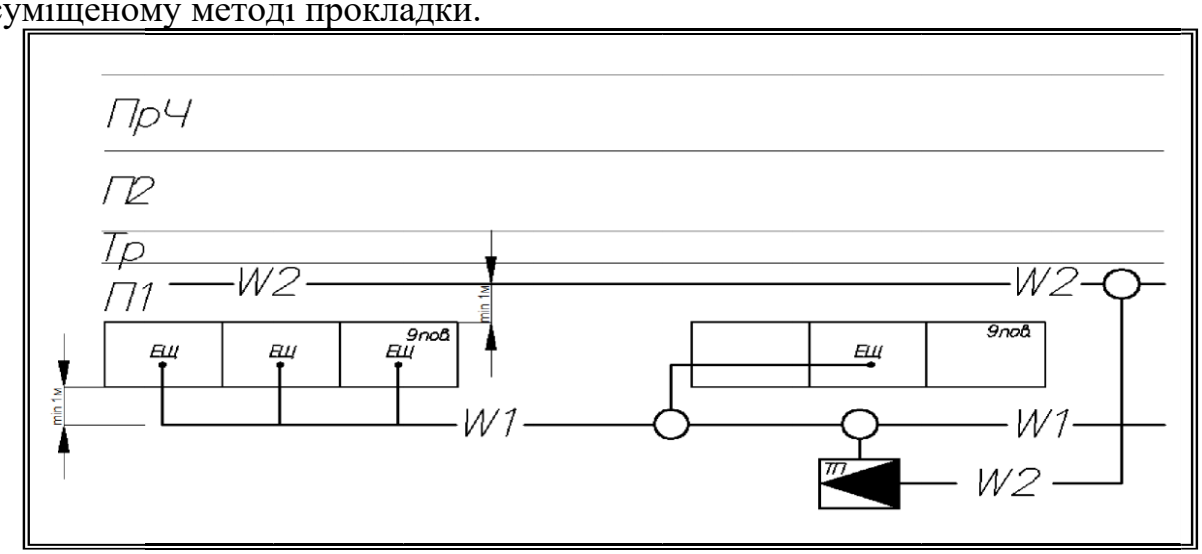


Рис. 1. Роздільний метод прокладання силових розподільних і розвідних електричних мереж

Розвідні електричні мережі W1 від ТП до будинків мікрорайону при роздільному методі прокладають в землі на відстані не менше 0,6 м від будинку або паралельно мікрорайонним проїздам на відстані 1 м. При суміщеному методі W1 прокладають від ТП перпендикулярно через проїзд у технічне підпілля будинку або в мікрорайонний колектор.

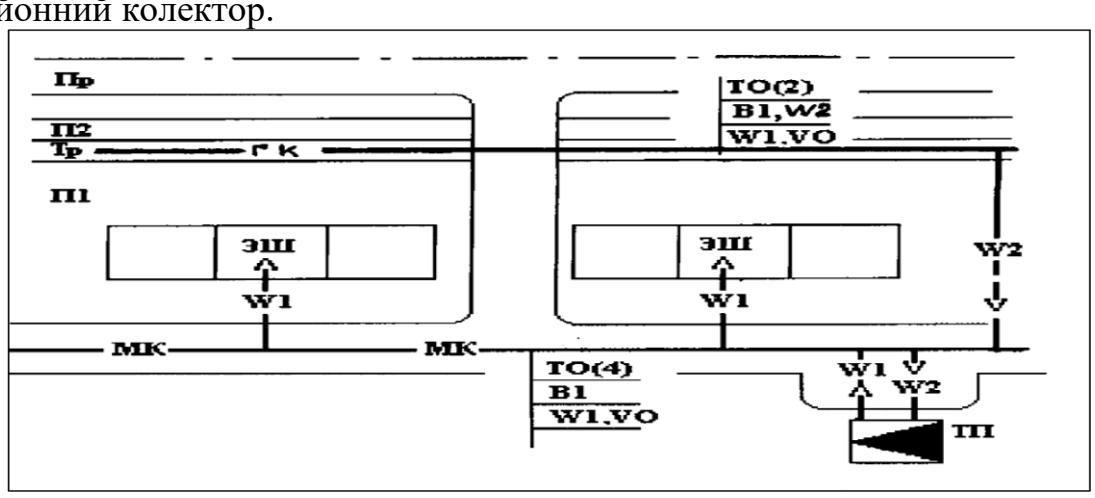


Рис. 2. Сумісний метод прокладання силових електричних мереж

Розподільні - у міському колекторі; розвідні - у мікрорайонному колекторі від розвідних електричних мереж, що проходять через технічні підпілля будинків і прохідні "зчіпки", роблять відгалуження до електричних щитів, встановлюваних у сходових клітках.

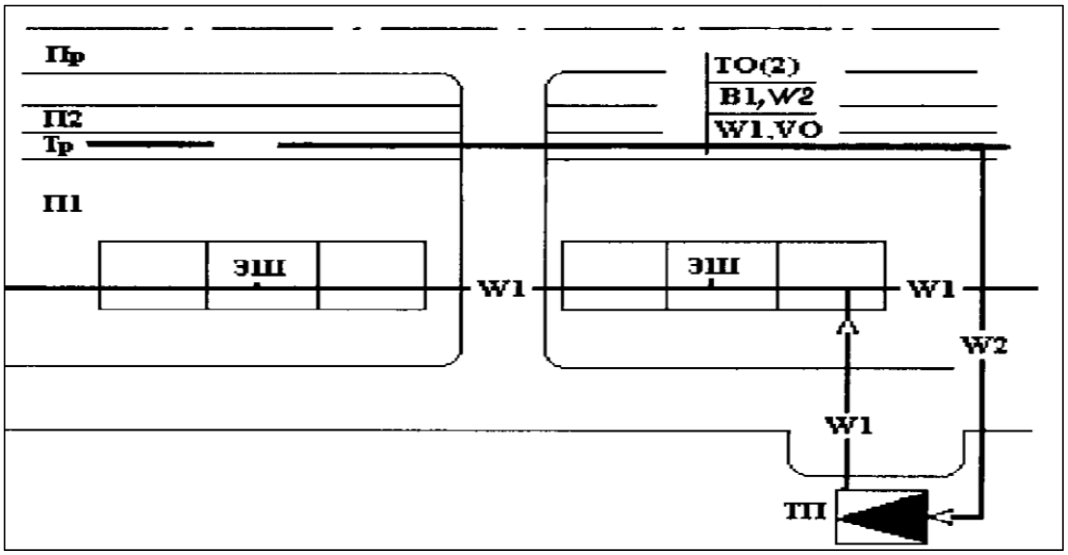


Рис. 3. Суміщений метод прокладання силових електричних мереж: розподільні - у міському колекторі; розвідні – у технічних підпіллях і "зчіпках"

Розрахункове електричне навантаження житлових будинків складається з навантажень квартир та загальнобудинкових силових електроприймачів (електродвигунів ліфтів, вентиляторів і т.п.). Розрахункове навантаження квартир $P_{кв}$ визначають за формулою, ***кВт***:

$$P_{кв} = P_{кв.пит.} \times K_{пот} \times n_{кв}, \quad (1.1)$$

де $P_{кв\ пит.}$ - питоме розрахункове навантаження електроприймачів квартир, що обладнані електроплитами (табл. 1.1), ***кВт/кв.***; $n_{кв}$ - кількість квартир у будинку, ***шт***.

Таблиця 1.1 – Питоме навантаження житлових будинків, $P_{кв\ пит.}$,кВт/кв. (коефіцієнт потужності)

Кількість поверхів	**Вид плит**		
	на природному газі	**на зрідженому газі або твердому паливі**	**електричні**
1-2	9,5 (0,96)	11,7 (0,96)	20 (0,98)
3-5	9,3 (0,96)	11,2 (0,96)	18,2 (0,98)
9	10,2 (0,94	12,2 (0,94)	19,8 (0,97)
12	10,9 (0,93)	16,5 (0,93)	20,4 (0,97)
15	12,0 (0,92)	18,0 (0,92)	21,5 (0,96)

Розрахункове навантаження ліфтових установок, кВт:

$$P_л = k_п \sum_{i=1}^{K} D_i = k_п \times (P_1 + P_2) \times n_{секц}, \quad (1.2)$$

де k_n – коефіцієнт попиту, який залежить від кількості ліфтових установок та поверхів будинку (табл. 1.2);
K – кількість ліфтів у секції будинку (прийняти для 9 пов. будинків – ***1 шт.***, для будинків 10 та вище поверхів – ***2 шт.*** (пасажирський та вантажний) на кожну секцію);
D_i – установлена потужність двигунів різного типу, P_1***=4,5 кВт*** для пасажирського ліфту, P_2***=7 кВт*** для вантажного ліфту.

У житлових будинках 9-ти поверхових та вище передбачається система димовідведення. З цією метою у кожній сходовій клітці встановлюють один вентилятор на припливній установці потужністю $P_П$***=10 кВт*** і один на витяжній установці потужністю $P_В$***=10 кВт***.

Розрахункове навантаження двигунів силових установок розраховують за формулою, ***кВт***:

$$P_{ДВ} = \left(P_П + P_В\right) \times n_{секц}, \tag{1.3}$$

де $n_{секц}$- кількість секцій у будинках 9 поверхів та вище.

Таблиця 1.2- Значення коефіцієнтів попиту ліфтових установок

Кількість ліфтових установок	**Коефіцієнт попиту для будинків висотою**	
	до 12 поверхів	**12 поверхів і вище**
2-3	0,8	0,9
4-5	0,7	0,8
6-7	0,6	0,7
8-10	0,5	0,6
11-20	0,4	0,5
понад 20	0,35	0,4

Загальне розрахункове навантаження житлового будинку визначають як суму освітлювального й силового навантаження, ***кВт***:

$$P_{жб} = P_{кв} \times \cos\varphi_{кв} + 0{,}9P_{л} \times \cos\varphi_{л} + P_{дв} \times \cos\varphi_{дв}\ , \tag{1.4}$$

де $\cos\phi_{кв}$, $\cos\phi_{л}$, $\cos\phi_{дв}$ - розрахункові значення коефіцієнтів потужності (табл. 1.3).

Таблиця 1.3- Значення коефіцієнтів потужності живильних ліній житлових будинків

Споживачі, підключені до живильних ліній	***Розрахункові значення коефіцієнтів потужності (***$\cos\phi$***)***
1. Квартири: *- з електричними кухонними плитами*	0,98
-з кухонними плитами на природному газі, скрапленому газі й твердому паливі	0,96
2. Насоси, вентилятори	0,85
3. Ліфти	0,6

Таблиця 1.4 – Розраховані навантаження житлових будинків

Номер на генплані	Розрахункове навантаження житла			Розрахункове навантаження обладнання			Навантаження житлового будинку
	Кількість квартир *n*, шт.	Питоме навантаження квартир, $P_{кв.пит.}$, кВт	Повне навантаження $P_{кв}$, кВт	Кількість ліфтів n_1/n_2, шт.	Розрахункове навантаження ліфтів, $P_{Л}$, кВт.	Розрахункове навантаження двигунів, $P_{ДВ}$, кВт	$P_{ЖБ}$, кВт
							∑***P***житл.газ.пл.
							∑***P***житл.ел.пл.

Розрахунок навантажень громадських і комунальних будинків
Навантаження громадських і комунальних будинків визначаємо за питомими навантаженнями на розрахунковий показник N:

$$P_{ГБ} = P_{пит} \times N\,, \qquad (1.5)$$

N – кількість громадських і комунальних будинків;

Розрахунок навантаження зовнішнього і внутрішньоквартального освітлення

Розрахункове навантаження внутрішньоквартального освітлення визначаємо так:

$$РКО = P_{ПКО} \times F, \qquad (1.6)$$

де $P_{ПКО}$*=1,2 кВт/га* – питоме навантаження внутрішньоквартального освітлення; F– площа мікрорайону, ***га***.

Розрахункове навантаження зовнішнього освітлення знаходимо так:

$$P_{ЗО} = P_{ПЗО} \times L, \qquad (1.7)$$

де $P_{ПЗО}$- питоме розрахункове навантаження зовнішнього освітлення (приймаємо ***8 кВт/км***);

L – довжина вулиць міського та загальноміського значення мікрорайону, ***км***.

Визначення потужності мікрорайону міста

Розрахункове навантаження мікрорайону визначаємо за формулою

$$P_{м.р.} = P_{max} + к_1 P_1 + к_2 P_2 + \ldots + к_n P_n\,, \qquad (1.8)$$

де P_{max} - найбільше з однорідних електричних навантажень; $P_1 \ldots P_n$ - інші розрахункові навантаження; $k_1 \ldots k_n$ - їхні коефіцієнти участі в максимумі навантажень (додаток 4).

Розрахункове навантаження мікрорайону з урахуванням

внутрішньоквартального і вуличного освітлення визначаємо так:

$$\sum P_{м.р.} = P_{м.р.} + K_{м.о.} P_{ЗО} + K_{м.о.} P_{ВО}\,, \tag{1.9}$$

де $K_{м.о.}$- коефіцієнт участі в максимумі для вуличного і внутрішньоквартального освітлення $K_{м.о.}$=1.0.

