

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

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

до проведення практичних занять, організації самостійної та розрахунково-графічної робіт з навчальної дисципліни

**«БЕЗПЕКА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ІНЖЕНЕРНИХ  
СИСТЕМ ТА КОМУНІКАЦІЙ»**

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної  
форм навчання зі спеціальності 263 – Цивільна безпека, освітня програма  
«Охорона праці»)*

**Харків**  
**ХНУМГ ім. О. М. Бекетова**  
**2022**

Методичні рекомендації до проведення виконання практичних занять, організації самостійної роботи та розрахунково-графічної робіт з навчальної дисципліни «Безпека експлуатації інженерних систем та комунікацій» (для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 263 – Цивільна безпека, освітня програма «Охорона праці») / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. В. Е. Абракітов. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. – 38 с.

Укладач канд. техн. наук, доц. В. Е. Абракітов

Рецензент:

**О. С. Скрипник**, кандидат технічних наук, доцент Харківського національного університету міського господарства імені О. М. Бекетова

*Рекомендовано кафедрою охорони праці та безпеки життєдіяльності, протокол № 1 від 29.08.2021.*

## ЗМІСТ

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ .....                                                                | 4  |
| 2 РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИВЧЕННЯ КУРСУ .....                                                    | 4  |
| 3 ЗМІСТ ТЕМ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ .....                                                            | 5  |
| Тема № 1 Ідентифікація небезпек у водопостачанні .....                                    | 5  |
| Тема № 2 Аналіз відмов на системах водопостачання .....                                   | 9  |
| Тема № 3 Ідентифікація небезпек і аналіз відмов на системах водовідведення .....          | 11 |
| Тема № 4 Ідентифікація небезпек і аналіз відмов на системах теплопостачання .....         | 11 |
| Тема № 5 Ідентифікація небезпек і аналіз відмов на системах газопостачання .....          | 12 |
| Тема № 6 Шляхи забезпечення безпеки при експлуатації трубопроводів .....                  | 13 |
| Теми № 7-8 Трасування водопровідних мереж групи будинків .....                            | 15 |
| Тема № 9-10 Визначення розрахункових витрат водоспоживання .....                          | 18 |
| Тема № 11 Трасування мереж каналізації .....                                              | 21 |
| Тема №12 Визначення обсягів водовідведення .....                                          | 25 |
| Тема №13 Трасування мереж теплопостачання.....                                            | 27 |
| Тема №14 Розрахунок витрат теплоти на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання ..... | 29 |
| 14.1 Система опалення .....                                                               | 29 |
| 14.2 Система гарячого водопостачання .....                                                | 30 |
| 14.3 Система вентиляції .....                                                             | 30 |
| Тема № 15 Трасування мереж газопостачання .....                                           | 31 |
| Тема №16 Трасування мереж електропостачання .....                                         | 32 |
| Тема №17 Методи розрахунку електричних навантажень.....                                   | 35 |

# 1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Робоча навчальна програма з дисципліни «Безпека експлуатації інженерних систем та комунікацій» передбачає проведення практичних занять, самостійної роботи та виконання розрахунково-графічної роботи згідно зі змістом і тематикою дисципліни, та є складником навчального процесу на рівні підготовки бакалаврів, що сприяє отриманню навичок самостійного вирішення питань охорони праці у виробничій діяльності.

Мета практичних занять, самостійної та розрахунково-графічної робіт – доповнення і закріплення знань, набутих під час вивчення лекційного курсу, активізація творчих здібностей студентів, розвиток навичок роботи з нормативною і технічною літературою, з довідниками, а також підготовка до самостійного створення безпечних та нешкідливих умов праці в усіх сферах виробництва.

## 2 РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИВЧЕННЯ КУРСУ

Метою вивчення навчальної дисципліни є надання студентам необхідного обсягу знань у галузі безпечної експлуатації інженерних систем і споруд..

Основними завданнями вивчення дисципліни є висвітлення теоретичних основ, питань методики, технології та організації безпечної експлуатації систем і споруд водопостачання, водовідведення, теплопостачання.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

### **знати:**

- нормативні документи по організації експлуатації систем і споруд водопостачання, водовідведення, теплопостачання та газопостачання;
- правила технічної експлуатації систем, споруджень й їх обладнання;
- порядок ведення технічної документації й звітності;
- посадові інструкції;

### **уміти:**

- встановлювати правильність вибору системи водопостачання, водовідведення, теплопостачання та газопостачання залежно від специфіки небезпечних факторів об'єкту, та відповідність цього вибору вимогам будівельних норм для розроблення рекомендацій щодо забезпечення безпечної експлуатації об'єкта;
- встановлювати відповідність вимогам будівельних норм прийнятих у проектах розрахункових величин витрат і напорів води для ліквідування надзвичайних ситуацій для розроблення рекомендацій щодо усунення виявлених недоліків.

– класифікувати системи опалення та визначати їх призначення та галузь застосування для встановлення відповідності вибору системи залежно від специфіки небезпечних факторів об'єкту;

– класифікувати системи вентиляції та визначати їх призначення для встановлення відповідності вибору залежно від специфіки небезпечних факторів об'єкту при влаштуванні систем вентиляції у будівлях (групах приміщення) різного призначення;

**мати компетентності:**

– аналізувати відповідність влаштування зовнішнього та внутрішнього протипожежного водопостачання;

– аналізувати відповідність влаштування систем зовнішнього та внутрішнього водовідведення, теплопостачання, газопостачання населених пунктів та промислових підприємств вимогам відповідних нормативних документів;

– перевіряти організацію ремонту та обслуговування систем водопостачання;

– перевіряти розрахунки очисних споруд систем водопостачання та водовідведення;

– перевіряти розрахунки очисних споруд систем водопостачання та водовідведення;

– перевіряти розрахунки витрат теплоти для теплопостачання районів забудови, здійснювати вибір обладнання для вироблення та відпуску теплоти, здійснювати вибір схем приєднання споживачів до теплових мереж.

### **3 ЗМІСТ ТЕМ ДЛЯ ВИВЧЕННЯ**

#### **Тема № 1 Ідентифікація небезпек у водопостачанні**

**Мета:** ознайомитися з методиками оцінювання ризиків, ідентифікувати небезпеки у водопостачанні.

Небезпека водопостачання пов'язана з такими факторами, як масовість використання серед населення, кількість економічних ресурсів задіяних на вилучення з природного середовища та доставкою до споживачів водопостачання, вичерпністю ресурсів питного водопостачання.

Особливості розвитку суспільства на даному етапі (значне техногенне навантаження окремих територій, відсутність корпоративної соціальної відповідальності бізнесу, недостатня поінформованість громадян) усе частіше приводять до виникнення небезпеки для суспільства на тих об'єктах, які не вважаються потенційно небезпечними. Останнім часом підприємства водопостачання з'являються серед таких об'єктів, що створюють значну

кількість небезпечних ситуацій і потребують ідентифікації небезпек та визначення видів ризику.

Існує багато визначень поняття ризику, народжених в різних ситуаційних контекстах і різними особливостями застосувань. З найбільш поширеною точки зору, кожен ризик (міра ризику) в певному сенсі пропорційний як очікуваним втратам, які можуть бути заподіяні ризиковою подією, так і ймовірністю цієї події. Відмінності у визначеннях ризику залежать від контексту втрат, їх оцінки та вимірювання, коли ж втрати є ясними і фіксованими, наприклад, «людське життя», оцінка ризику фокусується тільки на ймовірності події (частоті події) і пов'язаних з ним обставин.

Із огляду на це існує безліч незалежних класифікацій ризиків, серед яких відокремлюють:

- технічний ризик – ймовірність відмови технічних пристроїв з наслідками певного рівня (класу) за певний період функціонування небезпечного виробничого об'єкта;

- індивідуальний ризик – частота ураження окремої людини в результаті впливу досліджуваних факторів небезпеки аварій;

- потенційний територіальний ризик (або потенційний ризик) – частота реалізації вражаючих факторів аварії в розглянутій точці території. Окремим випадком територіального ризику є екологічний ризик, який виражає ймовірність екологічного лиха, катастрофи, порушення подальшого нормального функціонування та існування екологічних систем та об'єктів в результаті антропогенного втручання в природне середовище або стихійного лиха;

- колективний ризик (груповий, соціальний) – це ризик прояву небезпеки того чи іншого виду для колективу, групи людей, для певної соціальної чи професійної групи людей. Окремим випадком соціального ризику є економічний ризик, який визначається співвідношенням користі і шкоди одержуваного суспільством від розглянутого виду діяльності;

- прийнятний (допустимий) ризик аварії – ризик, рівень якого допустимо і обґрунтований виходячи з соціально-економічних міркувань. Ризик експлуатації об'єкта є прийнятним, якщо заради вигоди, одержуваної від експлуатації об'єкта, суспільство готове піти на цей ризик. Таким чином, прийнятний ризик являє собою деякий компроміс між рівнем безпеки і можливостями його досягнення. Величина прийнятного ризику для різних суспільств, соціальних груп і окремих людей – різна. У наш час прийнято вважати, що для дії техногенних небезпек в цілому індивідуальний ризик вважається прийнятним, якщо його величина не перевищує  $10^{-6}$ ;

– професійний ризик – ризик, пов’язаний із професійною діяльністю людини.

Види ризикових подій (подій що виникли у разі реалізації ризику): обвали, групові травми, смерть витрати на ремонт обвали, групові травми, смерть хвороба, екологічна катастрофа збільшення затрат на безпеку довкілля антропогенні екологічні катастрофи

Необхідність у ідентифікації потенційних небезпек є лише тоді, коли з’являлися випадки реалізації ризиків.

У інженерних системах стан, коли об’єкт переходить з працездатного стану в непрацездатний називається відмовою.

Відмова – це перехід об’єкту з працездатного в непрацездатний стан.

Розрізняють чотири види непрацездатних станів:

1) непрацездатний стан унаслідок технічної відмови (нефункціонування) засобів виробництва;

2) непрацездатний стан з невідповідних параметрів продукції, що вироблюється;

3) непрацездатний стан з продуктивності;

4) непрацездатний стан з перевищення виробничих витрат.

Тяжкість наслідків відмови – якісна або кількісна оцінка вірогідного (спостережуваного) збитку від відмови елементу і/або системи.

Категорія тяжкості наслідків відмов – класифікаційна група відмов по тяжкості їх наслідків, що характеризується визначенням, встановленим до проведення аналізу поєднанням якісних і/або кількісних складових очікуваної (вірогідного) відмови або нанесеного відмовою збитку, що враховуються.

