

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

кафедра міського будівництва та господарства
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота (проект)

другий (магістерський)
(рівень вищої освіти)

на тему Вплив реверсу місцевості на
формування енергетичних втрат
у водопровідній мережі

Виконав: студент 2 курсу, групи 2.1929-ВВ-3
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код і назва спеціальності)

спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)

освітньої програми Водопостачання та водовідведення
(назва освітньої програми)

О. У. Мисенко

(ініціали та прізвище)

Керівник доцент канд. техн. н. Ябровольська О. І.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент професор, проф. д. т. н. Іванак В. А.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя

20 20

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут _____
Кафедра міського будівництва та господарства
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)
Освітня програма Водопостачання та водовідведення

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

« 28 » 09 20 20 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Лисенко Оксана Чванівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проєкту) Вплив реверсу міського водопостачання на формування енергетичних втрат у водопровідній мережі

керівник роботи Добровольська Оксана Тригорівна Канд. техн. Н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 25 » 05 2020 року № 599-С

2 Строк подання студентом роботи 01.12.2020

3 Вихідні дані до роботи Схема водопровідної мережі із 16 контурів 25 вузлів 40 діаметр продуктивністю 120 тис. м³/год K=1,35

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Розділ Аналіз енерговтрат. 2. Методи та методи дослідження. 3. Структура цієї розрахункової водопровідної мережі та їх вплив на реверс та формування енергетичних втрат. 5. Обсяг роботи

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1. Титульний. 2. Ізометричний план. 3. Графіки енерговтрат (вихідний варіант). 4. Висновок щодо впливу реверсу та забордови. 5. Графіки енерговтрат для всіх магістралей (варіант А 2) 7. Графіки енерговтрат (варіанти Б-1, Б2) 8. Діаграми відхилення коефіцієнтів енерговтрат

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Аналіз есерабестра	Добровольська О.Т. доцент	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
2. Аналіз та літературне	Добровольська О.Т. доцент	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
3. Підприємства розрахунок	Добровольська О.Т. доцент	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
4. Аналіз фінансової діяльності підприємства	Добровольська О.Т. доцент	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
5. Охорона праці	Добровольська О.Т. доцент	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>

7 Дата видачі завдання 28.09.2020

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз літератури з питань безпеки праці та збір фактичного матеріалу. Ввіт розділ 1	12.10 - 08.11	
2	Аналіз літератури з питань безпеки праці. Ввіт розділ 1	01.11 - 08.11	
3	Розробка 2-3. Підприємства розрахунок мети 4, 5	09.11 - 16.11	
4	Робота над розділом 4. Побудова графіків мети №4	17.11 - 29.11	
5	Розділ 5 "Охорона праці" мети №5	29.11 - 07.12	
	Оформлення повномовної звітності		

Студент *[Signature]* О.Т. Мешко
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проєкту) *[Signature]* О.Т. Добровольська
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер *[Signature]* О.М. Фостанченко
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Лисенко О. І. Вплив рельєфу місцевості на формування енергетичних втрат у водопровідній мережі

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 - будівництво та цивільна інженерія. Науковий керівник – О. Г. Добровольська, Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут. Кафедра міського будівництва та господарства, 2020 р.

Виконано аналіз впливу структурних та геодезичних факторів на формування енерговтрат у водопровідній мережі. Розроблено та обґрунтовано методику визначення енерговтрат у водопровідних магістралях та застосування даних про коефіцієнти енергетичних втрат для вибору оптимальних варіантів трасування мережі при її проектуванні.

Ключові слова: ВОДОПРОВІДНА МЕРЕЖА; МОДЕЛЮВАННЯ; ЕНЕРГОВИТРАТИ; ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК; ПРОЕКТУВАННЯ.

SUMMARY

Lysenko OI Influence of terrain on the formation of energy losses in the water supply network.

Qualification final work for obtaining a master's degree in specialty 192 - construction and civil engineering. Supervisor - OG Dobrovolska, Zaporizhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute. Department of Urban Construction and Economy, 2020.

The analysis of the influence of structural and geodetic factors on the formation of energy losses in the water supply network is performed. The technique of determination of energy losses in water mains and application of data on coefficients of energy losses for a choice of optimum variants of tracing of a network at its designing is developed and proved.

Keywords: WATER SUPPLY NETWORK; MODELING; ENERGY CONSUMPTIONS; HYDRAULIC CALCULATION; DESIGNING.

ЗМІСТ

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЕНЕРГОВИТРАТ В СИСТЕМАХ ВОДОПОСТАЧАННЯ

1.1. Оцінка енерговитрат в системах водопостачання.....11

1.2. Аналіз показників оцінки економічної ефективності роботи систем розподілу води.....16

1.3 Шляхи скорочення енергоспоживання в системах розподілу води.....22

1.4 Мета роботи та задачі.....26

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ.....27

2.1 Методи дослідження.....27

2.2 Методика дослідження.....27

РОЗДІЛ 3. ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ ТА

АНАЛІЗ ЇХ РЕЗУЛЬТАТІВ.....29

3.1 Стисла характеристика об'єкту дослідження.....29

3.2 Режим водоспоживання міста.....30

3.3 Визначення розрахункових витрат.....32

3.4 Гідравлічна ув'язка мережі.....37

3.4 Розрахунок п'єзометрів.....38

3.5 Визначення розрахункового напору насосів та діаметрів напірних водоводів.....39

3.6 Висновки за розділом 3.....50

РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ РЕЛЬЄФУ МІСЦЕВОСТІ НА ФОРМУВАННЯ

ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВТРАТ У ВОДОПРОВІДНІЙ МЕРЕЖІ.....51

4.1 Характеристика варіантів дослідження та розрахунок п'єзометричних карт для різних варіантів.....51

4.2 Розрахунок кількості використаної енергії.....57

4.3 Розрахунок коефіцієнтів використання енергії.....65

4.4 Висновки до розділу 4.....69

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА69

5.1. Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих

виробничих факторів.....	69
5.2. Заходи з поліпшення умов праці.....	74
5.3. Виробнича санітарія.....	77
5.3.1. Розрахунок штучного освітлення приміщення.....	79
5.4. Електробезпека.....	82
5.5. Пожежна безпека.....	83
5.6 Висновки за розділом 5.....	83
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	85
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	86
Додаток А.....	91
Додаток Б.....	105

ВСТУП

Актуальність теми магістерської роботи. Актуальність роботи полягає у необхідності вибору оптимального рішення під час проектування або реконструкції водопровідних мереж міст та населених пунктів. Водопровідні мережі є найбільш енергоємною частиною системи подачі і розподілу води, яка визначає надійну та економічну роботу всього комплексу водопровідних споруд. Сучасний розвиток водопостачання в Україні іде шляхом реконструкції та інтенсифікації роботи діючих водопровідних мереж. Їх стан характеризується зношенням, низькою ефективністю роботи, високою аварійністю. Питання гарантованого та надійного водозабезпечення не можуть бути вирішені без вирішення питань їх надійної та економічної роботи. Поліпшення трасувань мереж є першим етапом на шляху їх реконструкції. Тому актуальною залишається проблема вибору оптимального трасування водопровідної мережі на стадії її проектування шляхом поєднання методів варіантного проектування та техніко-економічних розрахунків з урахуванням фактичних енерговитрат в умовах різних режимів її роботи.