Таблиця 1.5

Назва будівлі (приміщення) з найбільшим розрахунковим навантаженням ↓	Житлові будинки з електроплитами	Житлові будинки з газовими плитами або на твердому паливі	Заклади громадського харчування – їдальні	Заклади громадського харчування – ресторани, кафе	Середні навчальні заклади	Загальноосвітні школи, ПТУ	Заклади адміністративного управління, фінансові, проектно-конструктор.	Торгові підприємства однозмінні	Торгові підприємства півтора- та двозмінні	Готелі	Перукарні	Дошкільні дитячі заклади	Поліклініки	Комбінати побутового обслуговування, ательє	Підприємства комунального обслуговування	Культові, видовищні заклади, кінотеатри
Житлові будинки з електроплитами	–	0,9	0,6	0,7	0,6	0,4	0,6	0,6	0,8	0,7	0,8	0,4	0,7	0,6	0,7	0,9
Житлові будинки з газовими плитами або на твердому паливі	0,9	–	0,6	0,7	0,5	0,3	0,4	0,5	0,8	0,7	0,7	0,4	0,6	0,5	0,5	0,9
Підприємства громадського харчування (їдальні, ресторани, кафе)	0,4	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,5
Школи, середні навчальні заклади, ПТУ, бібліотеки	0,5	0,4	0,8	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
Торгові підприємства одно-, півтора- та двозмінні	0,5	0,4	0,8	0,6	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
Установи управління, фінансові, адміністративні будинки підприємств та проектно-конструкторські організації	0,5	0,4	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,5
Готелі	0,8	0,8	0,6	0,8	0,4	0,3	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,4	0,7	0,5	0,7	0,9
Поліклініки	0,5	0,4	0,8	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
Ательє та комбінати побутового обслуговування	0,5	0,4	0,8	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	0,8	0,8
Культові, видовищні заклади, кінотеатри	0,9	0,9	0,4	0,6	0,3	0,2	0,2	0,8	0,7	0,7	0,8	0,2	0,4	0,4	0,5	–



Завдання:

1) Розрахувати навантаження житлових будинків заданого мікрорайону відповідно до власного завдання;
2) Розрахувати навантаження громадських і комунальних будинків;
3) Розрахувати навантаження зовнішнього та внутрішньоквартального освітлення;
4) Визначити потужність мікрорайону міста;
5) Нанести схему трасування електромереж житлових будинків на план;

№ варіанту (згідно номера у списку)	Номер будинку на плані міста	Кількість поверхів	Вид плит, що використовується населенням	Кількість секцій	К-сть квартир	Площа мікрорайону	Довжина вулиць міського значення
1-5	1	5	на природному газі	2	25	5	1,5
	2				30		
	3				40		
	4				45		
	6				50		
	7				50		
6-10	1	9	на зрідженому газі	3	25	4	2
	2				30		
	3				40		
	4				45		
	6				50		
	7				50		
11-15	1	12	твердому паливі	2	25	2	3
	2				30		
	3				40		
	4				45		
	6				50		
	7				50		
16-20	1	15	електричні	3	25	3	2,5
	2				30		
	3				40		
	4				45		
	6				50		
	7				50		

5 – кінотеатр; 8 – школа

Питання для обговорення:

1. Принципи розміщення інженерних мереж у межах мікрорайону.
2. Вибір оптимального варіанту розташування інженерних споруд.
3. Особливості проектування електричної силової мережі.
4. Методика визначення електричних навантажень для житлової забудови.

Фактори, що впливають на ефективність функціонування інженерної інфраструктури.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2
РОЗРАХУНКИ КІЛЬКОСТІ ПОВІТРЯ ДЛЯ ВЕНТИЛЯЦІЇ БУДІВЕЛЬ

Мета: Закріпити теоретичні знання щодо організації вентиляції виробничих та допоміжних приміщень; сформувати практичні навички визначення необхідної кількості повітря для забезпечення нормативних метеорологічних умов та допустимих концентрацій шкідливих речовин у повітряному середовищі.

У всіх виробничих та допоміжних приміщеннях необхідно передбачати вентиляцію. Під *вентиляцією* розуміють сукупність заходів та засобів, призначених для забезпечення на постійних робочих місцях та зонах обслуговування виробничих приміщень метеорологічних умов та чистоти повітряного середовища, що відповідають гігієнічним та технічним вимогам. Основне завдання вентиляції – вилучати із приміщення забруднене або нагріте повітря та подати свіже, тобто забезпечити в приміщеннях метеорологічні умови (температуру, відносну вологість та швидкість руху повітря), що відповідають нормативним вимогам, а також виключити можливість вмісту в повітрі шкідливих речовин, які перевищують гранично допустимі концентрації (ГДК).

Вентиляція може бути природною, штучною (механічна) та суміщена (природна та штучна одночасно).

Необхідна чистота повітря у виробничих приміщеннях може бути досягнута шляхом:

- удосконалення технологічних процесів та устаткування, в результаті чого виключається або зменшується виділення шкідливих парів, газів та пилу в повітря виробничих приміщень;
- використання ефективної та надійної вентиляції.

Мікрокліматичні (метеорологічні) умови – параметри температури, відносної вологості, швидкості руху повітря в робочій зоні або в зоні обслуговування та на постійних робочих місцях, встановлені відповідними нормами. В основу принципів нормування параметрів мікроклімату покладена диференційна оцінка цих величин в залежності від теплової характеристики виробничого приміщення, категорії робіт за ступенем важкості та періоду року (табл. 2.1).

Оптимальними (комфортними) мікрокліматичними умовами вважається такі умови, при яких має місце найвища працездатність і хороше самопочуття. Допустимі умови передбачають можливість напруженої роботи механізму терморегуляції, що не виходить за межі можливостей організму, а також дискомфортні відчуття.

Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень повинні дотримуватись:

- в холодний період року при всіх станах зовнішнього повітря від розрахунків параметрів А або Б (залежно від призначення систем вентиляції або кондиціонуванню повітря) до зовнішньої температури + 10 ^{0}С;
- в теплий період року при всіх станах зовнішнього повітря в межах температури + 10 ^{0}С і вище до розрахункових параметрів А для теплого періоду року.

Таблиця 2.1. Оптимальні та допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря у робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Категорія робіт	Температура, °С					Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
		оптимальна	допустима				оптимальна	допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більше, ніж	оптимальна, не більше, ніж	допустима на робочих місцях постійних і непостійних*
			верхня межа		нижня межа					
			на робочих місцях							
			постійних	непостійних	постійних	непостійних				
Холодний	Легка — Ia	22—24	25	26	21	18	40—60	75	0,1	Не більше ніж 0,1
	Легка — Iб	21—23	24	25	20	17	40—60	75	0,1	Не більше ніж 0,2
	Середньої важкості — IIa	18—20	23	24	17	15	40—60	75	0,2	Не більше ніж 0,3
	Середньої важкості — IIб	17—19	21	23	15	13	40—60	75	0,2	Не більше ніж 0,4
	Важка — III	16—18	19	20	13	12	40—60	75	0,3	Не більше ніж 0,5
Теплий	Легка — Ia	23—25	28	30	22	20	40—60	55 (при 28 °С)	0,1	0,1—0,2
	Легка — Iб	22—24	28	30	21	19	40—60	60 (при 27 °С)	0,2	0,1—0,3
	Середньої важкості — IIa	21—23	27	29	18	17	40—60	65 (при 26 °С)	0,3	0,2—0,4
	Середньої важкості — IIб	20—22	27	29	16	15	40—60	70 (при 25 °С)	0,3	0,2—0,5
	Важка — III	18—20	26	28	15	13	40—60	75 (при 24 °С)	0,4	0,2—0,6

Допустимі параметри повітря всередині виробничих приміщень для теплого періоду року обов'язкові для всіх параметрів А (середня температура о 13 год. найбільш теплого місяця) не перевищує +25 ^{0}С. В місцевостях, де температура зовнішнього повітря для параметрів А перевищує +25 ^{0}С (для важких робіт 23 ^{0}С), допустимі температури повітря в робочій зоні, подані в таблиці 2.2, відповідно до вимог санітарних норм допускається підвищувати (в теплий період року) при збереженні значень відносної вологості повітря:

- на 3 ^{0}С, але не вище 31 ^{0}С, в приміщеннях з незначними виділеннями навколишнього тепла;
- на 5 ^{0}С, але не вище 33 ^{0}С, в приміщеннях зі значними виділеннями надлишкового тепла;
- на 2 ^{0}С, але не вище 30 ^{0}С, в приміщеннях, в яких за умовами технологічного процесу необхідно штучно підтримувати температуру та відносну вологість повітря.

Незалежно від мікрокліматичних умов у робочій зоні виробничих приміщень вміст шкідливих речовин не повинен перевищувати ГДК.

2.2 Розрахункові параметри зовнішнього повітря

Вибір розрахункових параметрів повітря для проектування систем вентиляції, опалення та кондиціонування повітря проводиться залежно від призначення систем, а також від кліматичних умов за табл. 2.2.

При проектуванні природної та штучної (механічної) загально обмінної вентиляції, яка призначене для вилучення з приміщення надлишків тепла, вологості та інших шкідливих виділень (з ГДК Більше 100 *мг/м^3*), необхідно приймати розрахункові параметри А зовнішнього повітря з колонок 3 і 4 таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Розрахункові параметри зовнішнього повітря

Населений пункт	Розрахунковий барометричний тиск, мм. рт. ст.	Параметри А		Параметри Б		Параметри В	
		температура, °С	теплоємність, ккал/кг	температура, °С	теплоємність, ккал/кг	температура, °С	теплоємність, ккал/кг
1	2	3	4	5	6	7	8
Вінниця*	730	23 —10	12,2 —1,7	30,5 —21	12,9 —4,7	38 —38	16,7 —9,1
Дніпропетровськ*	745	26,5 —9	12,9 —1,3	32,3 —21	13,7 —4,8	38 —38	20,2 —9,1
Київ*	745	23,5 —10	12,5 —1,6	31,3 —21	13,3 —4,8	39 —32	16,9 —7,6
Кіровоград	745	25,8 —9	11,9 —1,3	31,9 —21	13,5 —4,7	38 —35	15,1 —8,3
Львів*	730	22,1 —7	11,9 —0,6	29,1 —16	12,7 —3,4	36 —34	16,9 —8,1
Луганськ	760	27,4 —11	12,5 —2	33,7 —22	13,6 —5	40 —42	14,7 —10,1
Миколаїв	760	27,8 —7	12,6 —0,6	33,4 —18	14,9 —4	39 —30	17,2 —7,1
Одеса*	760	24,9 —7	13,6 —0,6	30,5 —15	14,5 —3,1	36 —28	17,6 —6,6
Полтава*	745	24,8 —11	12,4 —1,9	31,4 —23	13,1 —5,2	38 —34	16,4 —8,1
Севастополь	760	25,9 —4	14,1 0,3	31 —9	15,2 —1,4	36 —22	16,2 —5
Сімферополь	730	26,5 —7	12,8 —0,7	32,3 —15	13,3 —3,2	38 —30	13,8 —7,1
Тернопіль	730	22,1 —9	11,6 —1,3	28,6 —18	13,2 —3,9	35 —32	14,8 —7,6
Ужгород*	745	24,2 —6	13 —0,3	30,6 —15	14 —3,1	37 —32	17,6 —7,6
Харків*	745	25,1 —11	12,6 —1,9	31,1 —23	13,5 —5,3	37 —35	18,2 —8,3
Херсон*	760	29 —6	13,8 —0,3	34,5 —18	14,3 —4	40 —31	17,8 —7,3

Чернігів*	745	23.2 — 10	12.2 —1.6	30.6 —22	І3 -5	38 —34	16.7 — 12
Ялта	760	26.4 —3	14,2 0.5	31.7 —8	15.7 —1.2	37 — 14	17,2 —2.8

Примітки: 1. Для кожного географічного пункту в першому рядку наведена температура в теплий період року, а в другому — в холодний.

2. В таблиці наведені наступні розрахункові параметри холодного періоду року для географічних пунктів:

А — розрахункова температура для проектування вентиляції і теплоємності повітря, яка відповідає цій температурі та середній відносній вологості повітря найбільш холодного місяця о 13 год:

Б — розрахункова температура для проектування опалення і теплоємності повітря, яка відповідає цій температурі та середній відносній вологості повітря найбільш холодного місяця о 13 год.;

В — абсолютна мінімальна температура і теплоємність повітря, яка відповідає цій температурі та середній відносній вологості повітря найбільш холодного місяця о 13 год.

При проектуванні загальнообмінної вентиляції, яка призначена для зменшення концентрації шкідливих газів та парів (при ГДК менше або дорівнює 100 *мг/м^3)*, або для компенсації повітря, яке вилучається місцевими відсмоктувачами і використовується технологічним устаткуванням (системи пневмотранспорту, повітря для горіння, сушки і т. д.), повинні прийматися розрахункові параметри зовнішнього повітря Б для холодного періоду року, а для теплого — А.

Для систем кондиціонування повітря, приймаються розрахункові параметри Б, як в холодний, так і в теплий періоди.

2.3. Вибір систем та способів вентиляції

Ефективність дії систем вентиляції та кондиціонування повітря залежить не

тільки від забезпечення необхідного повітрообміну, але й від схеми організації повітрообміну, тобто вибору зони вилучення та подачі необхідної кількості повітря.

Схеми вентиляції визначаються:

— специфікою виробничого приміщення;

— характером шкідливостей;

— місцем їх виділення;

— кратністю повітрообміну.

У виробничих приміщеннях при проектуванні загальнообмінної вентиляції можлива організація повітрообміну за такими схемами: зверху вниз, знизу вверх, зверху вверх, знизу вниз, а також і за змішаними схемами (рис. 4).

Схеми зверху вниз та зверху вверх доцільно застосовувати у випадку, коли припливне повітря в холодний період року має температуру нижчу від температури приміщення. Припливне повітря перш ніж досягти робочої зони нагрівається за рахунок повітря приміщення. Схему зверху вверх також застосовують, коли кратність повітрообміну не перевищує 5 і в приміщенні відсутні токсичні виділення. Схеми знизу вверх та знизу вниз рекомендується використовувати тоді, коли припливне повітря в холодний період року підігрівається і його температура вища від температури внутрішнього повітря.