Стандартом ДСТУ 27.310-95 встановлені категорії тяжкості за напрямом відмов, наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Шкала категорій тяжкості наслідків відмов

| Категорія тяжкості наслідків відмов | Кратна характеристика наслідків відмов                                                                                                                          |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                                   | 2                                                                                                                                                               |
| I                                   | Відмова, яка може спричинити зниження якості функціонування об’єкту, але не представляє небезпеки для навколишнього середовища, самого об’єкту і здоров’ю людей |

Продовження таблиці 1.1

| 1   | 2                                                                                                                                                                                                                             |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| II  | Відмова, яка може спричинити затримку виконання завдання, зниження готовності і ефективності об'єкта, але не становить небезпеку для навколишнього середовища, самого об'єкта і здоров'я людей.                               |
| III | Відмова, яка швидко і з високою вірогідністю може спричинити значний збиток для самого об'єкту і/або для навколишнього середовища, зрив завдання, яке виконується, але створює зневажливо малу загрозу життю і здоров'ю людей |
| IV  | Відмова, яка швидко і з високою вірогідністю може спричинити значний збиток для самого об'єкта і/або для навколишнього середовища, загибель або важкі травми людей, зірвавши виконання поставленого завдання                  |

**Завдання:** провести ідентифікацію небезпек відповідно до поданих ризикових подій (подій що виникли у разі реалізації ризику) на системі водопостачання, внести результати у таблицю «Класифікація та характеристика видів ризику»

Таблиця 1.2 – Варіанти навчальних завдань

| Варіант | Ризикована подія                      | Варіант | Ризикована подія                   |
|---------|---------------------------------------|---------|------------------------------------|
| 1       | Обвали, групові травми, смерть        | 6       | Смерть                             |
| 2       | Витрати на ремонт, обвали             | 7       | Хвороба, смерть                    |
| 3       | Групові травми, смерть                | 8       | Антропогенні екологічні катастрофи |
| 4       | Екологічна катастрофа                 | 9       | Витрати на ремонт                  |
| 5       | Збільшення затрат на безпеку довкілля | 0       | Витрати на ремонт                  |

Таблиця 1.3 – Класифікація та характеристика видів ризику у водопостачанні і водовідведенні

| № з/п | Ризикована подія | Джерело ризику | Об'єкт ризику | Вид ризику | Місце аварії | Категорія тяжкості наслідків відмов |
|-------|------------------|----------------|---------------|------------|--------------|-------------------------------------|
| 1     | 2                | 3              | 4             | 5          | 6            | 7                                   |

## Тема № 2 Аналіз відмов на системах водопостачання

**Мета:** проаналізувати можливі відмови на системах водопостачання.

Аналіз небезпеки (відмов) методом побудови «дерева подій». Логічним інструментом локалізації найбільш небезпечних ланок будь-якої системи є метод побудова «дерева подій». Суть методу полягає у пошуку оптимального рішення, що знижує імовірність можливості виникнення небезпечної події.

Запобігання небезпеки або захист від них базується на вагомості відмов для системи. Між реалізованими небезпеками й причинами існує причинно-наслідковий зв'язок. Отже, причини й небезпеки утворюють неієрархічні, ланцюгові структури або системи. Графічне зображення таких залежностей чимось нагадує розгалужене дерево. У гілках «дерев» зазвичай є галузі причин і галузі небезпеки. Побудова «дерев» є винятково ефективною процедурою виявлення причин різних небажаних подій. Границі розгалуження «дерев» визначаються логічною доцільністю одержаних нових галузей. «Дерево подій» є логічним представленням реагування розглянутої системи (процесу) на вихідні події. Кожна послідовність має як результат, або безпечний стан, або аварійний стан.

«Дерева подій» забезпечують наочність аварійних послідовностей від початку до кінця.

Метод побудови «дерева подій» є наочним способом простеження виконання наступних функцій:

- визначення аварійних наслідків;
- визначення необхідних функцій системи безпеки;
- квантифікацію частот послідовностей.

Після виникнення ініціюючої (пікової) події, наприклад, коротке замикання, витік небезпечних речовин, знеструмлення, зараження джерела водопостачання, відмова елемента тощо, можуть бути генеровані наступні небажані події.

Процедура операцій при аналізі методом «дерева подій» полягає в розгляді можливостей розвитку ініціюючої або пікової події. Далі визначають бар'єри безпеки, призначені для обмеження негативних наслідків такої події. Розвиток послідовності подій розглядається по черзі з урахуванням захисних бар'єрів. На кожному рівні дерева подій розглядаються два логічних стани: успіх (так) і невдачу (ні) залежно від того, виконав бар'єр своє завдання чи ні. Дерево подій дозволяє виконати як якісний, так і кількісний аналіз небезпек. У випадку кількісного аналізу, гілці, що позначає успіх, привласнюється ймовірність  $P_i$ , а гілці, що ідентифікується з невдачею –  $1 - P_i$ .

Наприклад, пікова подія – заражена вода з'явилася в системі водопостачання. На рисунку 2.1 подано аналіз розвитку цієї події за допомогою спрощеного «дерева подій».

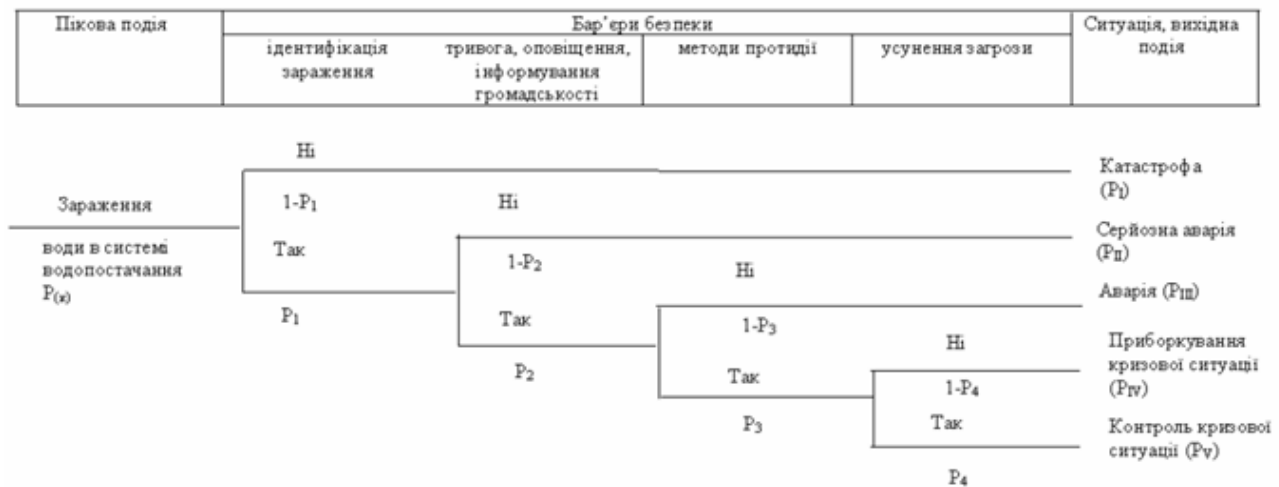


Рисунок 2.1 – «Дерево подій» після появи забруднення в системі водопостачання

Бар'єри безпеки, які обмежують негативні наслідки цієї події:

- ідентифікація зараження;
- тривога, оповіщення, постійне інформування громадськості;
- методи протидії;
- усунення загрози.

Унаслідок аналізу визначаються окремі ймовірності виникнення чергових станів:

катастрофи:

$$P_I = P(k) \cdot (1 - P_1);$$

серйозної аварії:

$$P_{II} = P(k) \cdot P_1(1 - P_2);$$

аварії:

$$P_{III} = P(k) \cdot P_1P_2(1 - P_3);$$

приборкання кризової ситуації:

$$P_{IV} = P(k) \cdot P_1P_2P_3(1 - P_4);$$

контроль кризової ситуації:

$$P_V = P(k) \cdot P_1 P_2 P_3 P_4.$$

**Завдання:**

Відповідно до проведеної у попередній лабораторній роботі ідентифікації небезпек зобразити одну з подій у вигляді «дерева подій».

**Тема № 3 Ідентифікація небезпек і аналіз відмов на системах водовідведення**

**Мета:** ідентифікувати та проаналізувати можливі відмови на системах водопостачання

**Завдання:**

Ідентифікувати небезпеки відповідно до поданих ризикових подій (подій, що виникли у разі реалізації ризику) на системі водовідведення.

Таблиця 3.1 – Варіанти

| Варіант | Ризикована подія                      | Варіант | Ризикована подія                                   |
|---------|---------------------------------------|---------|----------------------------------------------------|
| 1       | Витрати на ремонт, обвали             | 6       | Хвороба, смерть                                    |
| 2       | Обвали, групові травми                | 7       | Групові отруєння, хвороба                          |
| 3       | Хвороба                               | 8       | Витрати на ремонт внутрішнього опорядження будівлі |
| 4       | Збільшення затрат на безпеку довкілля | 9       | Антропогенна катастрофа                            |
| 5       | Екологічна катастрофа                 | 0       | Обвал ґрунту, витрати на ремонт дорожнього полотна |

Таблиця 3.2 – Класифікація та характеристика видів ризику

| № з/п | Ризикована подія | Джерело ризику | Об'єкт ризику | Вид ризику | Місце аварії | Категорія тяжкості наслідків відмов |
|-------|------------------|----------------|---------------|------------|--------------|-------------------------------------|
| 1     | 2                | 3              | 4             | 5          | 6            | 7                                   |

**Тема № 4 Ідентифікація небезпек і аналіз відмов на системах теплопостачання**

**Мета:** провести ідентифікацію небезпек відповідно до поданих ризикових подій (подій що виникли у разі реалізації ризику) на системі теплопостачання.