Об'єкт дослідження – кільцева магістральна водопровідна мережа населеного пункту, яка складається з 16 кілець продуктивністю 120000 м³/добу та поверховістю забудови 5 і 9 поверхів.

Предмет дослідження – моделювання варіантів забудови та рельєфу місцевості та аналіз енерговитрат в мережі.

Методи дослідження: При плануванні, проведені досліджень та обробці отриманих результатів використані математичне і комп'ютерне моделювання, методи гідравлічних розрахунків водопровідних мереж.

Мета роботи – дослідження впливу рельєфу на формування енергетичних витрат енергії, аналіз варіацій коефіцієнтів використання енергії у водопровідній мережі для різних рельєфів місцевості та поверховості забудови міста та розробка способу їх уточнення.

Задачі досліджень. Для досягнення вказаної мети було потрібно:

- розробити розрахункові схеми водопровідної мережі;
- виконати моделювання різних варіантів забудови та рельєфу місцевості;
- виконати гідравлічні розрахунки мережі з урахуванням варіантів забудови міста та рельєфу місцевості;
- виконати аналіз енерговитрат для водопровідних магістралей з урахуванням варіантів забудови та рельєфу міста;
- визначити усереднені коефіцієнти витрат енергії для кожної магістралі за розглянутими варіантами;
- виконати аналіз результатів розрахунків та оцінити відхилення між середніми коефіцієнтами витрат енергії та відповідними коефіцієнтами для окремих магістралей.

Наукова новизна отриманих результатів. Розроблено та обґрунтовано методику визначення енерговитрат у водопровідних магістралях; вперше запропоновано застосовувати дані про коефіцієнти енерговитрат для вибору оптимальних варіантів трасування мережі при її проектуванні.

Практичне значення отриманих результатів. Проведені дослідження дозволяють проектним відділам комунальних підприємств на стадії проектування визначити найбільш економічний варіант трасування мережі, Покращення трасувань водопровідних мереж є першим етапом на шляху їх реконструкції. Тому роботи, в яких досліджуються методи поєднання варіантного проектування та техніко-економічних розрахунків з урахуванням фактичних енерговитрат є актуальними і мають практичну значимість.

Апробація роботи. Головні положення доповідались на Міжнародній науково-практичній конференції молодих науковців, аспірантів і здобувачів вищої освіти «Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки», яка відбулась 20-22 травня 2020 року та на XXV Науково-технічній конференції студентів, магістрів, аспірантів і викладачів ЗДІА, яка проводилась 24-27 листопада 2020 року.

Структура й обсяг роботи. Робота складається зі вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 38 найменування. Робота викладена на 110 сторінках, містить 13 таблиць, 13 рисунків, 2 додатки.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЕНЕРГОВИТРАТ В СИСТЕМАХ ВОДОПОСТАЧАННЯ

1.1 Оцінка енерговитрат в системах водопостачання

У зв'язку з інтеграцією України до світового економічного простору одним із завдань економічної політики стає створення умов для забезпечення енерго- та ресурсозбереження і стійкого функціонування вітчизняних комунальних підприємств. Незалежно від форм організації виробництва, масштабів діяльності та інших характеристик цих підприємств виникає об'єктивна потреба і необхідність їх модернізації. Комунальне господарство відіграє важливу роль у житті держави і регіональній економіці, оскільки тут зосереджений великий потенціал забезпечення життєдіяльності населення. Цілеспрямовані перетворення, що визначають суть процесу модернізації [1], є одним з важливих чинників оптимізації комунальних підприємств та забезпечення їх відповідності ринковій кон'юнктурі і цільовим пріоритетам діяльності на всіх етапах життєвого циклу суб'єктів господарювання.

Схема оптимізації водопостачання – комплекс технічних документів, у яких за результатами комплексного аналізу стану систем водопостачання виявляють “вузькі місця”. На основі такого аналізу розробляється комплекс заходів щодо їх усунення, а також заходи з розвитку систем водопостачання для підвищення якості води та ефективності очищення стічних вод, надійності роботи систем водопостачання та водовідведення, забезпечення раціонального використання матеріальних та енергетичних ресурсів у водопровідно-каналізаційному господарстві.

Усунення основних проблем, що виникають під час експлуатування системи, а також вибір та введення у дію оптимального обладнання відбувається в результаті впровадження оптимізованих схем водопостачання.

Підставою для розроблення схеми оптимізації систем водопостачання та водовідведення є Закон України «Про питну воду та питне водопостачання» [2], Загальнодержавна програма “Питна вода України» на 2006-2020 роки [3, 4],

Закон України «Про місцеве самоврядування в Україні» [5], наказ Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 23.12.2011 № 476 «Про затвердження Методичних рекомендацій з розробки схем оптимізації роботи систем централізованого водопостачання та водовідведення» [6].

Основним завданням техніко-економічного розрахунку водопровідних мереж є визначення таких діаметрів трубопроводів, при яких подача заданої кількості води до місць її відбору споживачами може бути здійснена з найменшою витратою коштів на будівництво та експлуатацію мереж.

Проблеми проектування водопровідних мереж, що задовольняють поставленим вимогам, охоплюють цілий комплекс питань. На економічні показники системи суттєво впливає вибір найвигіднішої схеми трасування мережі, найбільш раціональної конфігурації мережі, кількість водоживлювачів, найвигідніший розподіл між ними загальної кількості води, режим їх роботи, місця розташування, кількість і розміри акумулюючих ємностей і т.ін.

У відповідності з загальноприйнятою методикою економічної оцінки інженерних систем [7] найвигіднішим є таке її рішення, при якому приведена величина щорічних витрат на її будівництво та експлуатацію буде найменшою (за встановлений строк).

Вартість будівництва системи подачі і розподілу води визначається в основному вартістю водопровідних ліній (трубопроводів). Вартість будівництва насосних станцій становить звичайно відносно невелику частину від загальної вартості системи. Вартість решти споруд не впливає на економічну оцінку комплексу гідравлічно пов'язаних між собою споруд системи.