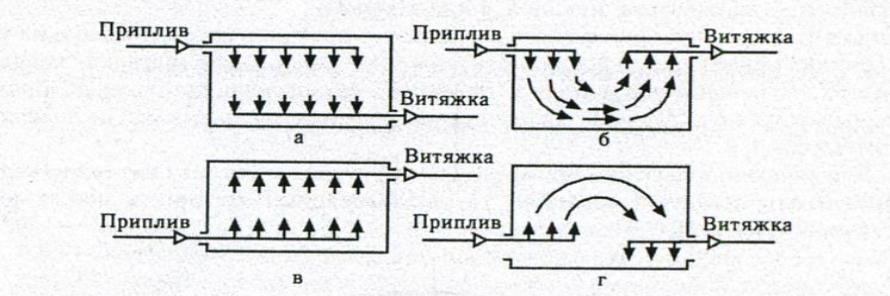


Рис. 4. Схема організації повітрообміну при загальнообмінній вентиляції:
а – зверху вниз; б – зверху вверх; в – знизу вверх; г – знизу вниз

Якщо у виробничих приміщеннях виділяються гази та пари з густиною, що перевищує густину повітря (наприклад пари кислот, бензину, гасу), то загальнообмінна вентиляція повинна забезпечити видалення 60% повітря з нижньої зони приміщення та 40% — з верхньої. Якщо густина газів менша за густину повітря, то видалення забрудненого повітря здійснюється у верхній зоні.

2.4. Природна вентиляція та її застосування

Природна вентиляція може бути неорганізованою і організованою. При неорганізованій вентиляції невідомі об'єми повітря, що надходять та видаляються із приміщення, а сам повітрообмін залежить від випадкових чинників (напрямку та сили вітру, температури зовнішнього та внутрішнього повітря), а тому допускається тільки в окремих випадках (наприклад об'єм приміщення на одного працюючого становить біль 40 $м^3$) при наявності вікон або вікон та ліхтарів і відсутності шкідливих виділень і речовин з неприємним запахом.

Організована природна вентиляція називається *аерацією.* Для аерації в стінах будівлі роблять отвори для надходження зовнішнього повітря, а на даху чи у верхній

частині будівлі встановлюють ліхтарі для виведення відпрацьованого повітря.

Аерація використовується в цехах (виробничих приміщеннях) із значними тепловиділеннями, якщо концентрація шкідливих речовин у припливному повітрі не перевищує 30% ГДК в робочій зоні.

Для регулювання припливного зовнішнього повітря в одно- та двопрольотних приміщеннях в теплий період року в зовнішніх стінах роблять отвори, що розташовані на висоті 0,3—1.8 *м* над підлогою. Припливні отвори дозволяється розміщувати в два ряди і більше у поздовжніх стінах будівлі, які повинні бути вільні від надбудов. Як припливні отвори також використовуються ворота, розсувні стіни та отвори у підлозі приміщень. Отвори для припливу зовнішнього повітря в холодний період року роблять у зовнішніх стінах, розташовуючи низ отворів у цехах (приміщеннях) висотою менше 6 *м* на висоті не менше 3 *м* над підлогою, а в приміщеннях висотою більше 6 *м* — на висоті не менше 4 *м* над підлогою.

Для регулювання припливного зовнішнього повітря в багатопрольотних цехах (виробничих приміщеннях) роблять отвори в зовнішніх стінах і ліхтарі в "холодних" прольотах, які повинні чергуватися з "гарячими", враховуючи, що "холодні" прольоти відокремлюються від "гарячих" спущеними зверху перегородками, які не доходять до підлоги на 2 - 4 *м.*

Для видалення повітря з приміщення, що регулює приплив і витяжку (аерація) встановлюють незадувні аераційні та світлоаераційні ліхтарі та шахти різних конструкцій (рис. 5).

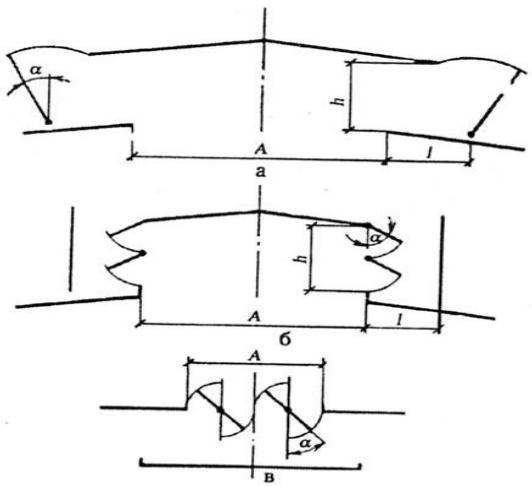


Рис. 5 . Схеми аераційних ліхтарів:
а – КТИС; б – П-видного з вітрозахисними панелями; в – щіличного

Витяжні канали систем аерації доцільно розташовувати у внутрішніх цегляних стінах (мінімальний переріз каналів становить 130х140 *мм),* у спеціальних вентиляційних блоках; у вигляді приставних та підвісних каналів біля внутрішніх стін, перегородок та перекритій. Мінімальна товщина перегородок у цегляних стінах між каналами одного призначення та зовнішніх стінок каналів становить 120 *мм.*

Розрахунок аерації зводиться до визначення необхідної площі припливних $F_{прил}$ та витяжних $F_{вит}$ аераційних отворів, що забезпечують необхідний повітрообмін.

Приклад розрахунку:

Дані:

$G_{прил} \rightarrow$ = 38000 кг/год.

$G_{вит} \leftarrow$ = 29000 кг/год.

h = 10

$t_{зовн}$ = 20 °С

$t_{вн}$ = 25 °С

m = 41 (враховує тип підприємства)

Площа припливних аераційних отворів у стіні визначається за формулою:

$$F_{прил} = \frac{G_{прил}}{3600\sqrt{\frac{2g\gamma_{зонв}}{\xi_1}\Delta p1}} \text{ (м}^2\text{)}, \qquad (2.1)$$

де $G_{прил}$ - необхідна кількість (за масою) повітря, яке знадходить в приміщення, *кг/год;*

g - прискорення вільного падіння, *м/с²* (g = 9,8 *м/с²);*

γ - питома вага зовнішнього повітря *(кг/м³),* визначається за формулою:

$$\gamma = \frac{353}{t + 273} \text{ (кг/м}^3\text{)},$$

$$t_{вид} = tзов + \frac{tвн - tзвн}{m} \text{ (кг/м}^3\text{)}$$

$$t_{вид} = 20 + \frac{25-20}{0.41} = 32{,}2 \text{ °С}$$

$$\gamma_{зовн} = \frac{353}{20 + 273} = 1{,}2 \text{ (кг/м}^3\text{)}$$

$$\gamma_{вид} = \frac{353}{32{,}2 + 273} = 1{,}16 \text{ (кг/м}^3\text{)}$$

де t - температура повітря, для якого визначається γ, °С;

ξ_1 - коефіцієнт місцевого опору припливних отворів (табл. 2.3);

Δp_1 – втрати тиску на прохід через припливні отвори (кг/м²), визначаються за формулою:

$$\Delta p_1 = \beta \Delta p \text{ (кг/м}^2\text{)}, \qquad (2.3)$$

де β – частина різниці тисків, яка витрачається на прохід повітря через припливні отвори (β = 0,1-0,4);

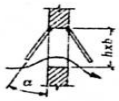
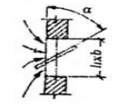
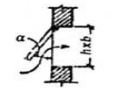
Δp – різниця тисків, які створює переміщення аераційного повітря через припливні та витяжні отвори (кг/м²).

$\Delta p_1 = h\ (\gamma_{зовн} - \gamma_{вид}) = 10 \cdot (1{,}2 - 1{,}16) = 0{,}4$ кг/м²

$\Delta p_1 = \beta \Delta p = 0{,}2\ \Delta p = 0{,}2 \cdot 0{,}4 = 0{,}08$ кг/м²

Таблиця 2.3

Характеристика припливних отворів та величини коефіцієнтів місцевого опору ξ припливних отворів

Стулка	Схема отвору	h/b	Кут відкривання отвору, α°				
			15	30	45	60	90
Одинарна верхньопідвісна		0 0,5 1	30,8 20,6 16	9,2 6,9 5,7	5,2 4 3,7	3,5 3,2 3,1	2,6 2,6 2,6
Одинарна середньопідвісна		0 1	59 45,3	13,6 11,1	6,6 5,2	3,2 3,2	2,7 2,4
Подвійна (обидві стулки верхньопідвісні)		0,5 1	30,8 14,8	9,8 4,9	5,2 3,8	3,5 3	2,4 2,4
Аераційні ворота		—	—	—	—	—	2,4

Таблиця 2.4

Характеристика джерел тепловиділення

Джерело тепловиділення	Число джерел, n	Геометричні розміри, м			Тепловиділення $Q_{т.в}$, тис. ккал/год.
		довжина, l	ширина, b	висота, h	
Піч камерна	5	3	4	2,5	280
Піч термічна	4	3,5	2	3	225
Піч методична	8	5	3	3	375
Прес	12	2	2	4,5	115
Місце зберігання продукції	12	2	2	1,5	275

Площа припливних аераційних отворів у стіні:

$$F_{прил} = \frac{G\text{прил}}{3600\sqrt{\frac{2g\gamma_{\text{зонв}}}{\xi_1}}\cdot \Delta p1} = \frac{38000}{3600\sqrt{\frac{2\cdot 9{,}8\cdot 1{,}2}{3{,}7}}\cdot 0{,}08} = 15 \ (м^2)$$

Площа отворів ліхтаря визначається за формулою:

$$F_{ліхт} = \frac{G\text{вит}}{3600\sqrt{\frac{2g\gamma_{\text{вид}}}{\xi_2}}\cdot \Delta p2} = \frac{29000}{3600\sqrt{\frac{2\cdot 9{,}8\cdot 1{,}16}{3{,}7}}\cdot 0{,}32} = 5{,}7 \ (м^2)$$

де ξ_2 – коефіцієнт місцевого опору ліхтаря (табл. 2,5);

Δp^2 – втрати тиску на прохід повітря через отвори ліхтаря (кг/м^2), визначається за формулою:

Таблиця 2.5

Характеристика аераційних ліхтарів та величини коефіцієнтів місцевого опору ξ отворів ліхтаря

Тип ліхтаря	A/h	l/h	α, °	ξ
Витяжний КТИС	4	1,1	40	4,3
Припливний П-видний без вітрозахисних панелей	3,3	—	35 70	12,2 6
Витяжний П-видний без вітрозахисних панелей	3,3	—	35 45 55	8,9 5,9 3,8
Витяжний П-видний з вітрозахисними панелями	3,3	1,5	35 45 55 70	11,5 9,2 7,1 5,8
Витяжний П-видний з вітрозахисними панелями	3,3	2	35 45 55	9,4 6,2 5,1
Витяжний П-видний з стулками на вертикальній осі і без вітрозахисних панелей	7,4 3,6 2,8	—	90	2,1 1,8 1,4
Витяжний П-видний з стулками на вертикальній осі з вітрозахисними панелями	7,4 3,6 2,8	1,5	90	4,2 4,1 3,7
Витяжний щілинний	—	—	45 75 90	4,3 3 2,8

$\Delta p_2 = \Delta p_{1,2} - \Delta p_1 = 0,4 - 0,08 = 0,32$ кг/м^2

Висновок: Площа припливних аераційних отворів у стіні 15 м^2, площа отворів ліхтаря 5,7 м^2. Втрати тиску на прохід повітря через отвори ліхтаря 0,32 кг/м^2.

Завдання:

Розрахувати площу припливних аераційних отворів у стіні, площу отворів аераційного ліхтаря та втрати тиску на прохід повітря через отвори ліхтаря за заданими параметрами виробничого приміщення. Сформуйте висновок.

Варіант	Необхідна кількість припливного повітря у приміщенні, $G_{прил}$ кг/год	Необхідна кількість витяжного повітря з приміщення, $G_{вит}$ кг/год	Висота виробничого приміщення, h, м	Температура зовнішнього повітря, $t_{зовн}$ °С	Температура внутрішнього повітря, $t_{вн}$ °С	Коефіцієнт, що враховує тип підприємства, m
1-5	35000	19000	12	15	20	0,35
6-10	32000	22000	14	17	21	0,18
11-15	35000	30000	22	25	30	0,22
16-20	19000	12000	18	10	12	0,18

Тип аераційного ліхтаря:

- для варіантів 1-10 – Витяжний П-видний з вітрозахисними панелями (l/h = 1,5; кут відкривання 45◦);
- для варіантів 11-20 – Витяжний КТИС;

Питання для обговорення:

1. Поняття вентиляції та її значення для забезпечення нормативних умов праці у приміщеннях.
2. Основні види вентиляції та сфери їх застосування.
3. Нормативні вимоги до параметрів мікроклімату та гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин у повітрі.
4. Методика розрахунку необхідної кількості повітря для вентиляції приміщень.
5. Вплив кратності повітрообміну на якість повітряного середовища та безпеку праці.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №3.
РОЗРАХУНОК РОЗПОДІЛЬЧОЇ ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ

Мета: Закріплення теоретичних знань щодо складу, класифікації та принципів функціонування систем водопостачання; формування практичних навичок розрахунку параметрів розподільчої водопровідної мережі з урахуванням вимог надійності, економічності та забезпечення нормативного водопостачання споживачів.

1. Теоретична частина

Системою водопостачання називається комплекс споруд для отримання (добування) води з природних джерел, її очистки (у випадку необхідності), транспортування й розподілу між споживачами. Таким чином, система водопостачання забезпечує механізований підйом і подачу води споживачам по системах трубопроводів. Іноді ці системи називаються просто водопроводами.