**Завдання:** занести результати у таблицю «Класифікація та характеристика видів ризику». Відповідно до проведеної у попередній лабораторній роботі ідентифікації небезпек зобразити одну з подій у вигляді «дерева подій»

Таблиця 4.1 – Варіанти

| Варіант | Ризикована подія                      | Варіант | Ризикована подія                   |
|---------|---------------------------------------|---------|------------------------------------|
| 1       | Обвали, групові травми, смерть        | 6       | Смерть                             |
| 2       | Витрати на ремонт, обвали             | 7       | Хвороба, смерть                    |
| 3       | Групові травми, смерть                | 8       | Антропогенні екологічні катастрофи |
| 4       | Екологічна катастрофа                 | 9       | Витрати на ремонт                  |
| 5       | Збільшення затрат на безпеку довкілля | 0       | Витрати на ремонт                  |

Таблиця 4.2 – Класифікація та характеристика видів ризику

| № з/п | Ризикована подія | Джерело ризику | об'єкт ризику | Вид ризику | Місце аварії | Категорія тяжкості наслідків відмов |
|-------|------------------|----------------|---------------|------------|--------------|-------------------------------------|
| 1     | 2                | 3              | 4             | 5          | 6            | 7                                   |

### Тема № 5 Ідентифікація небезпек і аналіз відмов на системах газопостачання

**Мета:** провести ідентифікацію небезпек відповідно до поданих ризикових подій (подій що виникли у разі реалізації ризику) на системі газопостачання.

**Завдання:** варіанти завдань подані в таблиці 5.1.

Занести результати в таблицю 5.2 – Класифікація та характеристика видів ризику. Здійснити ідентифікацію небезпек у газопостачанні та зобразити одну з подій у вигляді «дерева подій».

Таблиця 5.1 – Варіанти

| Варіант | Ризикована подія              | Варіант | Ризикована подія             |
|---------|-------------------------------|---------|------------------------------|
| 1       | Вибух, групові травми, смерть | 6       | Витік газу, отруєння, смерть |
| 2       | Пожежа, витрати на ремонт     | 7       | Вибух                        |
| 3       | Витік газу                    | 8       | Вибух, пожежа, смерть        |
| 4       | Пожежа, обвал конструкцій     | 9       | Витік газу, вибух            |
| 5       | Вибух, групові опіки, смерть  | 0       | Витік газу, отруєння         |

Таблиця 5.2 – Класифікація та характеристика видів ризику

| № з/п | Ризикована подія | Джерело ризику | об'єкт ризику | Вид ризику | Місце аварії | Категорія тяжкості наслідків відмов |
|-------|------------------|----------------|---------------|------------|--------------|-------------------------------------|
| 1     | 2                | 3              | 4             | 5          | 6            | 7                                   |

## Тема № 6 Шляхи гарантування безпеки під час експлуатації трубопроводів

**Мета:** ознайомитися з вимогами безпеки під час експлуатації трубопроводів.

Трубопроводи призначенні для транспортування стисненого повітря, води, пари, різних газів та рідин. Для швидкого визначення вмісту трубопроводів, а відтак і дотримання працівниками відповідних вимог безпеки при наближенні до них, встановлено десять груп речовин і відповідне розпізнавальне пофарбування трубопроводів, якими вони транспортуються: перша – вода (зелений), друга – пара (червоний), третя – повітря (синій), четверта і п'ята – горючі та негорючі гази, включаючи скраплені (жовтий), шоста – кислоти (оранжевий), сьома – луги (фіолетовий), восьма і дев'ята – горючі і негорючі рідини (коричневий), і нульова – інші речовини (сірий).

Розрізнявальне пофарбування трубопроводів проводиться по всій їх довжині або на окремих ділянках залежно від місця розташування, освітленості, розмірів і т. п.

Для того щоб відокремити вид небезпеки на трубопроводи наносять сигнальні кольорові кільця: червоні – для легкозаймистих, вибухово- і вогнебезпечних речовин; жовті – для шкідливих і небезпечних речовин (отруйні, токсичні, радіоактивні); зелені – для безпечних і нейтральних речовин. Іноді для конкретизації виду небезпеки додатково до сигнальних кольорових кілець застосовують попереджувальні знаки, маркувальні щитки та написи на трубопроводах у найбільш небезпечних місцях комунікацій.

Прокладання трубопроводів на території підприємства може бути підземним (у каналах та безканальне), наземним (на опорах) та надземним (на естакадах, колонах, стінах будівель тощо). При можливості доцільно здійснювати наземне та надземне прокладання трубопроводів, оскільки тоді легко здійснювати огляд та перевірку їх стану. Крім того, термін використання таких трубопроводів у 2-3 рази більший ніж у підземних.

Трубопроводи виготовляють із суцільнотягнутих труб зі зварними з'єднаннями. Для полегшення монтажу та ремонту на трубопроводі у зручних та доступних місцях встановлюють фланцеві з'єднання. Трубопроводи прокладають з певним ухилом (1 : 500) за напрямком руху газів, а в

у низькорозташованих місцях встановлюють сепаратори із спускними кранами для вилучення конденсату та води.

З метою запобігання виникнення теплових напружень які можуть спричинити розриви при охолодженні труб або вигини при їх нагріванні, на трубопроводах передбачаються компенсаційні елементи: компенсаційні петлі, ліроподібні труби, сальникові компенсатори тощо. Найбільш розповсюдженими є П-подібні компенсаційні петлі, які дозволяють рівномірно розподілити теплові деформації по трубопроводу.

Для забезпечення безпеки на трубопроводі повинні бути встановлені справні та належним чином відрегульовані редуційні, зворотні, запірні та запобіжні клапани. Редуційні клапани (регулятори тиску) підтримують у системі задані значення тиску незалежно від зміни витрати газу чи рідини споживачами. Зворотні клапани пропускають газ чи рідину по трубопроводу лише в одному напрямку, тому запобігають зворотному їх ходу при виникненні аварійних ситуацій (наприклад, займанні у трубопроводі горючого газу). Зворотні клапани при перевищенні допустимого тиску автоматично відкриваються і частина газу чи рідини викидається в атмосферу чи утилізаційний канал. Якщо по трубопроводу транспортуються отруйні, токсичні, вибухово-пожежонебезпечні гази або рідини, то запобіжні клапани повинні бути закритого типу (при їх відкриванні відбувається викид газу чи рідини у закриту систему).

Трубопроводи періодично підлягають зовнішнім оглядам та гідравлічним випробовуванням. При зовнішніх оглядах визначається стан зварних та фланцевих з'єднань, сальників, перевіряються ухили, прогини, міцність несучих опор та конструкцій. При гідравлічних випробовуваннях перевіряється герметичність та міцність трубопроводу. Якщо під час гідравлічного випробовування тиск у трубопроводі не впав, а на зварних швах, фланцевих з'єднаннях, корпусах запобіжних пристроїв не виявлено тріщин, розривів, витікань, то результат випробовування вважається задовільним.

Таким чином, безпека експлуатації трубопроводів забезпечується їх правильним прокладанням, якісним монтажем, встановленням компенсаційних елементів, необхідних запобіжних пристроїв та арматури, контролем їх технічного стану та своєчасним ремонтом.

На багатьох підприємствах і в побуті широко використовується природний газ, частіше за все як паливо. З огляду на те, що природний газ належить до вибухонебезпечних речовин, то газопровід разом з установками, які регулюють подачу газу та працюють на ньому належить до об'єктів підвищеної небезпеки, тому вимагає особливої обережності при експлуатації. Як правило, причиною аварій, вибухів, пожеж при експлуатації газового господарства та газопроводу є

витік газу. Оскільки природний газ не має запаху, то для швидкого виявлення його витіку до нього додають одорант – речовину із сильним запахом (наприклад, етилмеркаптан). Для запобігання виникнення наведених струмів небезпечної величини, що можуть спричинити вибухи та пожежі, газопроводи обов’язково заземлюють та встановлюють струмопровідні перемички на всіх фланцевих з’єднаннях

### **Теми № 7-8 Трасування водопровідних мереж групи будинків**

**Мета:** ознайомити зі схемами та варіантами конфігурації водопровідних мереж, обґрунтування основних принципів трасування.

Способи прокладання міських інженерних мереж – роздільне й сумісне (суміщене прокладання в одній траншеї; суміщене прокладання комунікацій у прохідних каналах і технічних підпіллях будівель).

При роздільному способі прокладання кожний трубопровід і кабель прокладають в окремій траншеї.

Кожну мережу розміщують, ураховуючи її технічні й експлуатаційні особливості. Крім того, розміщення мережі в підземному просторі має сприяти зниженню трудомісткості будівельно-монтажних робіт і зменшенню термінів будівництва. У лекційному матеріалі показано поперечний профіль вулиці з оптимальним варіантом розміщення магістральних мереж.

При роздільній прокладці розподільні колодязі водопровідної мережі прокладають у розділовій смузі вулиці на відстані максимум 2,5 м від проїзної частини. Таке розташування водопровідної мережі уможливорює підключення пожежних машин до гідрантів. У разі неможливості прокладки водопровідної мережі на відстані, зазначеній вище, улаштовують спеціальні пожежні колодязі, до яких підводиться вода від основної мережі. Відстань між двома сусідніми пожежними гідрантами не має перевищувати 150 м. Якщо гідранти розміщують у колекторах або «зчіпках», то забезпечують під’їзди машин до них.

Теплопроводи на території міст при роздільному підземному способі прокладання розміщують безканальним чином і в непрохідних каналах.

На практиці будівництва та реконструкції магістральних і внутрішньоквартальних інженерних комунікацій широко застосовують суміщене прокладання трубопроводів в одній траншеї. При цьому способі трубопроводи різного призначення, (теплові мережі, газопроводи, водопроводи та самопливні мережі водостоків і каналізації) прокладають у технологічній смузі вулиць або всередині мікрорайонів паралельно один одному.

Суміщене прокладання інженерних комунікацій у вуличних і внутрішньоквартальних прохідних збірних залізобетонних каналах (колекторах)

є прогресивним методом, що набуває широкого застосування при забудові великих міст.

Порівняно з роздільним і суміщеним способами прокладання комунікацій безпосередньо у ґрунті прокладання у прохідних каналах має безліч переваг.

При суміщеному методі прокладання внутрішньоквартальних комунікацій у технічних підпіллях будівель (див. лекційний матеріал) приміщення не можна захищувати трубами; відстань між трубопроводами, що йдуть паралельно, має забезпечувати умови для контролю та ремонту.

Прокладання трубопроводів технічними підпіллями будівель дає змогу зменшити кількість теплових камер, знизити вартість будівництва та експлуатаційні витрати, зменшити кількість аварій, збільшити термін служби комунікацій.

У загальноміському колекторі дозволяється розміщувати водопровідні лінії діаметром до 500 мм, а в мікрорайонних колекторах, технічних підпіллях і «зчіпках» – до 250 мм.

Приклади трасування водогінних мереж наведені на рис. 7.1 – 7.4.