Основну частину експлуатаційних витрат в розглянутих системах становить вартість енергії, яка витрачається на підйом води. Величина витрат, пов'язаних з споживанням енергії, визначається кількістю поданої води та напором, під яким вода повинна подаватися в систему. Цей напір визначається перевищенням заданої п'єзометричної позначки диктуючої точки системи (мережі) над позначкою рівня води в резервуарі насосної станції та сумарною величиною втрат напору. Останні залежать від величини гідравлічних опорів,

які визначаються довжиною та діаметром трубопроводів і витратами води в них [8].

Центральні водоводи, магістральні та розподільні мережі є основною складовою частиною систем подачі та розподілу води, становлять до 70-80% від їх вартості. Водопровідні мережі розташовані по всій території об'єктів водопостачання – міст та населених пунктів, характеризуються конструктивною складністю, постійною динамічністю стану та недосконалістю і порушеннями роботи в сучасних умовах. Тому при їх реконструкції важливим є визначення економічно обґрунтованих діаметрів водопровідних ліній і схем влаштування водопровідних мереж у цілому.

Теорія техніко-економічних розрахунків водоводів і водопровідних мереж розвивається з 40-х років минулого століття і започаткована в роботах Л.Ф.Мошніна, М.М.Абрамова, В.Г.Ільїна, П.Д.Хоружого [9] та ін. Незважаючи на вивчення питання, у зв'язку з новими особливостями роботи систем водопостачання в сучасних умовах та неточністю одних і громіздкістю інших методів розрахунків, вони потребують уточнень. Це, зокрема, стосується оцінки капіталовкладень у ринкових умовах, коректування цінових показників, розрахунків економічно вигідних діаметрів труб тощо[10]. Питання розрахунків водопровідних мереж було вивчене в багатьох аспектах. Але виникли інші обставини та особливості роботи систем подачі і розподілу води в сучасних умовах. Розрахунки водопровідних мереж відрізняються неточністю складністю методів. Тому вони потребують уточнень. Насамперед, уточненню повинні підлягати оціночні методи капіталовкладень у ринкових умовах, коректування показників цінової політики, методи визначення економічно вигідних діаметрів труб тощо.

Теоретичний аналіз традиційних методів техніко-економічних розрахунків та вивчення особливостей роботи водоводів і водопровідних мереж у нинішніх умовах дозволяє внести зміни й доповнення до цих методів з метою їх вдосконалення і підвищення точності кінцевих результатів – обґрунтування еко-

номічно вигідних діаметрів труб і схем влаштування систем подачі і розподілу води, і зокрема, водопровідних мереж [2].

В техніко-економічних розрахунках водоводи і водопровідні мережі розглядають, як єдиний технологічний комплекс в системах подачі і розподілу води: насосна станція – водоводи – водопровідні мережі [1, 2]. Це пов'язано з необхідністю врахування змінної складової експлуатаційних витрат – вартості електроенергії на підняття і транспортування води. Схеми їх влаштування, відповідно до складності техніко-економічних розрахунків, можна віднести до одного з трьох основних типів: прості водоводи (подача води по кількох нитках із її розбором в кінці водоводів); комбіновані водоводи і «лінійні» мережі (те ж, із розбором води в кінцевих і проміжних точках); кільцеві мережі (багато-структурований граф із довільними розборами води).

Із результатів досліджень [10] вартість електроенергії на підняття і транспортування води може бути визначена за формулою:

$$\text{Вел}_t = N_{\text{ср.т}} \cdot \Theta_t \cdot \sigma_t = \sigma_t \cdot \sum_{\tau=1}^{\Theta_t} N_{\tau}, \quad (1.1)$$

де $N_{\text{ср.т}}$ і N_{τ} – середня за рік (t-й) і фактична (середня за 1 годину) потужність,

витрачена на підняття води, кВт;

Θ_t – тривалість роботи системи протягом t-го року, год.; в основному

цілодобово (24 год.) протягом всього року (365 днів) – 8760 год.;

σ_t – вартість 1 кВт·год. електроенергії для t-го року, грн.

А значення N_{τ} за формулою:

$$N_{\tau} = \frac{1000 \cdot Q_{\text{НС.}\tau} \cdot H_{\text{НС.}\tau}}{102 \cdot \eta_{\tau}}, \quad (1.2)$$

де $Q_{\text{НС.}\tau}$ і $H_{\text{НС.}\tau}$ – відповідно подача води, м³/с, і висота підняття води, м,

насосною станцією протягом τ -ї години;

η_τ – коефіцієнт корисної дії насосних агрегатів для τ -ї години, д. од.

Висота підняття води в загальному вигляді визначається за формулою:

$$H_{\text{НС.}\tau} = H_r + \sum_{i=1}^N x_{i,\tau} \frac{k_i \cdot l_i}{d_i^{m_i}} q_{i,\tau}^{\beta_i}, \quad (1.3)$$

де H_r – геометрична висота підняття води насосами, м;

$x_{i,\tau}$ – коефіцієнт ролі i -ї ділянки у витратах енергії на транспортування води для τ -ї години;

k_i, m_i і β_i – параметри у формулі втрат напору в трубах i -ї ділянки;

$q_{i,t}$ – витрати води на i -й ділянці для τ -ї години, м³/с.

Загальний вираз аналітичної формули для визначення економічно вигідних діаметрів труб водоводів і водопровідних мереж [11, с.80]:

$$d_{\text{ек.}i} = E_i \cdot k_{\text{qt.}i} \cdot Q_{\text{ср.НС.о}}^{\frac{\beta_i+1}{\alpha_i+m_i}}, \quad (1.4)$$

де E_i – параметр, що враховує вартість будівництва та експлуатації

трубопроводу на i -й ділянці (аналогічно економічному фактору \mathcal{E});

$k_{\text{qt.}i}$ – узагальнений коефіцієнт відносного завантаження i -ї ділянки;

$Q_{\text{ср.НС.о}}$ – середня (за рік) подача води насосною станцією в початковий

період, м³/с.

$$E_i = \left(\frac{85900 \cdot k_i \cdot m_i \cdot \sigma_o}{\alpha_i \cdot b_i \cdot \eta_p \cdot \left(\frac{1}{S_{\text{et}}} + P_a \right)} \right)^{\frac{1}{\alpha+m}} ; \quad (1.5)$$

$$k_{qt,i} = \left(\frac{1}{8760 \cdot S_{et}} \cdot \sum_{t=0}^T \left(\frac{\sigma_t}{\sigma_o} \cdot \frac{1}{(1+e)^t} \cdot \sum_{\tau=1}^{\Theta_t} \left(\frac{\eta_p}{\eta_\tau} \cdot k_{QHC,\tau}^{\beta_i+1} \cdot X_{i,\tau} \cdot k_{qi,\tau}^{\beta_i} \right) \right) \right)^{\frac{1}{\alpha_i+m_i}}, \quad (1.6)$$

де σ_t і σ_o – вартість 1 кВт·год електроенергії для t -го року і в початковий період, грн.;

η_p і η_τ – коефіцієнти корисної дії насосів, розрахунковий і для τ -ї години, д.од;

$k_{QHC,\tau} = Q_{HC,\tau} / Q_{cp,HC,o}$ – коефіцієнт зміни відносної подачі насосної станції для τ -ї години;

$k_{qi,\tau} = q_{i,\tau} / Q_{HC,\tau}$ – те ж, для i -ї ділянки.