До складу водопостачальних систем входять такі елементи: водозабірні споруди; насосні станції; очисні споруди (при необхідності); водонапірні споруди і водопровідні мережі.

Системи водопостачання класифікуються: за кількістю населених пунктів, які система забезпечує водою, – групові та локальні; за ступенем централізації – централізовані, децентралізовані і комбіновані; за видом джерела води – системи з підземними, поверхневими та змішаними джерелами води; за способом подачі води – з механізованою подачею води, самотічні (гравітаційні) і комбіновані; за надійністю подачі води; за призначенням – господарсько-питні, виробничі, протипожежні та об’єднані; за конструкцією водопровідної мережі – розімкнуті (тупикові) і кільцеві.

Групові системи забезпечують водою декілька населених пунктів, а іноді й районів.

Локальні системи обслуговують один населений пункт або один об’єкт водоспоживання.

Централізовані – це системи водопостачання, які забезпечують водою всі об’єкти сільського населеного пункту з єдиної водопровідної мережі.

Децентралізовані – це системи, при яких окремі комунальні чи господарські одиниці забезпечуються водою відокремлено (незалежно від інших об’єктів).

Комбіновані – це системи, при яких окремі групи споживачів забезпечуються водою централізованою системою, а решта – окремими локальними системами.

Системи з ***підземним*** джерелом води використовують підземні води. Системи з ***поверхневим*** джерелом води – поверхневі води. У системах зі ***змішаними*** джерелами води одночасно застосовуються підземні і поверхневі води.

У системах з ***механізованою*** подачею вода подається за допомогою насосів.

Самотічні системи застосовуються у випадках, коли відмітка місця розташування водозабору перевищує відмітку території водоспоживання, внаслідок чого і створюється напір, за рахунок якого вода транспортується самотічно до споживачів.

У комбінованих за способом подачі води остання частково подається самотічно, а частково – механізовано.

За ***надійністю*** подачі води системи сільськогосподарського водопостачання належать до ***третьої категорії*** (при загальноприйнятих трьох категоріях), і в них допускаються перерви в подачі води до 1 доби.

За призначенням системи сільськогосподарського водопостачання є ***об'єднаними***, тобто з однієї і тієї ж системи, як правило, одночасно задовольняються потреби господарсько-питного, виробничого та протипожежного водопостачання.

Особливості систем сільськогосподарського водопостачання обумовлюються особливостями сільського побуту та сільськогосподарського виробництва:

1. Розосередженість водоспоживачів, яка пов'язана з веденням сільськогосподарського виробництва на великих земельних територіях, чим обумовлена значна розосередженість населених пунктів, різних господарських центрів по території землекористування. Крім того, споживачі води (люди, тварини, механізми та ін.) у певні періоди пересуваються по цій території. Такі обставини ведуть до збільшення дальності транспортування води, ускладнення експлуатації систем. При цьому слід врахувати, що об'єми споживання (витрат) води порівняно невеликі.

2. Нерівномірність споживання води обумовлена циклічністю чергування сільськогосподарських робіт у всіх видах сільськогосподарського виробництва. У кінцевому результаті це призводить до нерівномірного завантаження систем водопостачання, збільшення об'ємів регулюючих ємностей, відбивається на техніко-економічних показниках систем сільськогосподарського водопостачання.

2. Постановка завдання

Виконати гідравлічний розрахунок розподільчої водопровідної мережі із чавунних труб і знайти висоту водонапірної башти при таких вихідних даних:

1.Вузлові витрати води: $Q_1 = 2л/с$; $Q_2 = 3л/с$; $Q_3 = 5л/с$; $Q_4 = 2л/с$; $Q_5 = 4л/с$.

2.Питома шляхова витрата води: $q_{1-2} = 0,03л/(с \cdot м)$; $q_{4-5} = 0,02л/(с \cdot м)$

3.Довжина окремих ділянок трубопроводу: $l_{Б-1} = 200м$; $l_{1-2} = 100м$; $l_{2-3} = 300м$; $l_{1-4} = 200м$; $l_{4-5} = 100м$.

4. Відмітки поверхні землі відносно умовної рівневої площини у вузлових точках: $Z_Б = 100м$; $Z_1 = 97м$; $Z_2 = 97м$; $Z_3 = 96м$; $Z_4 = 98м$; $Z_5 = 99м$

5.Вільний напір води у вузлових точках повинен бути: $H_{вil1} = 8м$; $H_{вil2} = 6м$; $H_{вil3} = 8м$; $H_{вil4} = 8м$; $H_{вil5} = 6м$

6. Втрати напору в місцевих опорах прийняти – 10% від втрат напору по довжині трубопроводу

Розрахункова схема наводиться на рис. 6

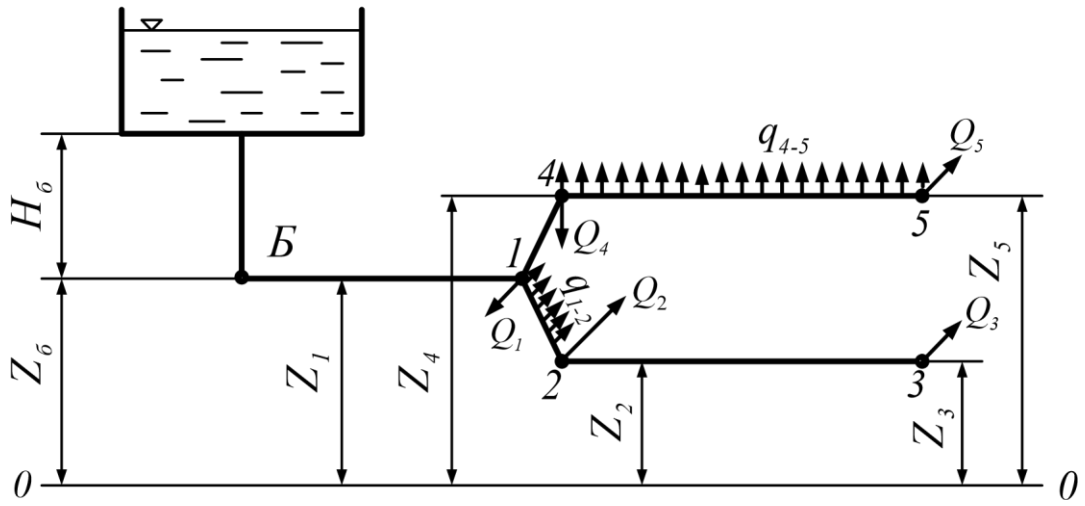


Рис. 6. Схема до розрахунку гідравлічно довгого трубопроводу.

3. Приклад розв'язку завдання

При розв'язанні завдання слід керуватися табл.1, яка в першу чергу є алгоритмом до розв'язання задачі а вже потім в неї вносяться дані вирахувань окремих показників.

Отже, намітивши ділянки трубопроводу згідно рис. записуємо їх в графу 1 табл.1. В графу 2 табл.1. записуємо довжину ділянок згідно з вихідними даними.

Транзитні витрати води (графа 3), які споживаються в кінці ділянки або на наступних ділянках вираховуються за формулою:

$$Q_{тр} = \sum_{1}^{n} Q_{вузл} + \sum_{1}^{n} Q_{ш}, \text{ а } Q_{ш} = q \bullet l$$

Наприклад для ділянки Б-1

$$Q_{Тр_{Б\text{-}1}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_{ш_{1\text{-}2}} + Q_{ш_{4\text{-}5}}.$$

Знайдемо

$Q_{ш1\text{-}2} = q_{1\text{-}2} \bullet l_{1\,2} = 0{,}03 \bullet 100 = 3л/с$;

$Q_{ш4\text{-}5} = q_{4\text{-}5} \bullet l_{4\,5} = 0{,}02 \bullet 100 = 2л/с$

Тоді

$\boldsymbol{Q_{ТрБ\text{-}1} = 2+3+5+2+4+3+2 = 21л/с}$

Транзитна витрата на ділянці 1-2: $Q_{Тр1\text{-}2} = Q_2 + Q_3 = 3+5 = 8л/с$

За таким же порядком вираховуються транзитні витрати води на інших ділянках.

Шляхова витрата води $Q_ш$ (графа 4) враховується тільки на тих ділянках де вона є, тобто на ділянках 1-2 і 4-5.

Приймаємо, раніш вирахуванні, значення $Q_{ш1\text{-}2} = 3л/с$ і $Q_ш 4\text{-}5 = 2л/с$ і вносимо їх в графу 4 табл.1.

На ділянках Б - 1; 2 - 3 і 1- 4 вона відсутня.

Розрахункову витрату води (графа 5) визначаємо за формулою .

$$Q_p = Q_{mp} + 0{,}5Q_ш$$

Згідно з цим , наприклад, на ділянці Б-1:

$$Q_{pБ\text{-}1} = Q_{TpБ\text{-}1} = 21 л/с;$$

на ділянці1-2:

$$Q_{p1\text{-}2} = Q_{Tp1\text{-}2} + 0{,}5Q_{ш1\text{-}2} = 8 + 0{,}5 \cdot 3 = 9{,}5 л/с.$$

Аналогічно виконуємо розрахунки і по іншим ділянкам. Діаметр трубопроводу (графа 6) визначаємо залежно від розрахункової витрати води Q_p.

Розрахунок діаметра трубопроводу: https://www.ter-en.com/ua/calculation/diametr_trub#dn

Переведення л/с в м³/год: https://www.convert-me.com/ru/convert/flow_rate_volume/liter_s/liter_s-to-m3_year.html?u=liter_s&v=9.5

Фактичну швидкість руху води (графа 7) визначаємо за формулою :

$$V = \frac{4Q_p}{\pi d^2}$$

Питомий опір трубопроводу А (с/м³)² (графа 8) приймаємо за матеріалами [табл. 3]. Поправочний коефіцієнт на швидкість β (графа 9) приймаємо за даними [табл. 4].

Втрати напору $h_в$, м (графа 10) вираховуються за формулою :

$$\boldsymbol{h_в = Al_pQ_p^2\beta,}$$

де $l_p = 1{,}1 \cdot l$, чим враховуються втрати напору в місцевих опорах, які згідно умови складають 10% від втрат напору по довжині трубопроводу.

Оскільки висота водонапірної башти визначається для кожної вузлової точки водопровідної мережі, то відповідно до цього необхідно знайти втрати напору від водонапірної башти до кожної з них (графа 11). Наприклад, втрати напору на ділянці від башти до точки 1 будуть:

$$\sum_{Б}^{1} h_{в_2} = h_{в_{Б\text{-}1}}, \quad \sum_{Б}^{2} h_{в_2} = h_{в_{Б\text{-}1}} + h_{в_{1\text{-}2}}$$ і т.д.

Висоту башти для кожної (***i***-тої) точки знаходимо за формулою:

$$H_{б_i} = H_{вільі} + \sum_{Б}^{i} h_в + (Z_1 - Z_б)$$

Будівельна висота башти приймається за найбільшим її значенням (в нашому прикладі точка 3). За даними [1], вона становить 12 м.

Для прийнятої будівельної висоти водонапірної башти вираховуємо п’єзометричну висоту стовпа води на початку і в кінці ділянок за формулою:

$$H_п = Z_δ + H_{Б_{буд}} - \sum_{Б}^{i} h_в .$$

Табл. 1. Результати розрахунку гідравлічно довгого водопроводу

Ділянки	l, м	Витрата, л/с			d, мм	V, м/с	A, $(с/м^3)^2$	β	$h_в$, м	$\sum_{Б}^{i} h_в$	$H_{бі}$, м	При $H_{б.буд}$=12м	
		$Q_{Тр}$	$Q_{Ш}$	$Q_{Р}$								$H_н$, м	
												На початку ділянки	В кінці ділянки
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Б-1	200	21	-	21	200	0,67	8,11	1,080	0,85	0,85	5,87	112	111,15
1-2	100	8	3	9,5	125	0,77	96,11	1,045	1,17	2,03	5,03	111,15	109,97
2-3	300	5	-	5,0	100	0,63	312,1	1,100	2,83	4,86	11,86	109,97	107,14
1-4	200	8	-	8,0	125	0,65	96,1	1,040	1,41	2,26	7,26	111,15	109,74
4-5	100	4	2	5,0	100	0,63	312,1	1,100	0,94	3,20	8,20	109,74	108,80

4.Самостійне завдання

Самостійно виконати гідравлічний розрахунок розподільчої водопровідної мережі згідно поставленого завдання за наступними варіантами – Таблиця 2, варіант вибирається по останній цифрі номера залікової книжки.