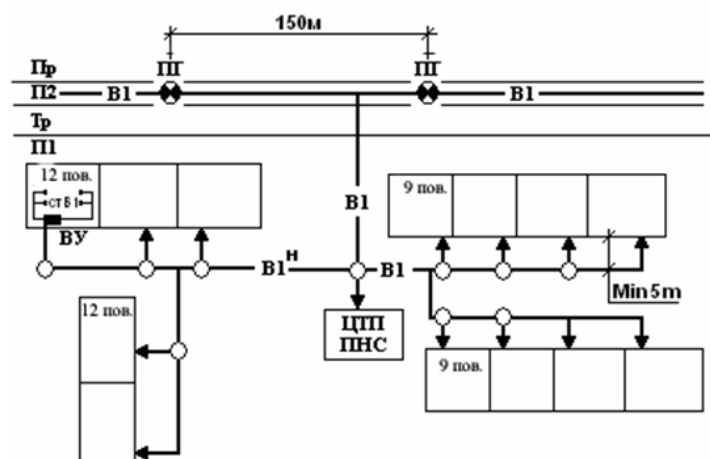


Рисунок 7.1 – Роздільний метод прокладання водогінних мереж

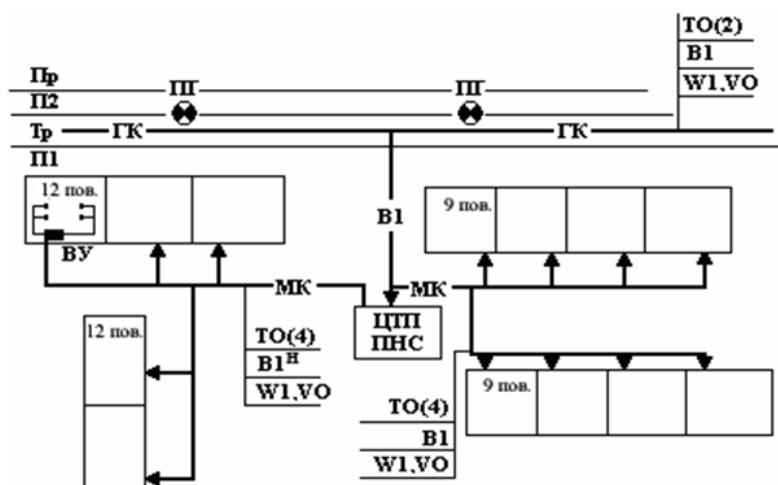


Рисунок 7.2 – Суміщений метод прокладання водогінних мереж у загальноміському колекторі

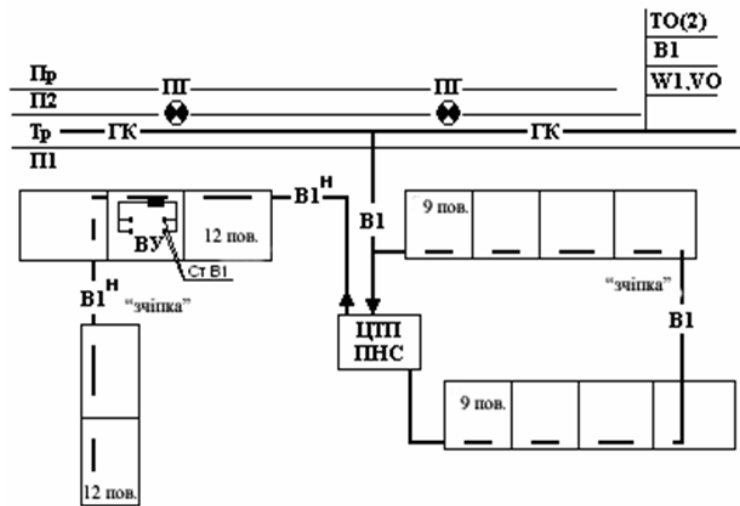


Рисунок 7.3 – Суміщений метод прокладання в загальноміському колекторі по технічних підпіллях і «зчепленнях»

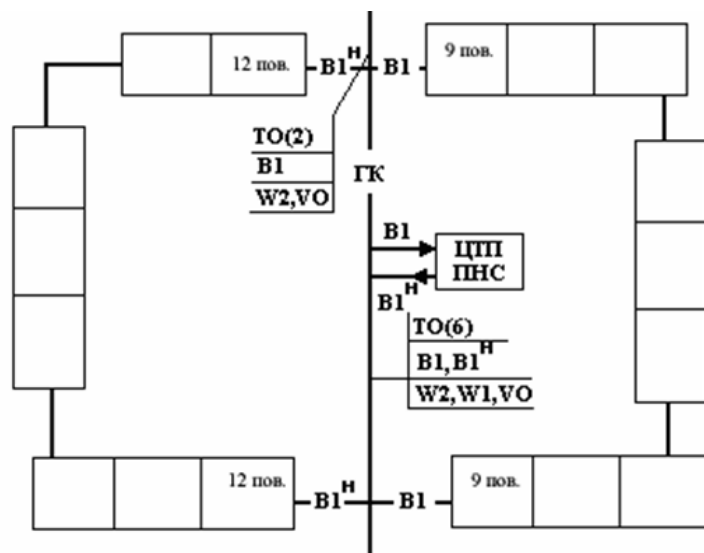


Рисунок 7.4 – Суміщений метод прокладання в загальноміському колекторі, що проходить по території мікрорайону

Спорудження в мікрорайоні висотних будинків (понад 9 поверхів) потребує облаштування підвищувальної насосної установки (ПНУ). Ця установка забезпечує підвищення напору води для висотних будинків. Устаткування ПНУ, зазвичай, розміщують у будівлі центрального теплового пункту (ЦТП). У мікрорайоні допускається двозонне водопостачання. П'яти- і дев'ятиповерхові будинки забезпечуються водою з міської мережі (зона 1), а будинки, що мають більше 9 поверхів, отримують воду з більшим напором від ПНУ з мікрорайонної мережі (зона 2). На вводі водопроводу в технічні підвали будинків влаштовують водомірний вузол. При прокладці розвідних водопровідних ліній, по технічних підпіллях і прохідних «зчіпках», водоміри встановлюють на кожному стояку. Можливе встановлення водомірів у кожній

квартирі. Стояки водопроводу прокладають у нішах або відкрито в санітарних вузлах або ванних кімнатах.

### Тема № 9-10 Визначення розрахункових витрат водоспоживання

**Мета:** оволодіння навичками визначення розрахункових витрат водоспоживання для різних категорій споживачів води.

Визначення витрати води на господарсько-питні потреби населення району міста проводиться таким чином.

Середньодобову витрату води визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{доб.ср.}} = q_{\text{ж}} \cdot N / 1000, \text{ м}^3 \text{ за добу.}$$

де  $q_{\text{ж}}$  – питоме водоспоживання (залежить від рівня благоустрою будівлі);  
 $N$  – розрахункова кількість мешканців у районі житлової забудови, чол.

Таблиця 9.1 – Питоме водоспоживання (ДБН В.2.5-74:2013, табл.1)

| № з/п | Ступінь благоустрою житлової забудови                                                                                      | Норма водоспоживання на одного жителя, л/добу |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1     | Забудова будівлями, без внутрішнього водопроводу та каналізації.<br>Водокористування з водорозбірних колонок               | 25–60                                         |
| 2     | Забудова будівлями, обладнаними внутрішнім водопроводом і каналізацією без ванн                                            | 100–135                                       |
| 3     | Забудова будівлями, обладнаними водопроводом, каналізацією та ваннами з місцевими водонагрівачами                          | 150–230                                       |
| 4     | Забудова будівлями, обладнаними внутрішнім водопроводом, каналізацією та системою централізованого гарячого водопостачання | 230–285                                       |

Розрахункова витрата найбільшого водоспоживання на добу, м<sup>3</sup>/добу:

$$Q_{\text{доб.макс}} = K_{\text{доб.макс}} \cdot Q_{\text{доб.ср.}},$$

де  $K_{\text{доб.макс}}$  – коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання, який урахує спосіб життя населення, режим роботи підприємств, ступінь благоустрою будівель, приймають рівним 1,1–1,3.

Розрахункова годинна витрата найбільшого водоспоживання, м<sup>3</sup>/год.:

$$Q_{сек.мах} = \frac{Q_{год.мах}}{3,6}$$

де  $Q_{год.мах}$  – коефіцієнт годинної нерівномірності водоспоживання:

$$Q_{год.мах} = a_{мах} \cdot b_{мах},$$

де  $a_{мах}$  коефіцієнт, що враховує ступінь благоустрою будівель та інші місцеві умови, приймають рівним 1,2–1,4;

$b_{мах}$  коефіцієнт, що враховує кількість мешканців у населеному пункті (табл. 9.2).

Таблиця 9.2 – Значення коефіцієнта  $b_{мах}$

| Кількість мешканців, тис. чол. | Коефіцієнт $a_{мах}$ |
|--------------------------------|----------------------|
| 1                              | 2                    |
| 1,5                            | 1,8                  |
| 2,5                            | 1,6                  |
| 4                              | 1,5                  |
| 6                              | 1,4                  |
| 10                             | 1,3                  |
| 20                             | 1,2                  |
| 50                             | 1,15                 |
| 100                            | 1,1                  |
| 300                            | 1,05                 |
| 1000 і більше                  | 1                    |

Розрахункова секундна витрата, л/с:

$$Q_{пол.} = \frac{1000 \cdot (F_{зел.} q_{зел.} + F_{тер.} q_{тер.}) \cdot n \cdot K}{86400}$$

Визначення витрати води на комунальні потреби міста здійснюється таким чином.

Розрахункова секундна витрата на полив:

$$K_{\text{год.мах}} = \alpha_{\text{мах}} \cdot \beta_{\text{мах}} = 1,2 \cdot 1,12 = 1,344;$$

$$Q_{\text{год.мах}} = \frac{K_{\text{год.мах}} \cdot Q_{\text{год.мах}}}{24} = (16368 \cdot 1,344) / 24 = 916,608 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Розрахункову секундну витрату води на господарсько-питні потреби, л/с, визначають так:

$$Q_{\text{сек.мах}} = \frac{Q_{\text{год.мах}}}{3,6} = 916,608 / 3,6 = 254,6 \text{ л/с.}$$

де  $F_{\text{зел}}$  – площа зелених насаджень, га;

$q_{\text{зел}}$  – норма витрати води на одну поливку, л/м<sup>2</sup>;

$F_{\text{тер}}$  – площа удосконалених покриттів проїздів і майданів, га;

$q_{\text{тер}}$  – норма витрати води на одну поливку покриттів майданів проїздів, л/м<sup>2</sup>;

$n$  – кількість поливів на добу;

$K$  – коефіцієнт нерівномірності, приймають рівним:

– для великих міст – 2,

– для малих і середніх – 4.