Параметри E_i і $k_{qt,i}$ змінюються в часі і залежать від економічних (зміни вартості труб, обладнання, будівельно-монтажних робіт, електроенергії, тощо) і технологічних (зношення насосних агрегатів, збільшення гідравлічного опору труб та інше) показників [12]. Ці зміни можуть бути враховані при розрахунках за формулами [11, с.77...83 і 99...104], на основі яких створено сервісний програмний модуль *TEP_dek.* в середовищі Microsoft Excel [11, с.276...282]. Останній спосіб більш придатний для практичного застосування.

1.2. Аналіз показників оцінки економічної ефективності роботи систем розподілу води

Створення економічної системи водопостачання базується на розв'язанні задачі зменшення коштів на перекачування споживачу необхідних обсягів води. Значну частку фінансових витрат у зазначеному процесі водопостачання складає оплата за електроенергію, спожиту електроприводами насосів.

При прогнозуванні споживання електричної енергії насосною станцією можна користуватися різними узагальненими технічними характеристиками.

Однією з них, яка на сьогодні є досить широко вживаною, може бути коефіцієнт корисної дії (ККД) системи. Якщо відомі ККД окремих елементів системи, її загальний коефіцієнт корисної дії можна розрахувати як добуток ККД окремих складових. Інколи цей добуток доповнюється кореляційним коефіцієнтом, який враховує особливості взаємозв'язків між окремими ланками системи. Для систем водопостачання також можна користуватися не узагальненим ККД, а поняттям енергоефективності системи [3]. Під енергоефективністю розуміють раціональність використання енергії в тій чи іншій системі.

Для оцінки енергоефективності системи застосовують класичний підхід:

$$\eta_{\text{с.в.}} = A_{\text{кор}} / A_{\text{затр}}, \quad (1.7)$$

де $\eta_{\text{с.в.}}$ – ККД системи водопостачання;

$A_{\text{кор}}$ – корисна енергія;

$A_{\text{затр}}$ – затрачена енергія.

Але поняття фізичного ККД як відношення корисної енергії до затраченої в даному випадку застосовувати недоцільно, оскільки не можна вважати корисною роботою роботу по подоланню сил гідравлічного опору трубопровідної мережі. Корисним в даному випадку є сам факт доставки продукції в пункт кінцевого призначення, а не робота, яка при цьому витрачена, і котру, вочевидь, необхідно зменшувати.

Для оцінки енергоефективності систем водопостачання авторами [13] запропоновано наступне: так як $Q = f(A_{\text{кор}})$ і $P = f(A_{\text{зат}})$, то:

$$EE = Q / P, \quad (1.8)$$

де EE – енергоефективність, $\text{м}^3/(\text{с} \cdot \text{кВт})$;

Q – кількість перекачаної води насосами, $\text{м}^3/\text{с}$;

P – затрачена енергія електродвигуна, кВт.

Потужність, що споживає насосний агрегат, визначається за формулою [13, с.107]:

$$P = N / (\eta_{\text{дв.}} / \eta_{\text{пр.}}), \quad (1.9)$$

де $\eta_{\text{дв.}}$ – ККД електродвигуна;

$\eta_{\text{пр.}}$ – ККД перетворюючого пристрою (частотного перетворювача);

N – потужність насоса, кВт, яка визначається за формулою:

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{1000 \cdot \eta_n}, \quad (1.10)$$

де ρ – густина рідини, що перекачується, кг/м³;

g – прискорення вільного падіння, м²/с;

Q – подача насоса, м³/с;

H – напір насоса, м.

$$EE = \frac{1000 \cdot Q \cdot \eta_n \cdot \eta_{\text{дв.}} \cdot \eta_{\text{пр.}}}{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q} = \frac{1000}{\rho \cdot g} \cdot \frac{\eta_n \cdot \eta_{\text{дв.}} \cdot \eta_{\text{пр.}}}{H}, \quad (1.11)$$

Як вважає автор [13] енергоефективність можна представити у вигляді функції $EE = f(H, \eta_{\text{на}})$, тобто її значення можна зменшити двома шляхами: підвищенням ККД насосного агрегату та зменшенням напору. Напір, який створюється робочими насосними агрегатами, складається з напору, що необхідний для виконання певного технологічного процесу у споживача, та напору, який необхідний для подолання сил гідравлічного опору трубопровідної мережі, яка з'єднує насосну станцію і споживача. Але напір, який необхідний для виконання технологічного процесу, зменшити не можна, тоді як напір, необхідний для подолання сил гідравлічного опору трубопровідної мережі, можна зменшити за рахунок оптимізації потокорозподілу (ліквідації зайвих місцевих опорів, збільшення діаметрів водоводу тощо). Аналізуючи приведені вище дослідження, можна зробити висновок, що узагальнену оцінку економічності системи водопостачання слід визначати через критерій енергоефективності системи. З одного боку, не всі

елементи системи водопостачання можуть характеризуватися коефіцієнтом корисної дії, а з іншого – він не завжди є об’єктивним показником, збільшення якого мінімізує споживання електроенергії. Це свідчить про те, що визначання економічних показників системи з великою кількістю елементів через її узагальнюючий ККД є складним (а інколи і неможливим), у той час як енергоефективність системи є інтегральним показником її економічності [13, с.107].

Визначення фактичних витрат електроенергії і, зокрема, їх питомих значень N_{ϕ} , проводяться на основі звітних даних і контрольних вимірів. Це дозволяє оцінити точність звітної інформації, встановити реальні втрати води та електроенергії і отримати достовірні значення питомих витрат електроенергії для різних насосних агрегатів і режимів їх подачі. Нормативні витрати електроенергії відповідають розрахунковим, визначеним за умови підтримування вільних напорів на рівні необхідних в контрольних (диктуючих) точках мережі.

Нормативні питомі витрати електроенергії визначаються за формулою:

$$N_o = \frac{N_H}{Q} = \frac{g \cdot q \cdot H}{1000 \cdot \eta_{н.а} \cdot q \cdot 3.6} = 0.00273 \cdot \frac{H}{\eta_{н.а}}, \quad (1.12)$$

де N_H – потужність насоса, кВт;

Q – подача насоса, м³/год;

g – прискорення вільного падіння м/с²; $g = 9,81$ м/с²;

q – подача насоса, л/с;

H – напір насоса, м;

$\eta_{н.а}$ – коефіцієнт корисної дії насоса, частка одиниці.