Таблиця 2 - Вихідні дані для виконання завдання

Вихідні дані	Номер варіанта									
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20
Q1, л/с	2	3	5	2	4	3	5	2	4	5
Q2, л/с	3	4	5	2	3	4	5	3	2	4
Q3, л/с	4	3	2	5	4	3	2	3	2	5
Q4, л/с	2	4	3	5	2	4	3	5	2	3
Q5, л/с	4	3	2	5	3	2	4	5	3	2
q_{1-2}, *л/(с)*	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,04	0,02	0,04	0,03	0,02
q_{4-5}, *л/(с)*	0,02	0,04	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02	0,02	0,03
$l_{б-1}$, *м*	100	200	400	300	400	200	100	150	200	250
$l_{1-2, м}$	200	100	300	100	150	250	150	300	200	100
$l_{2-3, м}$	100	200	400	300	400	200	100	150	200	250
$l_{1-4, м}$	200	100	300	100	150	250	150	300	200	100
$l_{4-5, м}$	100	200	400	300	400	200	100	150	200	250
$Z_{Б}$, *м*	100	99	98	96	94	90	91	92	93	94
$Z_{1, м}$	99	98	94	98	97	93	92	95	93	98

$Z_{2,\ м}$	96	93	92	96	97	93	94	95	92	96
$Z_{3,\ м}$	95	93	96	94	95	98	99	100	95	94
$Z_{4,\ м}$	99	98	94	98	97	93	92	95	93	98
$Z_{5,\ м}$	100	99	98	96	94	90	91	92	93	94
$H_{віл\ 1,\ м}$	8	6	7	8	6	7	8	6	7	8
$H_{віл\ 2,\ м}$	6	4	5	6	5	4	5	4	5	4
$H_{віл\ 3,\ м}$	8	7	6	6	7	5	7	6	5	6
$H_{віл\ 4,\ м}$	6	4	5	6	7	8	6	7	6	7
$H_{віл\ 5,\ м}$	8	5	8	9	7	3	5	8	5	6

Таблиця 3 - Модулі витрат K, $м^3/с$, і питомі опори A, $с^2/м^6$, для найбільш вживаних діаметрів труб з різних матеріалів у квадратичній області опору*

Умовний прохід D_y, мм	Матеріал труб				
	Ненові стальні	Ненові чавунні	Азбестоцементні тип 1, ВТ9	Пластмасові (ПВП тип СЛ)	Керамічні
50	0,0095 11080	—	—	0,0176 3228,3	0,012 6950
100	0,076 173,1	0,0566 312,1	0,0729 188,16	0,076 173,1	0,035 816,3
125	0,114 76,94	0,102 96,11	—	0,143 48,9	—
150	0,18 30,86	0,164 37,18	0,178 31,56	0,202 24,5	0,214 21,8
200	0,379 6,96	0,351 8,11	0,356 7,89	0,493 4,11	0,456 4,81
250	0,676 2,188	0,629 2,52	0,67 2,22	0,874 1,309	0,82 1,49
300	1,085 0,849	1,026 0,95	1,048 0,91	1,188 0,708	1,32 0,57
350	1,637 0,373	1,539 0,422	1,525 0,43	1,624 0,379	—
400	2,319 0,186	2,174 0,211	2,147 0,217	2,219 0,203	—
500	4,117 0,059	3,898 0,0658	3,753 0,071	3,978 0,0632	—

* В чисельнику наведені значення модулів витрати К

Таблиця 4 - Значення поправочних коефіцієнтів β в залежності від середньої швидкості руху V, м/с, для труб різного діаметра і з різних матеріалів

V, м/с	Матеріал труб					
	Нові стальні	Нові чавунні	Неонові стальні і чавунні	Азбестоцементні і залізобетонні	Пластмасові та скляні	Керамічні
0,2	1,244	1,462	1,41	1,308	1,439	1,55
0,4	1,113	1,226	1,20	1,158	1,230	1,20
0,6	1,057	1,115	1,115	1,082	1,123	1,09
0,8	1,021	1,047	1,06	1,034	1,052	1,034
1,0	1,000	1,000	1,03	1,000	1,000	1,000
1,2	0,986	0,965	1,0	0,974	0,960	0,977
1,4	0,972	0,938	1,0	0,953	0,926	0,961
1,8	0,958	0,899	1,0	0,922	0,876	0,94
2,2	0,946	0,871	1,0	0,900	0,837	0,926
2,6	0,937	0,851	1,0	0,883	0,806	0,916

ПРАКТИЧНА РОБОТА №4.
ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ВИТРАТ ВОДИ ВОДОПРОВОДУ. РОЗРАХУНОК УМОВ ВОДОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ

Мета: Закріплення теоретичних знань щодо норм водоспоживання та нерівномірності витрат води; формування практичних навичок визначення розрахункових витрат води та оцінки умов водопостачання населеного пункту з урахуванням коефіцієнтів нерівномірності споживання.

1. Теоретична частина

Нормою витрати води або нормою водоспоживання називається кількість води, що витрачається даним споживачем за певний проміжок часу, або кількість води, необхідне для виробництва одиниці якої-небудь продукції, - питома норма водоспоживання.

Споживання води населенням, підприємствами і різними іншими споживачами відбувається нерівномірно як протягом року, так і протягом більш коротких відрізків часу - діб і годин.

Нерівномірність споживання води характеризується величиною так званого коефіцієнта нерівномірності. Нерівномірність споживання води протягом року враховується величиною коефіцієнта добової нерівномірності

$$K_{доб} = \frac{Q_{макс.доб}}{Q_{сер.доб}}$$

де *Qмакс.доб* – максимальна добова витрата на рік;

Qсер.доб – середня добова витрата за рік.

Нерівномірність споживання води протягом доби враховується величиною коефіцієнта годинної нерівномірності (*Кгод.*):

$$K_{год} = \frac{Q_{макс.год}}{Q_{сер.год}}$$

де *Qмакс.год* – максимальна годинна витрата, що спостерігається протягом доби;

Qсер.год. – середня годинна витрата за добу.

Норми водоспоживання і коефіцієнти нерівномірності витрати води для різних категорій споживання наведені в таблиці 1.

Водопровідна мережа й усі споруди системи водопостачання повинні бути розраховані на кількість води, що подається місту й промисловим підприємствам протягом доби за умови можливого найбільшого споживання під потрібним тиском.

Розрізняють такі характерні витрати води, які відповідають основним категоріям споживачів: на господарсько-питні потреби населення міста; на комунальні потреби міста; для промислових підприємств; на пожежогасіння.

Таблиця 1. – Норми водоспоживання для міст та селищ

Характер обладнання санітарно-технічними пристроями	Водоспоживання на одного мешканця, л/добу
	середньодобова (за рік)
Внутрішній водопровід, каналізація та централізоване гаряче водопостачання	230-350
Внутрішній водопровід, каналізація та ванни з газовими колонками	160-230
Внутрішній водопровід і каналізація без ван	125-160

Значення коефіцієнтів годинної нерівномірності											
Кількість мешканців, тис. чол.	1	1,5	2,5	4	6	10	20	50	100	300	1000 і більше
$\beta_{макс}$	2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,15	1,1	1,05	1
$\beta_{мін}$	0,1	0,1	0,1	0,2	0,25	0,4	0,5	0,6	0,7	0,85	1

4.1 Визначення витрати води на господарсько-питні потреби населення міста

При встановленні витрати води на господарсько-питні потреби населення необхідно визначити кількість населення міста:

$$N = F \cdot P, \text{ чол},$$

де F – площа частини міста з тією чи іншою щільністю населення, га; P – густота населення, чол/га.

Розрахункову (середню за рік) добову витрату води на господарськопитні потреби населення міста визначають за формулою

$$Q_{сер.доб} = \frac{N \times q_{ж}}{1000}, \qquad \text{м}^3/\text{д}$$

де $q_{ж}$ - норма водоспоживання; N – кількість населення у місті, чол.

Розрахункова витрата води на добу найбільшого та найменшого водоспоживання

$$Q_{макс.доб} = K_{макс.доб} \cdot Q_{сер.доб};.$$

$$Q_{мін.доб} = K_{мін.доб} \cdot Q_{сер.доб.}$$

Коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання, що враховує уклад життя населення, режим роботи підприємства, ступінь благоустрою будівлі, зміну водоспоживання міста по сезонах і днях тижня, необхідно

приймати рівним $K_{макс.доб} = 1{,}1 \div 1{,}3$; $K_{мін.доб} = 0{,}7 \div 0{,}9$

$$Q_{макс.год} = K_{макс.год} \times \frac{Q_{макс.доб}}{24}$$

$$Q_{мін.год} = K_{мін.год} \times \frac{Q_{мін.доб}}{24}$$

$$K_{макс.год} = \alpha_{макс} \times \beta_{макс}$$

$$K_{мін.год} = \alpha_{мін} \times \beta_{мін}$$

де α - коефіцієнт, що враховує ступінь благоустрою будівель, режим роботи підприємств та інші місцеві умови, приймають: $\alpha_{макс} = 1{,}2 \div 1{,}4$; $\alpha_{мін} = 0{,}4 \div 0{,}6$; β – коефіцієнт, що враховує кількість жителів у населеному пункті, приймають за табл. 1

Максимальна секундна витрата води

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

4.2 Визначення витрати води на господарсько-питні потреби промислового підприємства

Максимальна добова витрата води на господарсько-питні потреби промислових підприємств визначають з виразу

$$Q_{макс.доб} = \left(q_г \cdot n_г^{/} + q_x \cdot n_x^{/}\right) + \left(q_г \cdot n_г^{//} + q_x \cdot n_x^{//}\right) + \left(q_г \cdot n_г^{//} + q_x \cdot n_x^{//}\right), \text{ л}$$

де $q_г$ та q_x – відповідно норми водоспоживання на одного робочого (л за зміну)в цехах із значним тепловиділенням (в гарячих цехах) та в інших цехах (холодних цехах), рівні $q_г = 45$ л та $q_x = 25$ л;

$n_г^{/}$, $n_г^{//}$, $n_г^{///}$ – кількість робочих у першій, другій і третій змінах, які працюють на підприємстві в гарячих цехах;

$n_x^{/}$, $n_x^{//}$, $n_x^{///}$ – кількість робочих у першій, другій і третій змінах, які

працюють на підприємстві у холодних цехах;

Підставляючи $q_г$ = 45 л та $q_х$ = 25 л у попереднє рівняння і виражаючи витрату у м3 , одержуємо

$$Q_{макс.доб} = [0.045\left(n_г^{/} + n_г^{//} + n_г^{///}\right) + 0.025\left(n_х^{/} + n_х^{//} + n_х^{///}\right)]$$

Кількість робітників у кожній зміні та розподіл їх по гарячих і холодних цехах приймають за даними підприємства або на підставі існуючих проектів, цих підприємств. При відсутності тих або інших даних, але відомій кількості робітників можна взяти такий розподіл працюючих по змінах:

I зміна - 40-45% всієї кількості працюючих;

II і III зміна - 30-35% всієї кількості працюючих.

Розподіл кількості працюючих в гарячих та холодних цехах приймають залежно від характеру технологічного процесу підприємства. Витрата води за окремими змінами визначають за формулами:

I –а зміна $Q^{/}_{зм} = \left(0{,}045 \cdot n_г^{/} + 0{,}025 \cdot n_х^{/}\right)$, м^3

II-а зміна $Q^{//}_{зм} = \left(0{,}045 \cdot n_г^{//} + 0{,}025 \cdot n_х^{//}\right)$, м^3

III-я зміна $Q^{///}_{зм} = \left(0{,}045 \cdot n_г^{///} + 0{,}025 \cdot n_х^{///}\right)$, м^3

Норми витрати і коефіцієнти нерівномірності споживання води на господарсько-питні потреби промпідприємств відносяться до роботи однієї зміни, тому що максимальну годинну витрату води слід обчислювати для усіх змін.

Величини максимальних годинних витрат для окремих змін обчислюють за формулами:

I-а зміна $Q_{макс.год} = \dfrac{\left(0{,}045 \cdot n_г^{/} \cdot K_г + 0{,}025 \cdot n_х^{/} \cdot K_х\right)}{t_{зм}}$, м^3/д

II-а зміна $Q_{макс.год} = \dfrac{\left(0{,}045 \cdot n_г^{//} \cdot K_г + 0{,}025 \cdot n_х^{//} \cdot K_х\right)}{t_{зм}}$, м^3/д

III-я зміна $Q_{макс.год} = \dfrac{\left(0{,}045 \cdot n_г^{///} \cdot K_г + 0{,}025 \cdot n_х^{///} \cdot K_х\right)}{t}$, м^3/д

де Кг і Кх - коефіцієнти годинної нерівномірності відповідно у гарячих та холодних цехах згідно з, $K_г$ = 2,5; $K_х$ = 3;

$t_{зм}$ - тривалість робочої зміни у годинах.

Максимальна секундна витрата води

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

Завдання до практичної роботи

Завдання 1. Визначити максимальну добову витрату (середня за рік) для житлового мікрорайону міста, а також добу найбільшого та найменшого водоспоживання.

Таблиця 1

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25
Площа житлової забудови мікрорайону *F*, га	180	160	130	200	150
Ступінь благоустрою житлових будинків ($_{табл\ 2}$)	5	1	4	3	2
Густота населення *P*, чол./га	400	330	380	450	440
Число поверхів житлової забудови	8	5	8	12	12

Таблиця 2

№	Ступінь благоустрою житлових будинків
1	Житлові будинки квартирного типу з водопроводом, каналізацією та газопостачанням (160 л/чол. на добу)
2	Те ж, з ваннами та газовими нагрівачами (200 л/чол. на добу)
3	Те ж, із швидкодіючими газовими водонагрівачами з багато крапковим водорозбіром (230 л/чол. на добу)
4	Те ж, з централізованим гарячим водопостачанням, обладнані умивальниками, мийками, душами (350 л/чол. на добу)
5	Те ж, з сидячими ваннами, обладнаними душами (240 л/чол. на добу)

Завдання 2. Визначити витрату води на господарсько-питні потреби робітників на промисловому підприємстві. Вихідні дані для вирішення задачі наведені в табл.

Вихідні дані	Номери варіантів				
	1-5	6-10	11-15	16-20	21-25
Кількість робітників на підприємстві, чол.	1000	6000	2000	5340	7800
У гарячих цехах	600	1500	1280	3500	4900
У I зміну, чол.	480	500	640	2400	2690
У II зміну, чол.	120	500	360	800	1310
У III зміну, чол.	–	500	280	300	900
У холодних цехах	400	4500	720	1840	2900

У I зміну, чол.	300	2800	450	1000	1680
У II зміну, чол.	100	1000	150	600	880
У III зміну, чол.	–	700	120	240	340

Питання для обговорення:

1. Поняття норми водоспоживання та питомої норми витрати води.
2. Фактори, що впливають на нерівномірність споживання води протягом року, доби та години.
3. Коефіцієнти добової та годинної нерівномірності водоспоживання.
4. Методика визначення розрахункових витрат води для населеного пункту.
5. Вплив розрахункових витрат на вибір параметрів системи водопостачання.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №5
РОЗРАХУНОК ВОДОНАПІРНОЇ БАШТИ

Мета: Закріплення теоретичних знань щодо призначення та принципів роботи водонапірної башти; формування практичних навичок визначення регулюючого об'єму та об'єму недоторканного запасу води з урахуванням нерівномірності водоспоживання та режиму роботи насосної станції.