Умовно можна прийняти такий поділ міст за кількістю населення, тис. осіб: маленькі міста: 20–50; середні міста: 50–100; великі міста: 100–500; крупні міста: > 500.

Витрату води на полив удосконалених покриттів, проїздів, тротуарів, майданчиків населеного пункту, територій підприємств і зелених насаджень визначають за таблицею 9.3.

Таблиця 9.3 – Витрата води на полив

| № з/п | Найменування процесу                                                   | Одиниця вимірювання | Витрата води на полив, л/м <sup>2</sup> |
|-------|------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------|
| 1     | Механізована мийка удосконалених покриттів проїздів і майданчиків      | 1 мийка             | 1,2–1,5                                 |
| 2     | Механізований полив удосконалених покриттів проїздів і майданчиків     | 1 поливка           | 0,3–0,4                                 |
| 3     | Полив вручну (із шлангів) удосконалених покриттів тротуарів і проїздів | те саме             | 0,4–0,5                                 |
| 4.    | Полив міських зелених насаджень                                        | 1 поливка           | 3–4                                     |
| 5     | Полив газонів і квітників                                              | те саме             | 4–6                                     |

Визначення витрати води на гасіння пожежі здійснюється таким чином.

Витрати води (л/с) на гасіння пожежі для населеного пункту визначають на підставі кількості населення і різновиду забудови:

$$Q_{\text{пож.}} = q_{\text{пож.}} \cdot n + q'_{\text{пож.}}$$

Тривалість пожежі в населених місцях і на підприємствах умовно дорівнює трьом годинам, тому повна витрата на погашення пожежі визначається за формулою:

$$Q_{\text{пож.}} = 10,8(q_{\text{пож.}} \cdot n + q'_{\text{пож.}}),$$

де  $q_{\text{пож.}}$  – розрахункова витрата води на гасіння однієї зовнішньої пожежі, приймають за таблицею 9.4;

$n$  – кількість одночасних пожеж (табл. 9.4);

$q'_{\text{пож.}}$  – розрахункова витрата води на внутрішнє гасіння пожежі, приймають рівною 10 л/с.

Таблиця 9.4 – Витрата води на гасіння пожежі

| Кількість мешканців у населеному пункті, тис. осіб | Розрахункова кількість одночасних пожеж | Витрата води на зовнішнє гасіння пожежі в населених пунктах, л/с                                  |                                                                                             |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                    |                                         | Забудова спорудами заввишки до двох поверхів включно незалежно від їхнього ступеня вогнестійкості | Забудова спорудами заввишки три поверхи та вище незалежно від ступеня їхньої вогнестійкості |
| 5                                                  | 1                                       | 10                                                                                                | 10                                                                                          |
| 10                                                 | 1                                       | 10                                                                                                | 15                                                                                          |
| 25                                                 | 2                                       |                                                                                                   |                                                                                             |

## Тема № 11 Трасування мереж каналізації

**Мета:** ознайомиться із нормами й основними принципами трасування, відповідно до яких здійснюється проектування каналізаційних мереж.

Каналізаційну мережу необхідно влаштовувати самотісною (безнапірною) і проектувати на неповне наповнення. Для того щоб вода протікала з необхідною швидкістю, мережу прокладають з нахилом.

Збиральні каналізаційні мережі прокладають у розділовій смузі вулиць або, якщо дозволяють умови місцевості, у середині мікрорайону. Приймальні

мережі можуть мати бокові випуски від кожного під'їзду й один торцевий. При торцевому випуску не дозволяється прокладати в технічних підпіллях каналізаційні трубопроводи з транзитною видачею стічних вод. На всіх випусках на відстані 3 м від будинку облаштовують оглядові збірні залізобетонні колодязі діаметром 1 м.

Приклад трасування збиральних і приймальних мереж побутової та дощової каналізації наведений на рисунку 11.1.

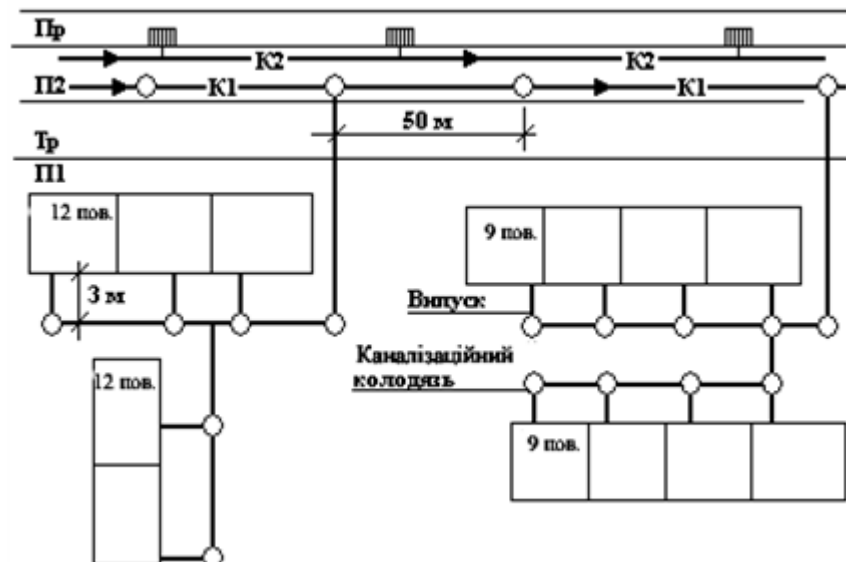


Рисунок 11.1 – Схема приймальної побутової каналізаційної мережі

Безпосередньо перед трасуванням територію, яка каналізується, розбивають на басейни, вибирають місце розташування очисних споруд та для випуску стічних вод. Границі басейнів каналізування визначають за рельєфом місцевості та проектом вертикального планування. Границі басейнів, як правило, співпадають з лініями водорозділів. Місце розташування очисних споруд вибирають нижче населеного пункту по течії водотоку з забезпеченням санітарно-захисної зони до границь житлової забудови.

Трасування мережі залежить від значного числа факторів. Так, при трасуванні каналізаційної мережі необхідно враховувати:

- 1) рельєф місцевості для зменшення заглиблення труб;
- 2) місце розташування очисних споруд;
- 3) намічене місце випуску стічної води у водоймі;
- 4) прийняту систему каналізації;
- 5) характер забудови кварталів;
- 6) черговість будівництва;
- 7) насиченість місцевості підземними спорудами;
- 8) гідрогеологічні умови.

Трасування каналізаційної мережі здійснюється у визначеній послідовності. Спочатку трасують головний колектор, потім колектори басейнів каналізування і вуличну мережу.

Вуличні колектори звичайно прокладають перпендикулярно горизонталям місцевості в напрямку до понижених місць басейнів. Збірні і головні колектори трасують по тальвегам або уздовж берегів річок, враховуючи при цьому можливість приєднання до них бокових колекторів. По головному колектору стічні води відводять за межі об'єкта, що каналізується. Часто рельєф місцевості не дозволяє відвести стічні води із міста самотпливом. У таких випадках влаштовують одну або декілька насосних станцій для підйому і перекачки стічних вод.

При вирішенні схем каналізування міста може бути доцільним будівництво декількох очисних станцій. В цьому випадку трасування мережі необхідно здійснювати з врахуванням розташування окремих очисних станцій.

При трасуванні мережі по можливості необхідно уникати перетину каналізаційних мереж з ярами, річками, залізними дорогами або підземними спорудами.

Приклад трасування виробничо-побутової водовідвідної мережі наведено на рисунку.

Трасування вуличних каналізаційних мереж може бути здійснене за трьома основними схемами:

- *схема з низового боку кварталу* застосовується при вираженому рельєфі з падінням поверхні рівня землі до однієї або двох границь кварталу (нахил поверхні землі більше 0,008 – 0,01);

- *охоплююча схема* застосовується при плоскому рельєфі місцевості (нахил до 0,005... 0,007), великих розмірах кварталів та відсутності забудови всередині кварталів;

- *черезквартальна схема* передбачає, що вуличні мережі прокладені всередині кварталів.

При проектуванні каналізаційної мережі вирішують основне завдання гідравлічного розрахунку – визначення розрахункової витрати стічних вод  $q$ , л/с діаметра труби  $d$ , мм, швидкості  $v$ , м/с, наповнення  $h/d$ , ухилу колектора  $i$ , з урахуванням ухилу місцевості уздовж траси колектора.

При цьому необхідно враховувати, що каналізаційну мережу розраховують на часткове наповнення. Часткове наповнення труб характеризується ступенем наповнення  $h/d$ , де  $h$  – глибина наповнення труби (мм),  $d$  – діаметр труби (мм).

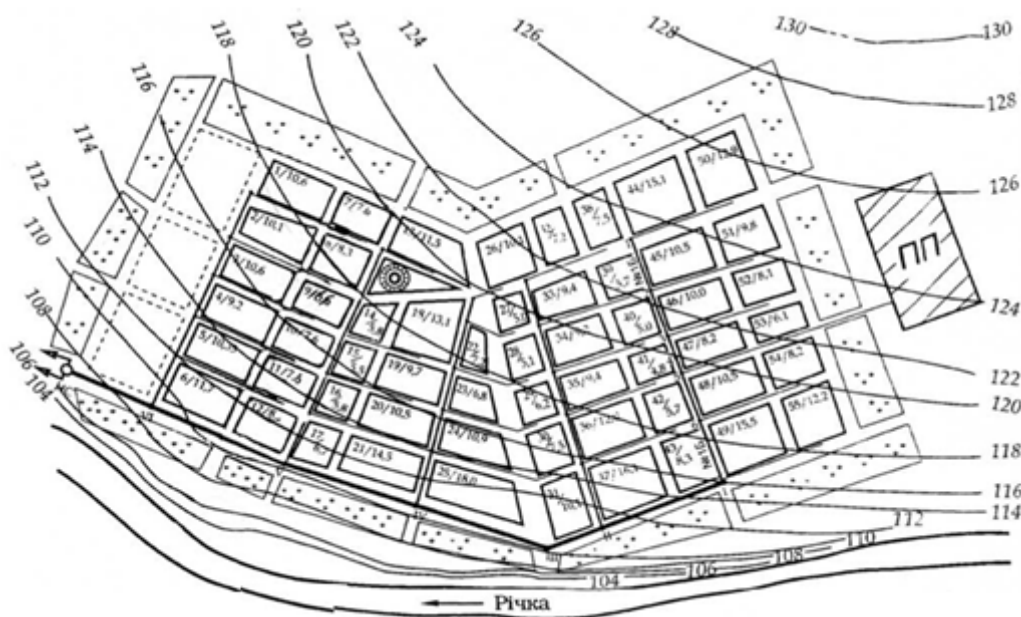


Рисунок 11.2 – Приклад трасування каналізаційної мережі міста

Для запобігання замулюванню колекторів приймаються мінімальні самоочищаючі швидкості руху стічних вод залежно від їхнього діаметра за таблицею 11.1. Максимально припустиме значення  $h/d$  для труб виробничо-побутової мережі різного діаметра також обмежено значеннями, зазначеними в таблиці 11.1.