Питомі витрати електроенергії визначають для встановленого насосного обладнання $N_{o.н}$ і для системи в цілому $N_{o.с}$. В першому випадку вони відповідають номінальним значенням $N_{o.ном}$, які розраховують за паспортними характеристиками насосів для найвищого ККД $\eta_{н.а}$, а для системи в цілому за формулою (1.12) для напору:

$$H = H_r + h ,$$

де H_r – геодезична висота підйому води, м;

h – нормовані втрати напору в трубопроводах від насосної станції до найвіддаленішого споживача (визначаються проектом або приймаються рівними 3...12 м на 1 км труб [5]), м.

Порівняльний аналіз фактичних питомих витрат електроенергії N_{ϕ} із нормативними $N_{o.n}$ і $N_{o.c}$ дозволяє не тільки встановити місця і розміри перевитрат електроенергії, але й визначити можливі їх причини. Так, в разі коли $N_{\phi} \gg N_{o.n}$ має місце робота насосів в зоні низьких ККД, що характерно для випадків, коли відсутнє регулювання подачі при зміні режимів водоспоживання. Якщо $N_{\phi} \approx N_{o.n}$, але $N_{o.n} \gg N_{o.c}$, то потужність встановлених насосів перевищує необхідну, а сумісна робота споруд СПРВ є неефективною (дреселювання напорів засувками, занижена пропускна здатність мережі тощо). В цих випадках проводяться додаткові натурні дослідження СПРВ [6].

Показником експлуатаційної мобільності є здатність СПРВ до забезпечення оптимальних витрат електроенергії. Розрахункові витрати електроенергії визначаються залежністю [11, с.223]

$$A = N \cdot T , \quad (1.14)$$

де N – розрахункова потужність насосів, кВт;

T – тривалість роботи насосів з цією потужністю, год.

Питання експлуатаційної мобільності було детально розглянуто в роботі [11, с.224...228]. Так, потужність N розглядається як питома величина витрат енергії на подачу води, яка становить:

$$N = \frac{Q \cdot H}{102 \cdot \eta} = \frac{Q \cdot (H_r + h)}{102 \cdot \eta} = \frac{Q \cdot (H_r + S_m \cdot Q^{\beta_m})}{102 \cdot \eta} , \quad (1.15)$$

де Q – подача води насосною станцією, л/с;

H_r – геометрична висота підняття води, м;

h – втрати напору в СПРВ (від насосної станції до диктуючої точки), м;

S_M – гідравлічний опір системи;

η – коефіцієнт корисної дії насосних агрегатів.

А для визначення коефіцієнту нерівномірності витрат енергії на подачу води пропонується застосовувати формулу [11, с.224]:

$$K_N = \frac{N}{N_{cp}} = \frac{Q \cdot (H_r + S_M \cdot Q^{\beta_M})}{Q_{cp} \cdot (H_r + S_M \cdot Q_{cp}^{\beta_M})} = K_{год} \frac{H_r + S_M \cdot Q^{\beta_M}}{H_r + S_M \cdot Q_{cp}^{\beta_M}}; \quad (1.16)$$

$$k = \frac{h}{H_r} = \frac{S_M \cdot Q_{cp}^{\beta_M}}{H_r}; \quad S_M = \frac{k \cdot H_r}{Q_{cp}^{\beta_M}}; \quad (1.17)$$

$$K_N = K_{год} \frac{H_r + k \cdot H_r \cdot Q^{\beta_M} / Q_{cp}^{\beta_M}}{H_r + k \cdot H_r \cdot Q_{cp}^{\beta_M} / Q_{cp}^{\beta_M}} = K_{год} \frac{1 + k \cdot (Q/Q_{cp})^{\beta_M}}{1 + k} = K_{год} \frac{1 + k \cdot K_{год}^{\beta_M}}{1 + k}. \quad (1.18)$$

Аналіз формул (1.16...1.18) показує, що при зміні k від 0 ($h = 0$ при $S_M = 0$) до ∞ ($H_r = 0$) K_N буде змінюватись в межах від $K_{год}$ до $(K_{год})^{\beta+1}$. Зміни нерівномірності енерговитрат, що характеризується коефіцієнтом K_N , залежно від коефіцієнтів нерівномірності водоспоживання $K_{год}$ показано на рис.1.1. Очевидно, що при значеннях $K_{год} < 1,0$ коефіцієнти K_N змінюються в обмеженому діапазоні (не більше ніж на 0,3), а при $K_{год} > 1,0$ – зростають в кілька разів. Перевірка відповідності значень K_N , розрахованих за формулою (1.18), їх дійсним величинам для реальних СПРВ населених пунктів вказує на очевидну розбіжність. Автором [11, с.225] зроблено висновок, що такий характер розбіжності між фактичними і теоретичними значеннями коефіцієнтів нерівномірності енерговитрат має місце на кожній водопровідній насосній станції, що не мають сучасних пристроїв регулювання їх продуктивності, зокрема, перетворювачів частоти струму. Обумовлено це тим, що підібране насосне обладнання розраховане на забезпечення подачі максимальних розрахункових витрат води.

1.3 Шляхи скорочення енергоспоживання в системах розподілу води

Завдяки гідроенергетиці Україна отримує 6% від усієї видобутої електроенергії, у той же час, 4% її споживає сектор із водопостачання та водовідведення.

Щоб покращити ці показники, треба оптимізувати споживання електроенергії у технологічних процесах водопостачання та водовідведення. Після впровадження енергозаощаджуючих заходів можна досягти економії до 30% споживання електроенергії. Коли подача насосами фактичні витрати електроенергії значно перевищують оптимальні (до 30 % – в діапазоні експериментальних величин; понад до 50 % – при мінімальному водоспоживанні).

По-перше, видобуток і обробка води мають бути більш ефективними після заміни застарілого електротехнічного обладнання. При використанні кількох насосів, що забезпечують подачу води при різних режимах водоспоживання, досягається скорочення фактичних витрат електроенергії. Але оптимальні витрати електроенергії мають місце тільки при максимальній подачі насосів, навіть за умови подачі споживачам розрахункових витрат води із необхідними напорами. Із збільшенням кількості насосів ступінчастий графік цих витрат буде наближуватись до теоретичної лінії 3. Але при цьому зростатиме будівельна вартість насосної станції та експлуатаційні витрати на ремонт і оплату електроенергії, тому що зменшуються величини коефіцієнтів корисної дії менш потужних насосів. Тому, кількість насосних агрегатів повинна бути обмеженою залежно від продуктивності насосної станції [11].