1. Теоретична частина

Об'єм баку водонапірної башти визначається відповідно до формули

$$W_{б\,ВБ} = W_{рег} + W_{НЗ}, \text{ м}^3$$

де $W_{рег}$ - регулюючий об'єм баку, м^3;
$W_{НЗ}$ - об'єм недоторканного запасу води, м^3.

Регулюючий об'єм баку водонапірної башти призначений для регулювання нерівномірності водоспоживання, тобто різниці між подачею води до башти та забору води з неї (водоспоживанням). Якщо подача води перевищує водоспоживання - вода надходить до баку башти, при підвищенні водоспоживання - вода з баку поступає до мережі.

Регулюючий об'єм баку визначається за графіком нерівномірності водоспоживання та графіком режиму роботи НС-II.

Найчастіше регулюючий об'єм баку водонапірної башти приблизно дорівнює наступному:

$W_{рег} = 0{,}1Q_{розр}$

де $Q_{розр}$ – добові розрахункові витрати води всіх водоспоживачів системи водопостачання, яка розглядається.

Недоторканий запас води баку водонапірної башти складається з двох величин

$$W_{НЗ} = W_{НПЗ} + W_{НЗ\,г-п}, \text{м}^3,$$

де $W_{НПЗ} = \dfrac{(Q_{пожс}^{одна\,вн.(max)} + Q_{пожс}^{одна\,зовн.(max)}) \cdot \tau \cdot 60}{1000}$ - запас води, необхідний на τ = 10 хвилин гасіння пожежі, поки не включаться до роботи пожежні насоси – підвищувачі, що забезпечать подачу пожежних витрат води в мережу

$Q_{пожс}^{одна\,вн.(max)}$ - максимальні витрати води на внутрішнє пожежогасіння однієї пожежі (в населеному пункті або на промисловому підприємстві), л/с;

$Q_{пожс}^{одна\,зовн.(max)}$ - максимальні витрати води на зовнішнє пожежогасіння (в

населеному пункті або на промисловому підприємстві), л/с;

$$W_{НЗ\ г-п} = \frac{(Q_{max\ год} - q_{душ}^{в\ max\ годину}) \cdot \tau}{60}$$ - запас води, що необхідний на потреби населеного пункту та промислового підприємства в годину максимального водоспоживання (без урахування витрат води на прийняття душу працівниками на підприємстві) протягом τ = 10 хвилин, м^3;

$Q_{max\ год}$ - розрахункові максимальні годинні витрати води для всіх водоспоживачів населеного пункту та промислового підприємства, м^3/год;

$q_{душ}^{в\ max\ годину}$ - витрати води на прийняття душу в годину максимального водоспоживання, якщо вона припадає на цей час, м^3/год.

При заборі води на зовнішнє пожежогасіння будівлі від водоймища, та необхідності влаштування об’єднаного протипожежного водопроводу, об'єм води для НПЗ визначається із умови роботи одного пожежного крана протягом однієї години при звичайних витратах води на господарчо-питні та виробничі потреби.

У населених пунктах сільської місцевості у баках водонапірних башт зберігається запас води на 3 години гасіння пожежі.

Для водонапірної башти підприємства та населеного пункту при ньому, протипожежний запас води слід приймати по найбільшим витратам її або на підприємстві, або у населеному пункті.

Регулюючий об'єм баку башти може визначається на основі аналізу графіків водоспоживання та роботи насосної станції. На рис.5.1 показані сумісні графіки водоспоживання та режиму роботи насосної станції.

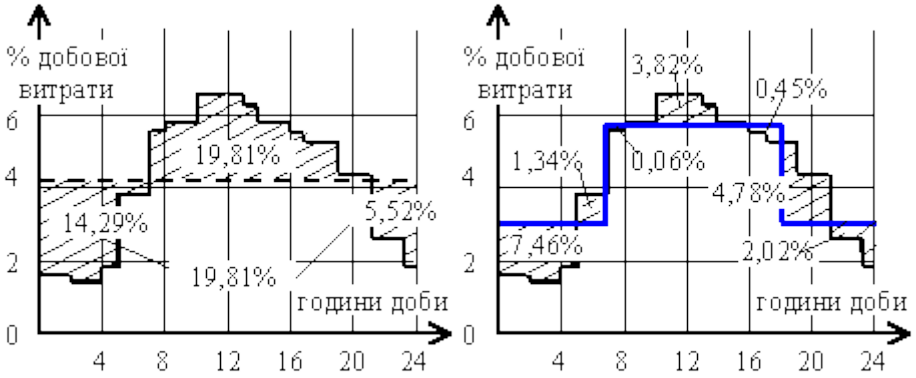


Рис. 5.1 - Графіки для визначення регулюючого об’єму баку водонапірної башти:

а) при рівномірній роботі насосної станції;

б) при нерівномірній роботі насосної станції.

Визначимо величину регулюючого запасу для різних режимів роботи насосної станції (рівномірного та нерівномірного). Необхідні дані заносимо до

таблиці 5.1.

При заповненні таблиці 5.1 необхідно враховувати наступне:

- колонка 1 “Години доби” складається з опису кожного часу доби, починаючи з “0-1”, закінчуючи “23-24”;
- колонка 2 заповнюється згідно з графіком водоспоживання в населеному пункті;
- колонки 3 та 7 заповнюються згідно з графіком роботи насосної станції;
- колонки 4 та 5 заповнюються одночасно. Якщо водоспоживання (колонка 2) в годину, яка розглядається, перебільшує подачу насосної станції (колонка 3), тоді недостатня кількість води забирається з баку – тобто результат заноситься в 5 колонку, при цьому колонка 4 залишається вільною; якщо водоспоживання (колонка 2) в годину, яка розглядається, менше подачі насосної станції (колонка 3), тоді надлишок води поступає до баку – тобто результат заноситься в 4 колонку, а вільною залишається колонка 5;
- колонку 6 починають заповнювати виходячи з припущення, що бак до години 0 - 1 був порожнім. Потім до визначеного об’єму баку додається кількість води, якщо у наступному рядку є значення в колонці 4, або віднімається від попереднього об’єму, якщо значення є в колонці 5;
- колонки 8 та 9 заповнюються одночасно. Якщо водоспоживання (колонка 2) в годину, яка розглядається, перебільшує подачу насосної станції (колонка 7), тоді недостатня кількість води забирається з баку – тобто результат заноситься в 9 колонку, при цьому колонка 8 залишається вільною; якщо водоспоживання (колонка 2) в годину, яка розглядається, менше подачі насосної станції (колонка 7), тоді надлишок води поступає до баку – тобто результат заноситься в 8 колонку, а вільною залишається колонка 9;
- колонку 10 починають заповнювати виходячи з припущення, що бак до години 0 - 1 був порожнім. Потім до визначеного об’єму баку додається кількість води, якщо у наступному рядку є значення в колонці 8, або віднімається від попереднього об’єму, якщо значення є в колонці 9.

За результатами розрахунку з таблиці 5.1 із колонок 6 та 10 вибираються по два числа:

- найбільше позитивне - max "+";
- найбільше за модулем негативне - max "-".

Тоді, регулюючий об'єм баку башти визначається

$$W_{рег} = \frac{K \cdot Q_{розр}}{100}, \text{ м}^3,$$

де К=|max "+"| + |max "-"| - коефіцієнт, що складається з чисел, які визначені за результатами таблиці 5.1, але взяті за модулем;

$Q_{розр}$ – добові розрахункові витрати води всіх водоспоживачів системи

водопостачання, яка розглядається.

Таблиця 5.1 - Визначення регулюючої ємності бака водонапірної башти.

Години доби	Водоспоживання в населеному пункті, % від добового	Рівномірна робота насосів				Нерівномірна (ступінчата) робота насосів			
		Подача насосної станції, % від добового	Подача води до баку, %	Забір води з баку, %	Залишок у баку, %	Подача насосної станції, % від добового	Подача води до баку, %	Забір води з баку, %	Залишок у баку, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

У відповідності до табл. 5.1, визначають регулюючу ємність баку башти в залежності від добових витрат води при рівномірній роботі насосної станції, та при нерівномірній її роботі.

Визначивши необхідну ємність баку, по таблиці 5.2 вибирають **типовий проект водонапірної башти**.

Таблиця 5.2 - Основні дані типових водонапірних башт.

Типовий проект	Кількість баків	Ємність баку, $м^3$	Висота розміщення баку, (напір), м
4-18-664	3	100,200,300	28,32,36
901-5 12/70	1	500	41
901-5 26/70	1	300	21,24,30,36,42
901-5 28/70	1	800	24,30,36
901-5 14/70	1	15	6,9
901-5 9/70	1	150	18,24
901-5 20/70	1	12	9,12,15,18,21

901-5 21/70	1	50	9,12,15,18,21,24,27,2
901-5 22/70	1	100	9,12,15,18,21,24
901-5 23/70	1	200	9,12,15,18,21,24
901-5 24/70	1	300	15,18,21,24,30
901-5 25	1	500	15,18,21,24,30
901-5 13/70	1	15	6,9
901-5 15/70	1	25	12
901-5 16/70	1	50	18

Водонапірні башти виконують із залізобетону, металу, цегли та інше. Дерев'яні башти застосовують на об'єктах тимчасового призначення, у сільській місцевості, при невеликих обсягах води у баці. Висота башт – до 40 м (до дна баку), ємність – до 800 м^3, кількість баків на башті: 1, 2, 3 (при кількості баків більше одного є можливість обслуговувати системи водопостачання із різноманітним тиском).

Знаючи об'єм типового баку водонапірної башти, визначають його ***діаметр***

$$D_{б\ ВБ} = 1,2\sqrt[3]{W_{б\ ВБ}^{типовий}}, \text{ м},$$

де $W_{б\ ВБ}^{типовий}$ - об'єм баку типової водонапірної башти, м^3.

Знаючи діаметр типового бака, визначають ***його висоту***

$$H_{б\ ВБ} = \frac{4W_{б\ ВБ}^{типовий}}{\pi (D_{б\ ВБ})^2}, \text{ м}.$$

2. Завдання

Визначити параметри баку водонапірної башти (регулюючу ємність, об'єм, діаметр та його висоту) для водопостачання заданого об'єкту зі вказаними параметрами.

Варіант	$Q_{розр}$, м^3/добу	$Q_{пож}^{одна\ вн.(max)}$, л/с	$Q_{пож}^{одна\ зовн.(max)}$ л/с	$Q_{max\ год}$ м^3/год	$Q_{душ}^{в\ max\ годину}$ м^3/год
1-5	1840	56	116	80	25
6-10	1220	80	128	60	35

11-15	1380	68	192	40	30
16-20	2100	90	132	96	28
21-25	1980	52	105	90	32

Питання для обговорення:

1. Призначення та конструктивні елементи водонапірної башти.
2. Поняття регулюючого об’єму та об’єму недоторканного запасу води.
3. Нерівномірність водоспоживання та її вплив на визначення об’єму баку.
4. Методика визначення регулюючого об’єму за графіками водоспоживання та режиму роботи насосної станції II підйому.
5. Вимоги до надійності та безперебійності роботи системи водопостачання при використанні водонапірної башти.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №6
РОЗРАХУНОК СХЕМ ЗЛИВНОЇ КАНАЛІЗАЦІЇ

Мета: Визначення розрахункової витрати дощового стоку і підбір діаметру колектора дощової каналізації.

Організація поверхневого стоку з території міської вулиці (дороги)

Проектування водовідвідних систем і споруд на міських вулицях і дорогах слід проводити виходячи з місцевих природних умов, архітектурно-планувальних і санітарно-гігієнічних умов у комплексному взаємозв'язку з рішенням інженерної підготовки, благоустрою та інфраструктури населеного пункту у відповідності до ДБН. В містах повинна бути влаштована закрита система поверхневого водовідведення з двостороннім розміщенням зливоприймальних колодязів на проїжджій частині вулиць і доріг.

Дотримання вимог до найменших величин поздовжніх уклонів вулиць (для асфальтобетонних покриттів 5 ‰), рекомендованих поперечних уклонів для проїжджої частини (20 ‰) та тротуарної частини (15 ‰) забезпечить необхідний водотік вздовж лотків магістралі.

Середню довжину вільного пробігу води від водорозділу басейну збору до першого зливоприймального колодязя слід приймати згідно ДБН, м:

Магістральні вулиці і дороги: безперервного руху	100-150
регульованого руху	150-200
Вулиці та дороги місцевого значення	200-250
Проїзди	150

Для вирішення проблеми водовідведення з поверхні території вулиць передбачають конструктивне розміщення зливоприймальних споруд, які розміщують в лотках проїжджої частини, за такими принципами:

- забезпечують відведення стоку з локальних найнижчих точок;
- забезпечують перехват поверхневого стоку перед перехрестями (доцільно перед смугами пішохідного руху зі сторони притоку води);
- забезпечують перехват поверхневого стоку на проїжджій частині вулиць і доріг перед виїздами з мікрорайонів, кварталів, дворів;
- також необхідно передбачити перехват поверхневого стоку на самих виїздах, щоб не допустити витікання потоку води на проїжджу частину.