Таблиця 11.1 – Мінімальні самоочищаючі швидкості руху стічних вод

| Діаметр,<br>мм | Мінімальна самоочищаюча<br>швидкість, м/с | Максимально припустиме<br>наповнення $h/d$ |
|----------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 150-250        | 0,7                                       | 0,6                                        |
| 300-400        | 0,8                                       | 0,7                                        |
| 450-500        | 0,9                                       | 0,75                                       |
| 600-800        | 1,0                                       | 0,75                                       |
| >900           | 1,15                                      | 0,8                                        |

Під час проектування також необхідно дотримуватися так званого «правила швидкостей» – швидкість на наступній ділянці повинна бути більшою, або в крайньому випадку, рівної попередньої, тобто повинна постійно збільшуватися.

Каналізаційні лінії необхідно прокладати прямолінійно. В місцях поворотів мереж, в місцях зміни уклону лінії та діаметра труб, а також в місцях з'єднання декількох ліній необхідно влаштовувати колодязі.

## Тема №12 Визначення обсягів водовідведення

**Мета:** оволодіти навичками визначення обсягів водовідведення

Витрати побутових стічних вод залежать від кількості мешканців і норми водовідведення побутових вод. Витрата виробничих стічних вод залежить від кількості продукції та 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 в окремі дні й в окремі години доби. Нерівномірність їхнього надходження характеризується ступінчастим графіком, який аналогічний графіку водоспоживання.

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

$$K_{заг.} = K_{доб.} \cdot K_{год.}$$

Загальний коефіцієнт нерівномірності побутових стічних вод залежить від їхньої середньої секундної витрати.

Таблиця 12.1 – Загальний коефіцієнт нерівномірності побутових стічних вод

| Середня витрата, л/с | 5 | 15  | 30 | 50  | 100 | 200 | 800 |
|----------------------|---|-----|----|-----|-----|-----|-----|
| $K_{заг.}$           | 3 | 2,5 | 2  | 1,8 | 1,6 | 1,4 | 1,2 |

Середньодобова витрата, м<sup>3</sup>/добу, визначається за формулою:

$$Q_{макс.сек.} = \frac{q_n \cdot N}{1000},$$

де  $q_n$  – питома 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:

$$q_{сер.сек.} = \frac{q_n \cdot N}{24 \cdot 3600}$$

Каналізаційну мережу розраховують на пропуск максимальної секундної витрати за формулою:

$$Q_{\text{макс.сек.}} = q_{\text{сер.сек.}} \cdot K_{\text{заг.}}$$

### Приклад 12.1

Визначити витрати стічних вод від населення і виробничих стічних вод.

Вихідні дані: загальна площа забудови – 252,2 га. Щільність населення на розрахунковий період – 295 осіб/га.

Розрахункове населення міста:

$$N = P \cdot F = 295 \cdot 252,2 = 74\,399, \text{ осіб/га,}$$

де  $P$  – щільність населення, осіб/га;

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

Приймаємо розрахункове населення 74 400 осіб.

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

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

де  $q_{\text{сер.сек.}}$  – секундна витрата води, л/с;

$K_{\text{заг.}}$  – загальний коефіцієнт нерівномірності притоку стічних вод, приймають за таблицею 12.1 залежно від середньо-секундної витрати.

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

$$Q = Q_{\text{макс.сек.}} + Q_{\text{п.п.}}$$

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

Середньодобова витрата стічних вод від населення, л/добу, визначається за формулою (водовідведення дорівнює питомому водоспоживанню, залежить від благоустрою житла, кліматичних умов  $q_n = 200 \text{ л/осіб}$ ):

Каналізаційну мережу розраховують на пропуск максимальної секундної витрати:

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

де  $K_{заг}$  – загальний коефіцієнт нерівномірності притоку стічних вод, приймають за таблицею 1.1 залежно від середньосекундної витрати. У нашому прикладі  $K_{заг}=1,46$ .

### Завдання

Визначити витрати води на господарсько-питні потреби населення міста, на комунальні потреби міста та на гасіння пожеж при загальній площі забудови  $F$ , га. Щільність населення на розрахунковий період –  $P$ , осіб/га.

Таблиця 12.2 – Варіанти для виконання завдання

| Вихідні дані                                              | Номери варіантів |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-----------------------------------------------------------|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                                           | 1                | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    |
| Загальна площа забудови, $F$ , га                         | 320,1            | 310,3 | 300,5 | 290,7 | 280,9 | 270,1 | 260,3 | 250,5 | 240,7 | 230,9 |
| Щільність населення на розрахунковий період, $P$ , чол/га | 300              | 295   | 290   | 285   | 280   | 285   | 280   | 285   | 275   | 270   |
| Максимальна добова норма водоспоживання, $q_n$ л/чол      | 140              | 150   | 130   | 150   | 140   | 125   | 140   | 160   | 235   | 230   |
| Виробнича витрата води, $Q_{n.n}$ , л/с                   | 10               | 15    | 12    | 16    | 9     | 11    | 14    | 17    | 15    | 8     |

## Тема №13 Трасування мереж тепlopостачання

**Мета:** вивчити вимоги безпеки при трасуванні інженерних мереж

Джерелом теплоти в мікрорайоні є центральний тепловий пункт (ЦТП), що отримує воду з температурою  $t_n = 130\text{--}150\text{ }^{\circ}\text{C}$  від ТЕЦ або районної котельні. У будинку за допомогою водопідігрівачів відбувається приготування гарячої води ( $t_{гв} = 55^{\circ}\text{C}$ ) для господарських потреб. Крім того, ЦТП здійснює розподіл теплоносія із  $t_n = 130\text{--}150\text{ }^{\circ}\text{C}$  індивідуальними тепловими пунктами (ІТП), розміщеними в технічних підпіллях будинків, а також виконує низку інших допоміжних функцій. В ІТП температура теплоносія знижується до  $t_n = 95\text{--}105\text{ }^{\circ}\text{C}$ , після чого гаряча вода надходить до системи опалення будинків. Розміри ЦТП визначають залежно від теплової потужності. Розподільчі мережі, що забезпечують подачу теплоносія до ЦТП, і мережі, що розводять теплоносій від ЦТП до ІТП будинків мікрорайону, можуть прокладатися безканально, у непрохідних каналах, колекторах, технічних підпіллях будинків і «зчепленнях».

Приклади трасування теплових мереж наведені на рисунках 13.1–13.3.



## Тема №14 Розрахування витрат теплоти на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання

**Мета:** ознайомитися з методикою визначення витрат теплоти на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання

### 14.1 Система опалення

Система опалення слугує для підтримання в помешканні заданої температури повітря. Вона компенсує тепловтрати через захисні конструкції будинку і витрати тепла на нагрівання зовнішнього повітря, що надходить за рахунок інфільтрації.

Джерелами тепла при централізованому теплопостачанні можуть бути теплоелектроцентралі (ТЕЦ), на яких здійснюється комбінований виробіток електричної і теплової енергії та котельні установи великої потужності. Теплоносієм є перегріта вода з температурою 150 °С.

Підключення системи опалення будинку до теплових мереж здійснюється через центральний тепловий пункт ЦТП, де відбувається розподіл, регулювання параметрів теплоносія для місцевої системи опалення і приготування води для гарячого водопостачання.

Теплоносієм у місцевій системі є гаряча вода з температурою 90°-70°.

ЦТП бажано розміщувати в центрі теплового навантаження із забезпеченням умов для перебування постійного чергового персоналу.

Визначення максимального теплового потоку на опалення будинків, Вт:

$$Q' = Q'_{жс} + Q'_z, \quad (14.1)$$

де  $Q'_{жс}$  – тепловий потік на опалення житлових будинків;  
 $Q'_z$  – тепловий потік на опалення громадських будинків;

$$Q'_{жс} = q_0 \cdot F_{жс}; \quad (14.2)$$

$$Q'_z = q_0 \cdot F_z \cdot (1 + K_I) \quad (14.3)$$

де  $q_0$  – укрупнений показник максимального теплового потоку на опалення житлових будинків на 1 м<sup>2</sup> загальної площі (за табл. 14.1);

$F_{жс}$  – загальна площа житлових будинків, м<sup>2</sup>;

$F'_z$  – загальна площа громадських будинків, м<sup>2</sup>;

$K_I$  – коефіцієнт, що враховує тепловий потік на опалення громадських будинків, приймають рівним 0,25.

Таблиця 14.1 – Укрупнені показники максимального теплового потоку  $q_0$ , Вт для будівництва після 1985 р.

| Поверховість житлової забудови | Характеристика забудови      | Розрахункова температура зовнішнього повітря, $t^{\circ}\text{C}$ |     |     |     |
|--------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|
|                                |                              | -15                                                               | -20 | -25 | -30 |
| 1-2                            | За новими типовими проєктами | 159                                                               | 166 | 173 | 177 |
| 3-4                            |                              | 86                                                                | 91  | 97  | 101 |
| $\geq 5$                       |                              | 70                                                                | 73  | 81  | 85  |

## 14.2 Система гарячого водопостачання

Система гарячого водопостачання призначена для одержання, розподілу і використання гарячої води з  $t = 55^{\circ}\text{C}$  для господарсько-побутових потреб. У централізованих системах теплопостачання приготування гарячої води здійснюється у швидкісних або ємкісних бойлерах, встановлених у ЦТП.

Холодна вода з міського водопроводу подається в ЦТП, де нагрівається теплоносієм, що надходить від централізованого джерела теплопостачання. Для забезпечення постійної температури приймають циркуляційну схему подачі гарячої води.