Однією із основних причин підвищення аварійності мережі і зростання витоків води, особливо в районах, в яких необхідні напори значно менші ніж в диктуючих точках, є регулювання подачі води на головній насосній станції. Крім перевитрат електроенергії, це створює надлишкові напори у водопровідній мережі практично в усіх діапазонах роботи насосів. Тобто,

практично протягом всього експлуатаційного періоду у водопровідній мережі, навіть у диктуючих точках, мають місце надлишкові напори..

При влаштуванні зонування системи [11 с. 264-265] вказані недоліки зводяться до мінімуму [5]. Графік витрат електроенергії на головній насосній станції фактично апроксимується з теоретичною лінією їх оптимальних величин. Це, крім ліквідації перевитрат електроенергії, дозволяє практично протягом всього експлуатаційного періоду знизити надлишкові напори в основній частині водопровідної мережі. Однак, при максимальному водоспоживанні в диктуючих точках окремих районів напори знизяться нижче необхідних. Тому у їх вузлах регулювання встановлюються підвищувальні насосні станції (ПНС).

Для незонованої системи кількість енергії, яка витрачається:

$$E = \gamma \cdot Q \cdot H, \quad (1.19)$$

де γ – коефіцієнт, що враховує нерівномірність споживання електроенергії на

подавання води протягом розрахункового періоду;

Q – витрата води, л/с;

H – напір насосів, визначений для забезпечення потрібного вільного напору в диктуючій точці, м.

Якщо водопровідну мережу розбити на n рівновеликих зон, то при послідовному подаванні води в зони загальна витрата енергії буде становити:

$$E_3 = \frac{\gamma \cdot H}{n} \cdot \left(\frac{Q}{n} + \frac{2Q}{n} + \frac{3Q}{n} + \dots + \frac{n \cdot Q}{n} \right) = \quad (1.20)$$

$$= \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{n^2} \cdot (1 + 2 + 3 + \dots + n) = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H \cdot (n + 1)}{2n}.$$

Така сама витрата енергії буде і при паралельному подаванні вод у рівновеликі зони:

$$E_3 = \frac{\gamma \cdot Q}{n} \cdot \left(\frac{H}{n} + \frac{2H}{n} + \frac{3H}{n} + \dots + \frac{n \cdot H}{n} \right) =$$

$$= \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{n^2} \cdot (1 + 2 + 3 + \dots + n) = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H \cdot (n+1)}{2n}, \quad (1.21)$$

тобто у зонованому водопроводі:

$$E_3 = (n+1) \cdot E / 2n, \quad (1.22)$$

або економія енергії становить:

$$\Delta E = 100 \cdot (n-1) / 2n. \quad (1.23)$$

Із збільшенням кількості зон зростатиме економія енергії. Нижня межа (при $n = \infty$) становитиме $\Delta E_{\text{гр}} = 50\%$. Таким чином, при збільшенні числа зон зменшується загальна вартість енергії, яка витрачається на подавання води, а отже, знижуються експлуатаційні витрати. Проте із збільшенням кількості зон зростатиме будівельна вартість водопровідних споруд. Економічна доцільність зонування й оптимальна кількість зон визначаються на основі техніко-економічних розрахунків, які показали, що для малих об'єктів водопостачання зонування може бути необхідним за технічними вимогами, а для великих, крім того, може бути ще й економічно вигідним [11].

По-друге, вартість розподілу води та її споживання може бути значною мірою знижено за рахунок впровадження низки заходів. Вимірювання видобутку та споживання води є найбільшим пріоритетом.

Скорочення енерговитрат і втрат води в умовах інтенсивного зношення трубопроводів базується на зміні технологій подачі води, орієнтованих на стабілізацію водопостачання із забезпеченням мінімальних нормативних напорів в мережі.

Важливим кроком в цьому напрямі є оперативна ліквідація та попередження витоків на водопровідних мережах. Як показали дослідження закордонних фахівців [14, 15, 16], матеріал трубопроводів впливає на рівень аварійності водопровідних мереж.

Як свідчить досвід вітчизняних [17,18] та закордонних фахівців [19, 20, 21], недостатня надійність трубопроводів водопровідних мереж негативно позначається на якості питної води.

Фахівці [22] вважають, що найбільш вагомими витрати в структурі собівартості води – зарплата і електроенергія, а значної економії зарплати можна домогтися шляхом поліпшення організації ремонтних робіт та автоматизації основних технологічних процесів. Як показали результати досліджень [23] за кордоном розвиток водопровідних мереж відбувається шляхом прокладання труб з високоміцного чавуну з кулястим графітом (ВЧКГ) та внутрішнім полімерцементним покриттям, які мають термін служби більше 100 років, а також поліетиленових труб.. В Україні нові ділянки водопровідної мережі прокладаються, зазвичай, з поліетиленових труб, гарантійний термін служби яких складає 50 років.

Результати аналізу літературних джерел показали, що в інженерному проектуванні питання гідравлічних розрахунків та техніко-економічного обґрунтування оптимальних рішень тісно взаємозв'язані. Між тим, кожна із цих сфер має відокремлену теоретичну базу, що потребує поглибленого аналізу. Питання сумісної роботи споруд систем подачі та розподілу води (СПРВ) [23], впливу режимів водоспоживання [24], показників надійності [25], визначення економічно обґрунтованих діаметрів водопровідних ліній, доцільності застосування та оптимальних розмірів схем в СПРВ[11] впливають на вибір оптимального рішення при проектуванні мереж. В більшості випадків оптимальне рішення може бути знайдене в результаті поєднання методів варіантного проектування та техніко-економічних розрахунків водопровідних мереж при різних режимах їх роботи.

1.4 Мета роботи та задачі

Мета роботи – аналіз енерговитрат та визначення коефіцієнтів використання енергії для водопровідної мережі, яка розташована на місцевості з різним геодезичним ухилом та поверховістю забудови. Для досягнення мети роботи прийнята наступна методика:

- гідравлічний розрахунок вихідної водопровідної мережі з використанням програми «ГІДРАСТ 1»;
- розрахунок п'єзометричної карти для вихідного варіанту;
- креслення графіків енерговитрат для всіх магістралей та умов вихідного варіанту;
- визначення коефіцієнтів використання енергії;
- моделювання можливих варіантів забудови та рельєфу міста;
- розрахунок п'єзометричних карт, визначення коефіцієнтів використання енергії для різних варіантів рельєфу та забудови;
- креслення графіків енерговитрат для всіх магістралей з урахуванням різних варіантів рельєфу та забудови;
- розрахунок середньозважених коефіцієнтів витрат енергії для кожної магістралі за розглянутими варіантами;
- аналіз результатів розрахунків та оцінка відхилень між середніми коефіцієнтами витрат енергії та відповідними коефіцієнтами для окремих магістралей.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Методи дослідження

Об'єктом дослідження було прийнято кільцеву водопровідну мережу, яка складається із 16 кілець, 25 вузлів та 40 ділянок. Схема мережі представлена на рис. 2.1., також на листі 1 графічної частини роботи.