Решту зливоприймальних споруд при ширині вулиці до 30 м і відсутності притоку дощової води з привуличної території розміщають конструктивно на відстанях в залежності від поздовжнього уклону ділянки вулиці (слід виключити з цього ряду ділянки локальних найвищих точок) за такими даними.

При уклоні ділянки вулиці до 4 ‰ прийняти відстань 50,0 м; при уклоні в межах 4-6 ‰ – 60 м, при 6-10 ‰ – 70 м; при 10-30 ‰ – 80 м; при уклоні більше 30 ‰ – 90 м.

При ширині вулиці понад 30,0 м та при поздовжньому уклоні більше 30 ‰ відстань між зливоприймальними колодязями повинна бути не більше 60,0 м.

Примітка. У випадку, коли до проїжджої частини вулиці примикає в'їзд на привуличну територію з уклоном в бік забудови, слід передбачати влаштування утопленого бордюрного каменю висотою 0,07-0,10 м, для гарантування направлення дощового потоку вздовж проїжджої частини у випадку можливого виходу з ладу попереднього зливоприймального колодязя.

Розміщення оглядових колодязів, розміри в плані колодязів дощової каналізації, діаметри водостічних гілок повинні прийматись у відповідності до рекомендацій статей 6.4-6.6 ДБН.

При проектуванні вулиць, доріг і площ слід передбачати можливість проведення заходів з прибирання снігу.

ПРИКЛАД.

Вихідні дані:

Категорія вулиці – магістраль безперервного руху.

Площа басейну водозбору F = 10 га.

Процент асфальтованої поверхні, щебеневого покриття, ґрунтового та поверхні, зайнятої озелененням, приймається наступним:

40 % – асфальтобетонне покриття;

20 % – щебеневе;

30 % – газони;

10 % – ґрунт.

Коефіцієнт (Z), який характеризує поверхню басейна стоку:

Z = 0,275 – для асфальтованої поверхні;

Z = 0,125 – для щебневої поверхні;

Z = 0,09 – для грунтової поверхні;

Z = 0,04 – газони.

Вільний пробіг води (L) приймаємо 100 м.

Для визначення діаметру водостоку необхідно визначити розрахункову витрату води.

$$Q = Z_{сер} \cdot F \cdot q_{20}, \text{ л/с},$$

де $Z_{сер}$ – середнє значення коефіцієнта, який характеризує поверхню басейна стоку;

F – площа басейна;

q – розрахункова інтенсивність дощу;

Q – розрахункові витрати води.

Визначаємо середнє значення коефіцієнта $Z_{сер}$ на території басейна стоку.

$$Z_{сер} = \frac{0{,}275 \cdot 40\% + 0{,}125 \cdot 20\% + 0{,}04 \cdot 30\% + 0{,}09 \cdot 10\%}{100\%} = 0{,}156.$$

Далі потрібно визначити розрахункову тривалість дощу:

$$T = t_к + t_п,$$

де $t_к$ – час концентрації дощу, приймаємо 10 хв.;

$t_п$ – час пробігу води від водорозділу до першого дощоприймального колодязя.

$$t_n = \frac{L}{V},$$

де L – вільний пробіг води;

V – швидкість води (визначається за таблицями в залежності від поздовжнього уклону).

При уклоні і = 10 ‰ V = 0,9 м/с = 54 м/хв.

$$t_n = \frac{100\,м}{54\,м/хв} = 2 \text{ хв.}$$

Отже, Т = 10 + 2 = 12 хв.

Розрахункова інтенсивність дощу (q_{20}) визначається за табл.1 в залежності від періоду однократного перевищення розрахункової інтенсивності (Р), в роках.

Р = 0,33…0,5 – для житлових вулиць;

Р = 1…2 – для магістралей районного значення;

Р = 3…5 – для магістралей загальноміського значення регульованого руху;

Р = 5…10 – для магістралей загальноміського значення безперервного руху.

Для даного прикладу q_{20} = 880 л/с на 1 га.

Визначаємо розрахункові витрати води:

$$Q = Z_{сер} \cdot F \cdot q_{20}, \text{ л/с}$$

$$Q = 0{,}156 \cdot 10 \cdot 880 = 1373 \text{ л/с.}$$

Використовуючи таблиці по розрахунковій витраті води визначаємо діаметр колектора дощової каналізації:

d = 850 мм = 0,85 м.

Відстань між зливоприймальними колодязями приймаємо в залежності від поздовжнього уклону ділянки вулиці.

Таблиця 1.

Значення параметрів q_{20} для різних міст України (n_1 для P ≥3,5; n_2 для 3,5> P ≥1,4; n_3 для 1,4> P ≥0,7; n_4 для P<0,7)

Кліматичні райони і населені пункти	γ	q_{20}	m_r
Закарпаття n_1 =0,74; n_2 =0,76; n_3 =0,70; n_4 =0,63			
Ужгород	1,54	94,2	122
Одеська область n_1 =0,69; n_2 =0,73; n_3 =0,75; n_4 =0,59			
Одеса	1,82	93,2	98
Північні області n_1 =0,71; n_2 =0,73; n_3 =0,69; n_4 =0,61			
Київ	1,82	104	143
Чернігів	1,54	88,2	112
Житомир	1,82	91,4	175
Басейн р. Сів. Донець і Приазов'я n_1 =0,67; n_2 =0,66; n_3 =0,70; n_4 =0,68			
Харків	1,54	104	83
Луганськ	1,82	104	113
Донецьк	1,82	97,4	120
Прикарпаття і східні схили Карпат n_1 =0,67; n_2 =0,72; n_3 =0,73; n_4 =0,70			
Львів	1,54	109	125
Тернопіль	1,82	96,7	183
Івано-Франківськ	1,82	112	247
Полтавська область n_1 =0,70; n_2 =0,65; n_3 =0,69; n_4 =0,64			
Полтава	1,82	90,6	120
Басейн нижнього Дніпра n_1 =0,68; n_2 =0,69; n_3 =0,70; n_4 =0,64			
Черкаси	1,82	97,9	119
Кіровоград	1,82	88,7	128
Дніпропетровськ	1,82	79,6	138
Запоріжжя	1,82	91,8	97

Таблиця 2

Таблиці для визначення діаметрів дощових колекторів

	300 мм		350 мм		400 мм		500 мм		600 мм		700 мм		800 мм		900 мм		
i тис	Q л/с	V м/с	Q л/с	V м/с	Q л/с	V м/с	Q л/с	V м/с	Q л/с	V м/с	Q л/с	V м/с	Q л/с	V м/с	Q л/с	V м/с	*i* тис
2	41	0,57	61	0,64	87	0,70	159	0,81	258	0,91	389	1,01	555	1,10	760	1,19	2
4	57	0,81	87	0,90	124	0,99	224	1,14	365	1,29	550	1,43	785	1,56	1074	1,69	4
6	70	1,00	106	1,10	152	1,21	275	1,40	447	1,58	674	1,75	961	1,91	1316	2,07	6
8	81	1,15	123	1,27	175	1,39	317	1,62	516	1,82	778	2,02	1110	2,21	1519	2,39	8
10	91	1,29	137	1,42	196	1,56	355	1,81	577	2,04	870	2,26	1241	2,47	1699	2,67	10
12	99	1,41	150	1,56	214	1,71	388	1,98	632	2,24	953	2,48	1360	2,71	1861	2,93	12
14	107	1,52	162	1,69	231	1,84	420	2,14	682	2,41	1029	2,67	1469	2,92	2010	3,16	14
16	115	1,63	173	1,80	247	1,97	449	2,29	729	2,58	1100	2,86	1570	3,13	2149	3,38	16
18	122	1,72	184	1,91	262	2,09	476	2,42	774	2,74	1167	3,03	1665	3,31	2279	3,58	18
20	128	1,82	194	2,01	277	2,20	502	2,56	815	2,89	1230	3,20	1755	3,49	2402	3,78	20
22	135	1,91	203	2,11	290	2,31	526	2,68	855	3,03	1290	3,35	1841	3,66	2520	3,96	22
24	141	1,99	212	2,21	303	2,41	549	2,80	893	3,16	1347	3,50	1923	3,83	2632	4,14	24
26	146	2,07	221	2,30	315	2,51	572	2,91	930	3,29	1402	3,65	2001	3,98	2739	4,31	26
28	152	2,15	229	2,38	327	2,61	593	3,02	965	3,41	1455	3,78	2077	4,13	2843	4,47	28
30	157	2,23	237	2,47	339	2,70	614	3,13	999	3,53	1506	3,92	2150	4,28	2942	4,63	30
32	162	2,30	245	2,55	350	2,79	634	3,23	1031	3,65	1556	4,04	2220	4,42	3039	4,78	32
34	167	2,37	253	2,63	361	2,87	654	3,33	1063	3,76	1603	4,17	2289	4,56	3132	4,93	34
36	172	2,44	260	2,70	371	2,96	673	3,43	1094	3,87	1650	4,29	2355	4,69	3223	5,07	36
38	177	2,51	267	2,78	381	3,04	691	3,52	1124	3,98	1695	4,41	2420	4,82	3311	5,21	38
40	182	2,57	274	2,85	391	3,11	709	3,61	1153	4,08	1739	4,52	2482	4,94	3398	5,34	40
42	186	2,63	281	2,92	401	3,19	727	3,70	1182	4,18	1782	4,63	2544	5,06	3481	5,48	42
44	191	2,70	287	2,99	410	3,27	744	3,79	1209	4,28	1824	4,74	2604	5,18	3563	5,60	44
46	195	2,76	294	3,06	420	3,34	761	3,88	1237	4,38	1865	4,85	2662	5,30	3643	5,73	46
48	199	2,82	300	3,12	429	3,41	777	3,96	1263	4,47	1905	4,95	2719	5,41	3722	5,85	48
50	203	2,87	306	3,19	437	3,48	793	4,04	1289	4,56	1944	5,05	2775	5,52	3799	5,97	50
52	207	2,93	312	3,25	446	3,55	809	4,12	1315	4,65	1983	5,16	2830	5,63	3874	6,09	52
54	211	2,99	318	3,31	455	3,62	824	4,20	1340	4,74	2021	5,25	2884	5,74	3948	6,21	54

Завдання до практичної роботи

Визначити розрахункову витрату дощового стоку і підібрати діаметр колектора дощової каналізації для дільнки міської забудови згідно із заданими параметрами.

Варіант	Категорія вулиці	Проща басейну водозбору, га	Відсоткове співвідношення покриття вулиці, %	Уклон вулиці, ‰
1-5	Дорога безперервного руху	12	Асфальтобетонне 80 Щебеневе 10 Газони 10 Грунт 0	2
6-10	Дорога регульованого руху	15	Асфальтобетонне 60 Щебеневе 10 Газони 10 Грунт 20	10
11-15	Вулиця місцевого значення	17	Асфальтобетонне 40 Щебеневе 30 Газони 15 Грунт 15	8
16-20	Проїзд	20	Асфальтобетонне 20 Щебеневе 50 Газони 10 Грунт 20	4
21-25	Дорога безперервного руху	10	Асфальтобетонне 80 Щебеневе 10	6

			Газони 10 Грунт 0	

Питання для обговорення:

1. Призначення та основні елементи системи зливної (дощової) каналізації.
2. Фактори, що впливають на формування дощового стоку.
3. Методика визначення розрахункової витрати дощових вод.
4. Принципи гідравлічного розрахунку колекторів дощової каналізації.
5. Критерії вибору діаметра труб та умови їх ефективної експлуатації.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 7
ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ВИТРАТ КАНАЛІЗАЦІЙНИХ СТОКІВ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ

Мета практичних занять – закріпити лекційний і додатковий матеріал: визначити розрахункові витрати побутових стічних вод

Витрати побутових стічних вод залежать від кількості мешканців і норми водовідведення побутових вод. Витрата виробничих стічних вод залежить від кількості продукції і норми водовідведення.

Нормою водовідведення називається добова витрата стічних вод на 1 мешканця, який використовує каналізацію, або на одиницю продукції, що випускається підприємством. Норма водовідведення дорівнює нормі водоспоживання. Стічні води надходять до мережі нерівномірно і в окремі дні і в окремі години доби. Нерівномірність їх надходження характеризується ступінчастим графіком, який аналогічний графіку водоспоживання.

Для обчислення розрахункових витрат замість коефіцієнтів добової нерівномірності $К_{доб.}$ і годинної нерівномірності $К_{год.}$ використовують загальний коефіцієнт нерівномірності:

$$К_{заг.} = К_{доб.} \cdot К_{год.}. \qquad (7.1)$$

Загальний коефіцієнт нерівномірності побутових стічних вод залежить від їх середньої секундної витрати:

Таблиця 1. - Загальний коефіцієнт нерівномірності побутових стічних вод

Середня витрата, л/с	**5**	**15**	**30**	**50**	**100**	**200**	**800**
Кзаг.	3	2,5	2	1,8	1,6	1,4	1,2

Середньодобова витрата, м^3/доб., визначається за формулою

$$Qсер.доб. = \frac{q_n \cdot N}{1000}, \qquad (7.2)$$

де $q_δ$ – питоме водовідведення від одного мешканця на добу, л/чол., залежить від благоустрою житла, кліматичних умов; N – розрахункова кількість мешканців.