Визначення максимального теплового потоку на гаряче водопостачання житлових і громадських будинків, Вт:

$$Q_{г.в.} = q_{г.в.} \cdot N \cdot 2,4, \quad (14.4)$$

де  $q_{г.в.}$  – укрупнений показник середнього теплового потоку на гаряче водопостачання на одну особу (Вт), приймають залежно від норми водоспоживання  $q_{\text{utot}}$ .

При  $q_{\text{utot}} = 250$  л/особу за добу –  $q_{г.в.} = 376$  Вт;

При  $q_{\text{utot}} = 360$  л/особу за добу –  $q_{г.в.} = 407$  Вт;

$N$  – кількість мешканців, що користуються централізованим гарячим водопостачанням.

## 14.3 Система вентиляції

Система вентиляції забезпечує видалення з помешкань забрудненого і подачу чистого повітря, тобто створює необхідний повітрообмін у приміщеннях.

У житлових будинках і гуртожитках передбачається природна витяжна вентиляція з влаштуванням каналів у внутрішніх стінах помешкань. У літню пору вентиляція здійснюється через відкриті кватирки і вікна.

У будинках громадського і комунально-побутового призначення передбачається влаштування примусової вентиляції теплим потоком повітря.

Визначення максимального теплового потоку на вентиляцію громадських будинків, Вт:

$$Q_n = q_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot F_z, \quad (14.5)$$

де  $q_0$  – укрупнений показник максимального теплового потоку на опалення житлових будинків на 1 м<sup>2</sup> загальної площі (див. табл. 14.1);

$K_1$  – коефіцієнт, що враховує тепловий потік на опалення громадських будинків, приймають 0,25;

$K_2$  – коефіцієнт, що враховує тепловий потік на вентиляцію громадських будинків, побудованих після 1985 р., приймають 0,6;

$F_z$  – загальна житлова площа будинків.

### Тема № 15 Трасування мереж газопостачання

**Мета:** закріпити лекційний і додатковий матеріал: на генплані забудови жилої групи спроектувати газові мережі середнього й низького тиску та розташувати ГРП, визначити розрахункові витрати споживання газу; згідно з планом будинку запроектувати внутрішню систему газопостачання.

Газові мережі мікрорайону необхідно проектувати низького тиску із облаштуванням одного газорегулюючого пункту (далі – ГРП) поблизу ЦТП, але на відстані не менше 10 м. До ГРП підводиться розподільний газопровід середнього тиску. У ГРП забезпечується очищення газу від механічних домішок і зниження тиску газу до необхідної величини. Від ГРП по розвідних газопроводах низького тиску природний газ надходить у внутрішні системи газопостачання будинків. Газопроводи можуть бути прокладені в землі або стінами будинків вище вікон першого поверху. При прокладці газопроводів низького тиску в землі вводи до будинків роблять крізь сходові клітки, а при надземній прокладці – безпосередньо в кухні або у сходові клітки.

Газопроводи середнього й низького тиску не прокладають у колекторах, технічних підпіллях і «зчепленнях». При спільній прокладці газопроводи розміщують паралельно колектору на обумовленій відстані.

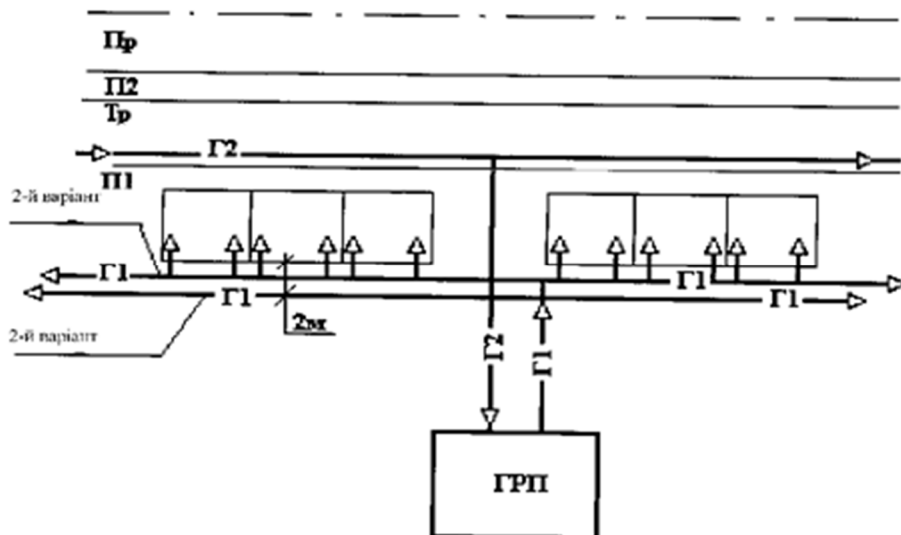


Рисунок 15.1 – Методи прокладання газових мереж

### Розрахування споживання газу в мікрорайоні

Річні витрати газу на побутові потреби встановлюють для кожного мікрорайону:

$$g^p = m \cdot \frac{n_1 + n_2}{Q_p^H}, \text{ м}^3 / \text{рік},$$

де  $m$  – кількість мешканців у мікрорайоні;

$n_1$  – норма витрат газу на приготування їжі на 1 особу, Ккал/рік;

$n_2$  – норма витрат газу на приготування гарячої води (якщо в мікрорайоні передбачене гаряче водопостачання,  $n_2 = 0$ );

$Q_p^H$  – калорійність газового палива, Ккал/м<sup>3</sup>.

Годинні витрати газу для усіх видів споживачів визначають залежно від річних витрат газу та коефіцієнта годинного максимуму  $k_m$  за формулою:

$$g_r = g_p \times k, \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Для житлових мікрорайонів  $k_m$  обирають залежно від кількості жителів у мікрорайоні.

### Тема №16 Трасування мереж електропостачання

**Мета:** закріпити лекційний і додатковий матеріал: на генплані забудови житлової групи спроектувати електричні мережі та розташувати ТП, визначити витрати електричної енергії.

У системах електропостачання міст найбільшого поширення набуло прокладання кабелів у траншеях. Можливе прокладання кабелів у

азбестоцементних і бетонних трубах. Конструкція кабелів залежить від призначення та напруги електролінії. Струмоведучі жили кабелю виконують із алюмінію та міді.

У прохідних каналах кабелі прокладають без броні, що знижує вартість електроліній, поліпшує їхню профілактику та ремонт. Кабельні лінії розміщують на відстані не менше 2 м від стовбурів дерев та 0,6 м від фундаментів будинків.

Трансформаторні підстанції призначені для приймання, зміни рівня напруги та розподілу електричної енергії. Зниження напруги виконують трансформатори. У мікрорайонах рекомендуються закриті ТП, які можуть бути включені у громадські будинки або прибудовані до них, а також виконуватися у вигляді окремих будинків за типовими кресленнями.

Окремі ТП мають виконуватися зі збірних залізобетонних елементів промислового виготовлення. Розташовуються вони на відстані 10 м від будинків, електропостачання яких здійснюється від розподільних щитів, розташованих у сходових клітках.

Розвідні телефонні мережі ВО від ТРШ прокладають транзитом через технічні підпілля будівель і прохідні «зчіпки» сумісно з розвідними водопроводами, тепловими й електричними мережами. При роздільному методі прокладання телефонні лінії розташовуються на відстані не менше 0,6 м від будівлі. Вводи виконують у сходові клітки будинку.

ТРШ розташовують на зовнішніх стінах будівель або у сходових клітках.

Приклади трасування електричних мереж наведені на рисунках 16.1–16.6.

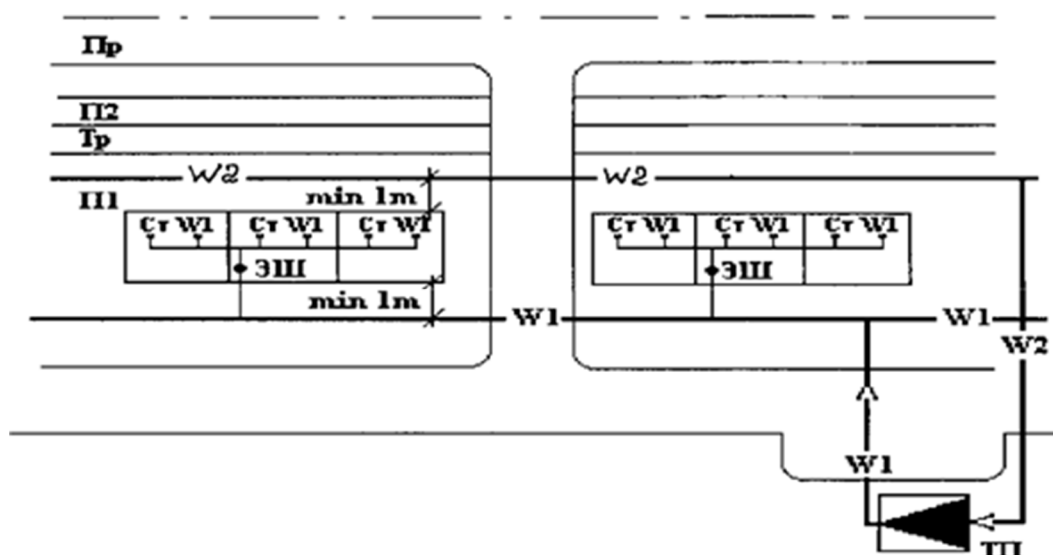


Рисунок 16.1 – Роздільний метод прокладання силових розподільних і розвідних електричних мереж