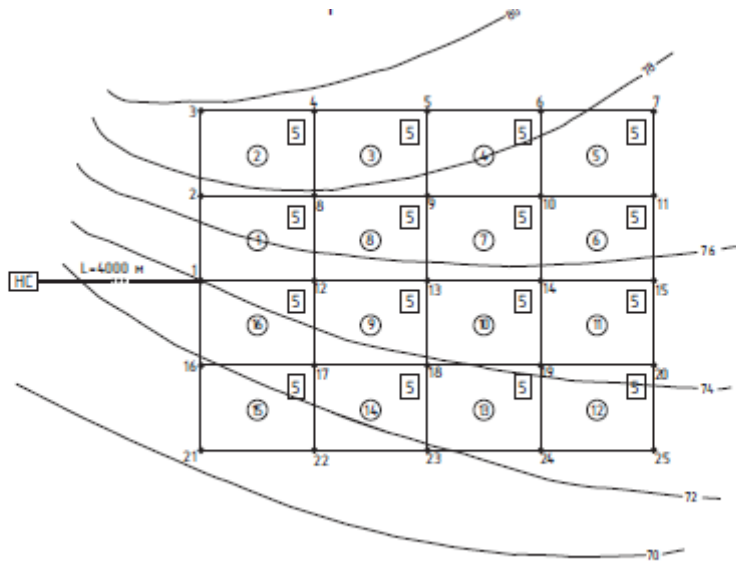


Рисунок 2.1 – Вихідна конфігурація мережі

Предметом дослідження є моделювання варіантів рельєфу місцевості та забудови житлових районів, аналіз енерговтрат в мережі, оцінка впливу геодезичних та структурних факторів на їх формування. Для дослідження впливу рельєфу місцевості на енергетичні втрати у водопровідній мережі в роботі застосовані методи математичного та комп'ютерного моделювання, методи гідравлічних розрахунків.

2.2 Методика дослідження

Для досягнення поставленої мети використано наступну методику:

- вибрано об'єкт дослідження - водопровідна мережа, схема якої А.1 відповідає конфігурації із 16 контурів, 40 ділянок та 25 вузлів;
- виконано розрахунок вихідного варіанту мережі;

- визначені коефіцієнти використання енергії для магістралей мережі за вихідним варіантом;
- виконано моделювання рельєфу місцевості: варіанти А і Б, по кожному варіанту рельєфу розглянуто 10 варіантів забудови міста : А2-А.11 та Б.2-Б.11 відповідно, як приклад, варіанти рельєфу А, Б, В показані нарис. 2.2.;

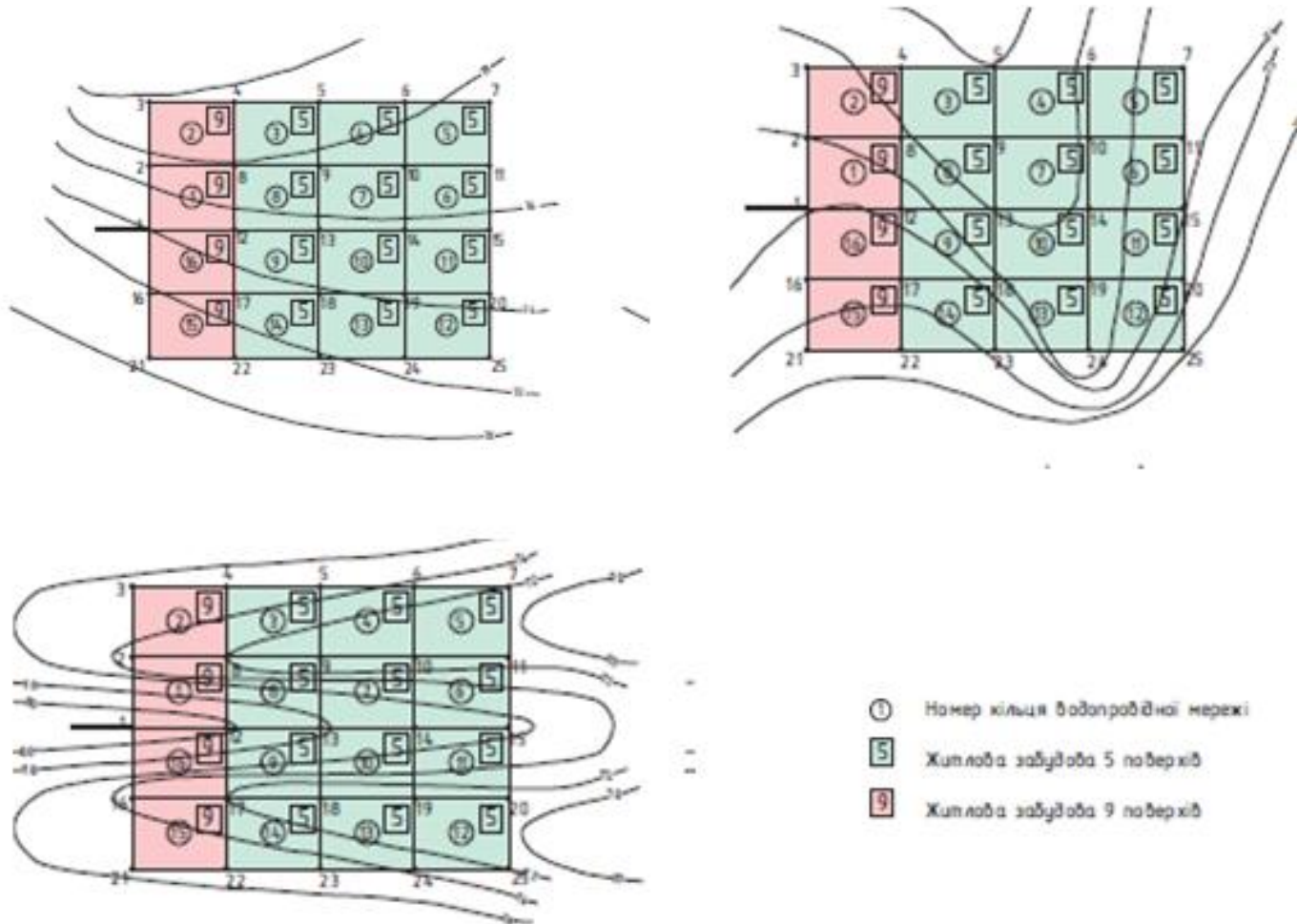


Рисунок 2.2 – Варіанти рельєфу місцевості

- будувались графіки енерговитрат для всіх магістралей та умов варіантів рельєфу і забудови міста;
- визначались середньозважені коефіцієнти витрат енергії для кожної магістралі за розглянутими варіантами;
- виконувався аналіз відхилень середніх коефіцієнтів витрат енергії від їх відповідних значень для окремих магістралей та будувались графіки відхилень.