Середня секундна витрата, л/с, визначається за формулою

$$qсер.сек. = \frac{q^{δ} \cdot N}{24\ 3600 \cdot}. \qquad (7.3)$$

Каналізаційну мережу розраховують на пропуск максимальної секундної витрати за формулою

$$Qмакс.сек.=qсер.сек.\cdot Кзаг.. \quad (7.4)$$

Таблиця 2. – Норма витрат води споживачами та стоків санітарних приладів

Водоспоживач	Вимірювач	Норма витрати води					
		у середню добу		у добу найбільшого водоспоживання		у годину найбільшого водоспоживання	
		загальний	гарячої	загальний	гарячої	загальний	гарячої
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Житлові будинки квартирного типу							
з водопроводом і каналізацією без ванн	1 мешканець	95	-	120	-	6,5	-
з водопроводами, каналізацією і ваннами з газовими водонагрівачами	те ж	190	-	225	-	10,5	-
з централізованим гарячим водопостачанням, обладнаними умивальниками, мийками і душами	те ж	195	85	230	100	12,5	7,9
з сидячими ваннами, обладнаними душами	те ж	230	90	275	110	14,3	9,2
з ваннами довжиною від 1500 до 1700 мм, обладнаними душами	те ж	250	105	300	120	15,6	10

Приклад 2.1. Визначити витрати стічних вод від населення і виробничих стічних вод. Вихідні дані –загальна площа забудови 252,2 га. Щільність населення на розрахунковий період – 295 чол./га. Розрахункове населення міста:

$N=P\cdot F=295\cdot 252,2=74399$

де P – щільність населення, чол/га;

F – площа території міста, га (визначається за генпланом).

Приймаємо розрахункове населення 74400 чол.

Якщо по трубопроводу транспортується тільки сток від населення міста, то розрахункова витрата визначається за формулою 2.4

$Q_{макс.сек.} = q_{сер.сек.} \cdot К_{заг.}$,

де $q_{сер.сек}$ – секундна витрата води, л/с; $К_{заг}$ – загальний коефіцієнт нерівномірності притоку стічних вод, приймають за табл. 1, залежно від середньосекундної витрати.

Якщо по трубопроводу транспортуються стічні води від населення міста і промислових підприємств, то розрахункова витрата визначається за формулою

$Q = Q_{макс.сек} + Q_{п.п}$

де $Q_{п.п}$ – витрата від промислових підприємств, л/с.

Витрата стічних вод від населення

Середньодобова витрата, м^3/доб., визначається за формулою при $q_δ$=200 л/чол.

$$Q_{сер.доб.} = \frac{q_{д} \cdot N}{1000} = (200 \cdot 74400)/1000 = 14880.$$

Середня секундна витрата, л/с, визначається за формулою

$$q_{сек..} = \frac{q_{д} \cdot N}{24 \cdot 3600} = (200 \cdot 74400)/(24 \cdot 3600) = 172{,}22.$$

Питоме водовідведення дорівнює питомому водоспоживанню, залежить від благоустрою житла, кліматичних умов.

Каналізаційну мережу розраховують на пропуск максимальної секундної витрати:

$$Q_{макс.сек.} = q_{сер.сек.} \cdot К_{заг.} = 172{,}22 \cdot 1{,}46 = 251{,}4,$$

де $К_{заг}$ – загальний коефіцієнт нерівномірності притоку стічних вод, приймають за табл. 7.1, залежно від середньосекундної витрати. У нашому прикладі $К_{заг}$=1,46.

Завдання до практичної роботи

Визначити витрати стічних вод від населення у житлових будинках з урахуванням виробничих стічних вод для житлової забудови заданих параметрів.

№ варіанту	Загальна площа забудови, га	Щільність населення на розрахунковий період, чол/га	Питоме водовідведення від одного мешканця на добу, л/чол	Витрата від промислових підприємств, л/с
1-5	170,8	255	180	620
6-10	125,6	180	200	580
11-15	267	160	210	600
16-20	136,2	120	230	720
21-25	326,4	145	190	615

Питання для обговорення:

1. Класифікація стічних вод та їх характеристика.
2. Фактори, що впливають на обсяг побутових стічних вод житлового будинку.
3. Норми водовідведення та їх застосування при розрахунках.
4. Методика визначення розрахункових витрат побутових і виробничих стічних вод.
5. Вплив розрахункових витрат на проектування системи каналізації.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 8
РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ МЕРЕЖІ

Мета: закріпити лекційний і додатковий матеріал: визначити розрахункові витрати теплоти на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання.

Розрахунок витрат теплоти на потреби теплопостачання міста виконують за укрупненими показниками залежно від чисельності населення і житлової площі.

Максимальні витрати теплової енергії на опалення житлових і громадських будинків

$$Q_o = Q_o^{ж} + Q_o^{гр} = Q_o^{ж} \cdot \left(1 + \frac{Q_o^{гр}}{Q_o^{ж}}\right) = Q_o^{ж} \cdot (1 + K_1), Вт, \quad (8.1)$$

де $Q_o^{ж}$ - витрати теплоти на опалення житлових будинків; $Q_o^{гр}$ - те саме громадських будинків;

$K_1 = \frac{Q_{огр}}{Q_o^{ж}}$ - коефіцієнт, що враховує витрати теплоти на опалення громадських будинків (приймається K_1 =0,25).

$$Qож = q_0 \cdot A, \quad Вт, \quad (8.2)$$

де q_0 - укрупнений показник максимальної годинної витрати теплоти на опалення житлових будинків (обирають залежно від розрахункової температури зовнішнього повітря (див. додаток), Вт/м^2.

A - житлова площа будинків мікрорайону, що визначається залежно від площі забудови мікрорайону F (обчислюють за генпланом з урахуванням масштабу) та щільності житлового фонду a за формулою

$$A = F \cdot a, \quad м^2 \quad (8.3)$$

Максимальні витрати теплової енергії на вентиляцію житлових громадських будинків

$$Qв = q_0 \cdot A \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (8.4)$$

де K_2 =0,6 – коефіцієнт, що враховує витрати теплоти на вентиляцію громадських будинків.

Середній тепловий потік на гаряче водопостачання

$$Ог.ср = [1{,}2 \cdot m \cdot (a + b)(tr - tx) \cdot c]/(24 \cdot 3600), \quad (8.5)$$

де a – норма витрат гарячої води одним мешканцем за добу;

b – норма витрат гарячої води для громадських споруд (приймається 25 л води за добу на 1 людину);

t_r = 55 ^{0}C – температура гарячої води; t_x = 5 ^{0}C – температура холодної води; с=4187 Дж/(кг ^{0}C) – питома теплоємність води;

m – кількість жителів у мікрорайоні

$$m=A/f_H; \quad (8.6)$$

f_H – норма житлової площі на 1 людину (приймається 21 м^2 / люд.). Максимальні витрати теплової енергії на гаряче водопостачання

$$Q_г = 2{,}4 \cdot Q_{г.,ср}, Вт . \quad (6.7)$$

Теплове навантаження на ЦТП визначається як сума всіх видів споживання теплоти у мікрорайоні за формулою

$$Q_{ЦТП} = Q_о + Q_в + Q_г . \quad (8.8)$$

Максимальне навантаження на один ЦТП не повинне перевищувати 26 МВт (26х10^6 Вт). Якщо має місце таке перевищення, у мікрорайоні необхідно розміщувати декілька ЦТП.

Теплове навантаження ТЕЦ дорівнює сумі теплових навантажень ЦТП мікрорайонів, які приєднані до джерела теплопостачання за допомогою теплових мереж

$$Q_{тец} = \sum^n (Q_{wng})_i \quad (6.9)$$

Результати розрахунків зводять до таблиці за формою

Таблиця 8.1 – Розрахунок теплових навантажень для мікрорайонів

№	F, га	А, м^2	m, людини	$Q_о$, Вт	$Q_в$, Вт	$Q_г$, Вт	$Q_{ЦТП}$, Вт
1							
2							
і т.д.							

Завдання до практичної роботи

Порівняти варіанти виконання теплової мережі, по якій здійснюється теплопостачання міста (розрахункова схема наведена на рис. 7). Розрахунки виконати при даних, що подані у таблиці 8.2.

Таблиця 8.2

№ варіанту	Розрахункова температура зовнішнього	Кількість поверхів забудови	Щільність житлового фонду, м^2/га	Норма витрат гарячої води одним

	повітря для опалення, *tр.о., ◦С*			мешканцем за добу, л/добу
1-5	-15	3	1800	115
6-10	-20	5	2500	120
11-15	-10	9	3000	150
16-20	-30	12	3200	100
21-25	-5	5	2000	110

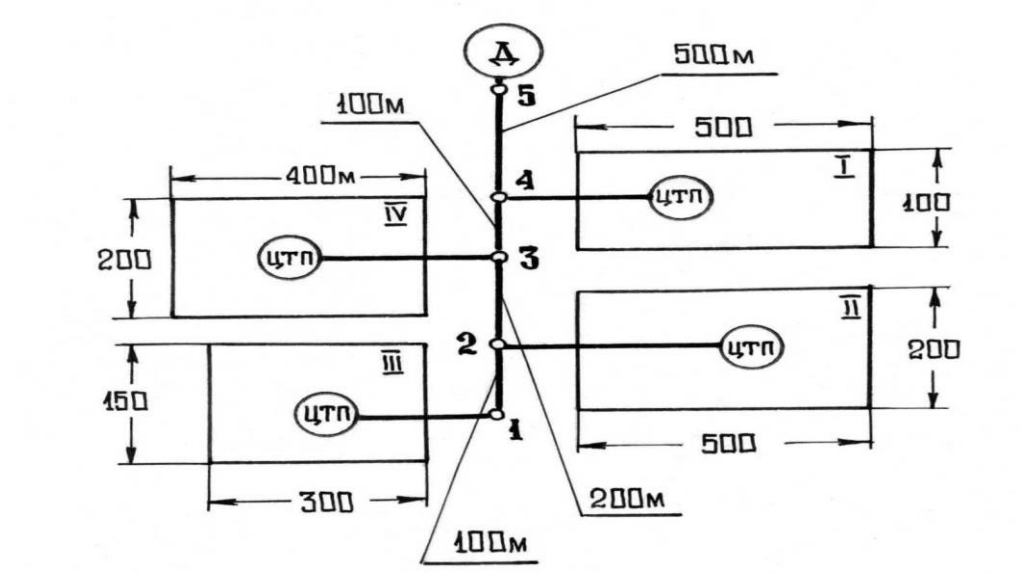


Рис. 7. Розрахункова схема теплопостачання міста (до прикладу 8.1)

I...IV номери мікрорайонів; Д- джерело теплопостачання; ЦТП- центральний тепловий пункт

Додаток 8.1

Укрупнені показники максимального теплового потоку на опалення 1 м^2 загальної площі житлових будинків, q_o, Вт/м^2

Кількість поверхів забудови	Розрахункова температура зовнішнього повітря для опалення, $t_{р.о.}$, °С					
	-5	-10	-15	-20	-25	-30
3-4	90	97	103	111	119	128
5 та більше	65	69	73	75	82	88

Питання для обговорення:

1. Призначення та основні елементи систем теплопостачання.
2. Визначення розрахункових витрат теплоти на опалення будівель.
3. Особливості розрахунку теплових витрат на вентиляцію.
4. Методика визначення витрат теплоти на гаряче водопостачання.
5. Основні принципи розрахунку параметрів теплової мережі.

ТЕМИ ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

№ п/п	Тематика	К-сть годин	
		денна	заочна
1	Класифікація інженерних мереж і споруд.	8	14
2	Основні принципові схеми мереж вентиляції, кондиціювання, систем водопостачання та водовідведення.	8	13
3	Водонапірні башти.	8	14
4	Норми водоспоживання.	6	14
5	Проектування очисних споруд.	8	14
6	Особливості улаштування водогонів.	8	13
7	Основні вимоги до раціонального використання водних ресурсів.	8	12
8	Класифікація систем теплопостачання.	6	14
Разом:		**60**	**108**

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.5-74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування.

2. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування.

3. ДБН В.2.5-39:2008 Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі.

4. ДБН В.2.5-27-2006 Інженерне обладнання споруд https://dbn.co.ua/index/0-92

5.ДБН А.2.2-3-2014 Склад та зміст проектної документації на будівництво. https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1084

6.ДБН В.2.5.-74:2013 Водопостачання Основні положення проектування. https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1084

7.ДСТУ Б А.2.4-4-2009 Основні вимоги до проектної та робочої документації. https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_a_2_4_4_2009/5-1-0-781

8. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074971619479783152

9. Теплопостачання : навчальний посібник / О. Д. Панкевич, О. І. Ободянська, О. В. Титко . – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 85 с.

10. Якименко О. В., Морковська Н. Г. Технічна експлуатація інженерних мереж : навч. посібник / О. В. Якименко, Н. Г. Морковська ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 289 с.

11. Шадура В. О., Кравченко Н. В. Водопостачання та водовідведення : навч. посіб. Вид. 2-ге, перероб. і допов. [Електронне видання]. – Рівне : НУВГП, 2023. – 385 с.

12. Давиденко Л.В., Коменда Н.В., Давиденко В.А., Євсюк М.М. Електропостачання промислових об’єктів. Практикум: навчальний посібник. Луцьк: ВІП ЛНТУ, 2022. 244с.

13. ДСТУ-Н Б В.2.5-80:2015. Настанова з проєктування систем електропостачання промислових підприємств. Київ: Мінрегіон України, 2016. 148 с.

Інженерні мережі та споруди [Текст]: Методичні вказівки до практичних занять та виконання самостійної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Цивільна безпека» галузі знань 26 (К) «Цивільна безпека» («Безпека та оборона») спеціальності 263 (К10) «Цивільна безпека» денної та заочної форм навчання / уклад. М.Б. Клименко. Луцьк: Відділ іміджу та промоції ЛНТУ, 2026. 56 с.

Комп'ютерний набір М.Б. Клименко
Редактор М.Б. Клименко

Підп. до друку «__»_____2026 р. Формат 60х84/16. Папір офс.
Гарн. Таймс. Ум. друк. арк. 3,5.
Тираж 50 прим.

Відділ іміджу та промоції
Луцького національного технічного
університету 43018, м. Луцьк,
вул. Львівська,75
Друк – Відділ іміджу та промоції ЛНТУ