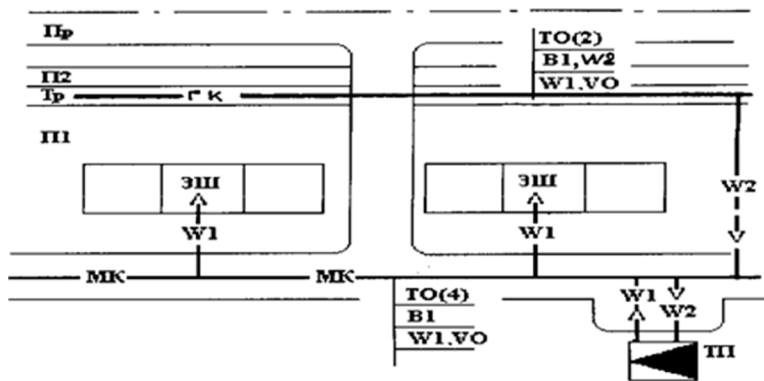


Рисунок 16.2 – Суміщений метод прокладання силових електричних мереж

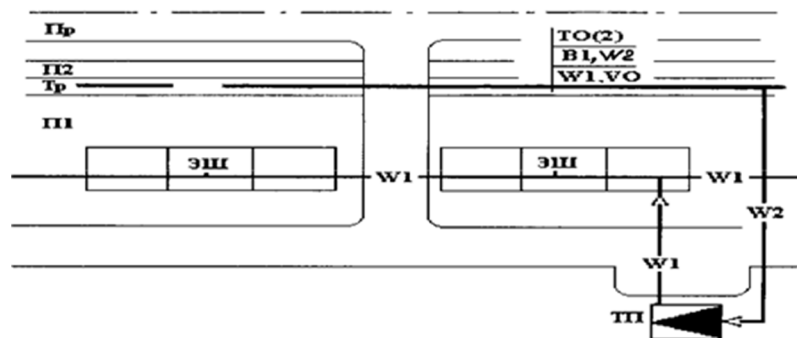


Рисунок 16.3 – Суміщений метод прокладання силових електричних мереж:  
розподільні – у міському колекторі; розвідні – у технічних підпіллях і  
«зчепленнях»

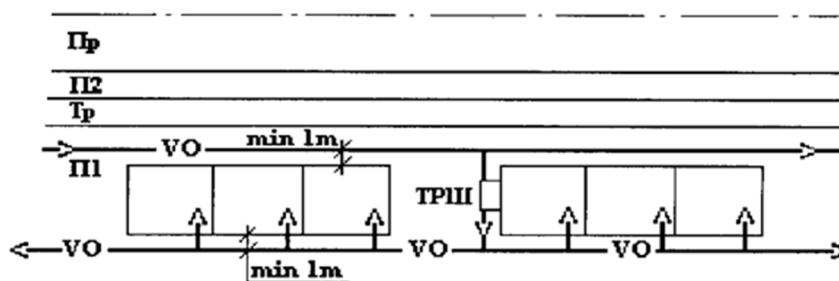


Рисунок 16.4 – Роздільний метод прокладання слабкострумових електричних мереж

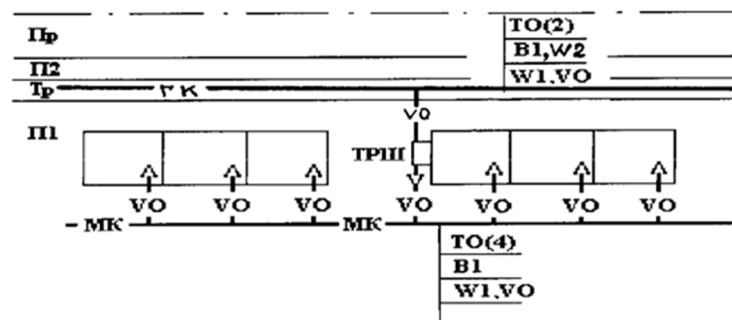


Рисунок 16.5 – Суміщений метод прокладання слабкострумових електричних мереж

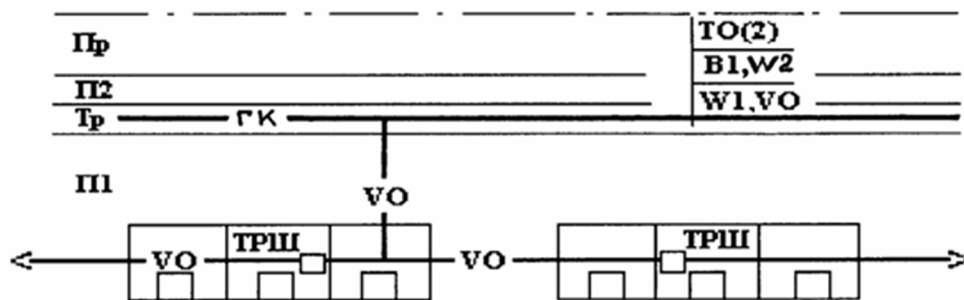


Рисунок 16.6 – Суміщений метод прокладання слабкострумівих електричних мереж: розподільні – у міському колекторі; розвідні – у технічних підпіллях і «зчепленнях»

## Тема №17 Методи розрахування електричних навантажень

**Мета:** вивчити вимоги безпеки електричних мереж

Розрахункове електричне навантаження житлових будинків складається з навантажень квартир і загальнобудинкових силових електроприймачів (електродвигунів ліфтів, вентиляторів і т. д.).

Для житлових будинків ВСН регламентує два характерних режими електроспоживання з застосуванням найбільш типових електроприладів:

1) для газифікованих квартир; 2) квартир із електроплитами.

Розрахункове навантаження квартир  $P_{кв}$  визначають за формулою, кВт:

$$P_{кв} = P_{кв.пит.} \cdot n, \quad (17.1)$$

де  $P_{кв.пит.}$  – питоме розрахункове навантаження електроприймачів квартир, обладнаних електроплитами (табл. 17.2);

$n$  – кількість квартир у будинку.

Розрахункове навантаження ліфтових установок, кВт:

$$P_{кв} = k_n \cdot D_i, \quad (17.2)$$

де  $k_n$  – коефіцієнт попиту, що залежить від кількості ліфтових установок і поверхів будинку (табл. 17.1);

$n$  – кількість ліфтів у секції будинку;

$D_i$  – установлена потужність двигунів,  $D_i = 4,5$ кВт.

Таблиця 17.1 – 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                |
| > 20                         | 0,35                                   | 0,4                |

Таблиця 17.2 – Питоме розрахункове навантаження електроприймачів квартир

| Споживачі електроенергії               | Питоме розрахункове навантаження електроприймачів за кількості квартир, кВт на 1 квартиру |     |      |      |      |     |     |      |      |      |
|----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----|------|------|------|-----|-----|------|------|------|
|                                        | 1–3                                                                                       | 6   | 12   | 18   | 24   | 40  | 60  | 100  | 200  | 400  |
| Квартири з плитами:                    |                                                                                           |     |      |      |      |     |     |      |      |      |
| На природному газі                     | 4,5                                                                                       | 2,3 | 1,45 | 1,15 | 1,0  | 0,8 | 0,7 | 0,6  | 0,5  | 0,45 |
| На скрапленому газі та твердому паливі | 5,0                                                                                       | 2,6 | 1,65 | 1,35 | 1,15 | 1,0 | 0,9 | 0,8  | 0,75 | 0,7  |
| Електричними потужність до 5,9кВт      | 6,0                                                                                       | 3,2 | 2,4  | 2,0  | 1,8  | 1,5 | 1,3 | 1,15 | 1,0  | 0,9  |
| Електричними потужність 5,9–8 кВт      | 7,0                                                                                       | 4,0 | 2,5  | 2,0  | 1,8  | 1,5 | 1,3 | 1,15 | 1,0  | 0,9  |

Розрахункове навантаження кількості квартир, що не зазначене в таблиці, визначають інтерполяцією.

Питоме розрахункове навантаження квартир враховує навантаження освітлення загальнобудинкових приміщень (сходів, ліфтових холів, вестибюлів, технічних підвалів, сміттєзбірних камер тощо.)

У житлових будинках понад дев'ять поверхів передбачається система димовідведення. Із цією метою на кожній сходовій клітці встановлюють один вентилятор на припливній установці потужністю  $P_n = 10$  кВт і один на витяжній установці потужністю  $P_B = 10$  кВт.

Розрахункове навантаження двигунів силових установок розраховують за формулою, кВт:

$$P_{ДВ} = (P_{П} + P_B) \cdot n, \quad (17.3)$$

де  $n$  – кількість секцій у будинку.

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

$$P_{жб} = P_{кв} (\cos j_{кв} + 0.9P_{л}) (\cos j_{л} + P_{дв}) \cos j_{дв}, \quad (17.4)$$

де  $\cos j_{кв}$ ,  $\cos j_{л}$ ,  $\cos j_{дв}$  – розрахункові значення коефіцієнтів потужності, (табл. 17.3).

Таблиця 17.3 – Значення коефіцієнтів потужності живильних ліній житлових будинків

| Споживачі, підключені до живильних ліній                                        | Розрахункові значення коефіцієнтів потужності |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|
| Квартири:                                                                       | 0,98                                          |
| – з електричними кухонними плитами;                                             | 0,96                                          |
| – з кухонними плитами на природному газі;<br>скрапленому газі й твердому паливі |                                               |
| Насоси, вентилятори                                                             | 0,85                                          |
| Ліфти                                                                           | 0,6                                           |

**Приклад 17.1.** Визначити розрахункові навантаження для житлових газифікованих будівель. Один із будинків 40-квартирний, інший 200-квартирний. Житлова площа квартир – 35м<sup>2</sup>, другий будинок має чотири ліфтових установки ( $P_{двиг} = 5$  кВт).

Питомі навантаження на квартиру визначають за таблицею 17.1.

За формулою (17.1) для розрахункового навантаження лінії, яка живить 40-квартирний будинок (за відсутності нежитлових приміщень і силового навантаження):

$$P_{кв} = P_{кв.пит.} \cdot n \cdot 1,05 = 0,7 \cdot 40 \cdot 1,05 = 29,4 \text{ кВт}$$

Коефіцієнт 1,05 відображає збільшення на 1 % для 1 м<sup>2</sup> додаткової (> 30 м<sup>2</sup>) площі помешкань.

Для лінії, що живить будинки з ліфтовими установками, розрахункове навантаження визначається в той самий спосіб.

*Виробничо-практичне видання*

Методичні рекомендації

з проведення практичних занять, організації самостійної та розрахунково-графічної робіт з навчальної дисципліни

## **«БЕЗПЕКА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМ ТА КОМУНІКАЦІЙ»**

*(для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання зі спеціальності 263 – Цивільна безпека, освітня програма «Охорона праці»)*

Укладач **АБРАКІТОВ** Володимир Едуардович

Відповідальна за випуск *К. В. Данова*

*За авторською редакцією*

Комп'ютерне верстання *В. Е. Абракітов*

План 2021, поз. 197М

---

Підп. до друку 07.12.2021. Формат 60 × 84/16

Електронне видання. Ум. друк. арк. 2,5

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет міського господарства

імені О. М. Бекетова,

вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: [office@kname.edu.ua](mailto:office@kname.edu.ua)

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи: ДК № 5328 від 11.04.2017.