РОЗДІЛ 3. ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ ТА АНАЛІЗ ЇХ РЕЗУЛЬТАТІВ

3.1 Стисла характеристика об'єкту дослідження

В даній роботі об'єктом дослідження є кільцева магістральна водопровідна мережа населеного пункту, яка складається з 16 кілець. Вихідна схема водопровідної мережі приведена на рис.3.1 та на листі №1 графічної частини роботи

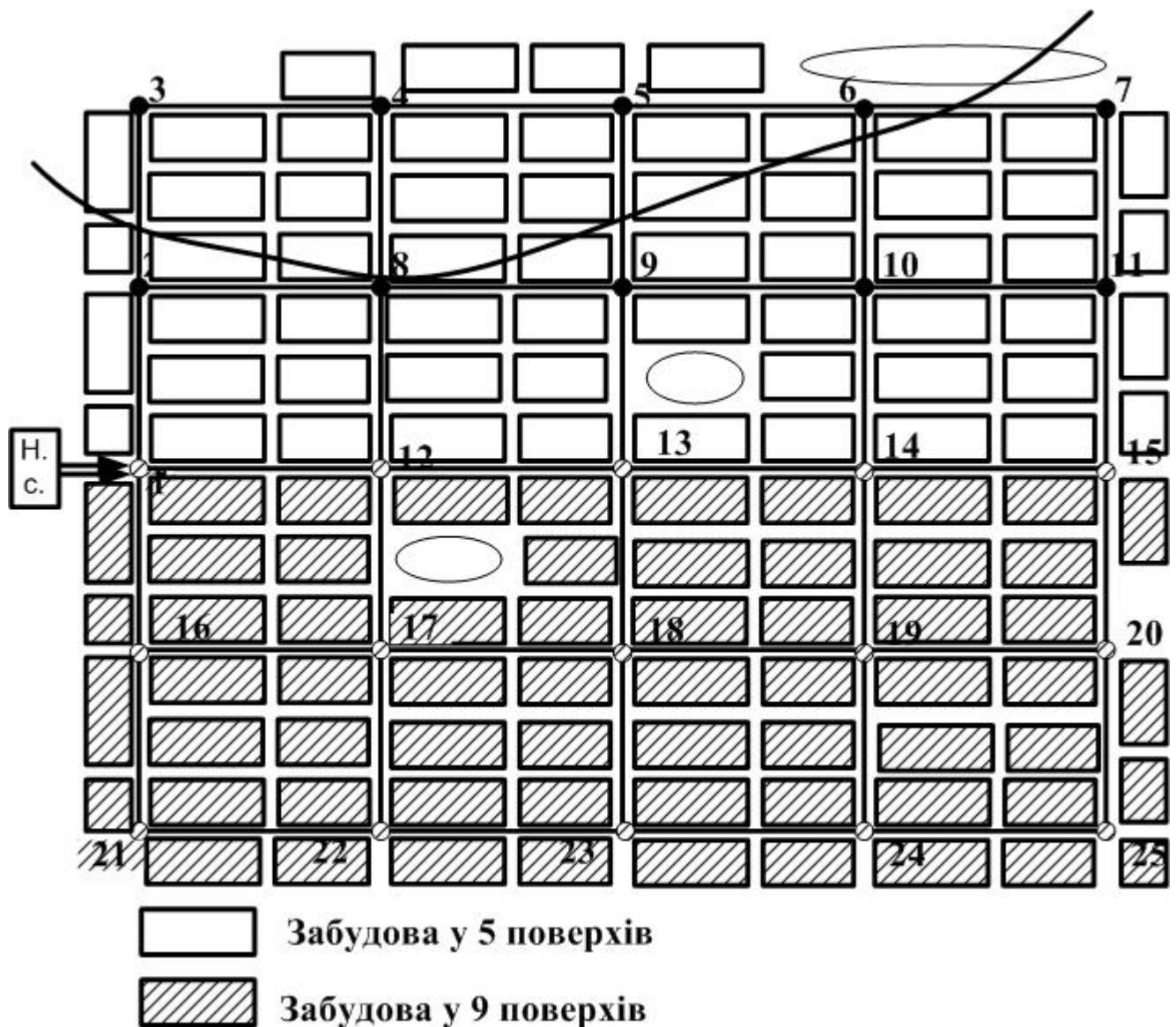


Рисунок 3.1 – Вихідна конфігурація мережі

Характерні дані для населеного пункту:

- максимальна добова витрата води 120000 м³/добу;
- максимальний коефіцієнт годинної нерівномірності $K_{\text{макс.год}} = 1,35$;
- довжина водоводів від насосної станції II підйому до мережі 4 км;
- можлива поверховість забудови 5 і 9 поверхів (рис. 3.1);
- можлива варіація позначок поверхні землі в місті від 70 м до 80 м;
- позначка вісі насосів насосної станції другого підйому 55 м.

3.2 Режим водоспоживання міста

Згідно із [26] прийнято розподіл води за годинами доби при коефіцієнті погодинної нерівномірності $K_{\text{макс.год}} = 1,35$. Коефіцієнт нерівномірності водоспоживання враховує ступень благоустрою, кількість мешканців та вірогідність водоспоживання протягом доби, прийнят як усереднене значення відбору води за кожен годину доби.

Витрата води для кожної години визначена за формулою:

$$Q_{j\text{ч}} = P_{j\text{ч}} \cdot Q_{j,\text{доб.макс}} / 100, \quad (3.1)$$

де $P_{j\text{ч}}$ – значення j -ї погодинної витрати, %;

$Q_{j,\text{доб.макс}}$ – максимальна витрата для міста, м³/доб.

Результати розрахунків приведені в табл.3.1

Максимальне водоспоживання відбувається о 9-10 годині ранку і становить 5.63 % від добової витрати або 6756,00 куб.м/год, тобто $6756/3,6=1876,7$ л/с.

Величина максимального годинного водоспоживання враховується у подальших розрахунках як головний режим водоспоживання для даного населеного пункту.

Таблиця 3.1 – Погодинні витрати води

Години доби	%Q _{доб}	м ³
0-1	3,00	3600,00
1-2	3,17	3800,00
2-3	2,50	3000,00
3-4	2,60	3120,00
4-5	3,50	4200,00
5-6	4,10	4924,00
6-7	4,50	5400,00
7-8	4,90	5880,00
8-9	4,90	5880,00
9-10	5,63	6756,00
10-11	4,90	5880,00
11-12	4,70	5640,00
12-13	4,40	5280,00
13-14	4,10	4920,00
14-15	4,10	4920,00
15-16	4,40	5280,00
16-17	4,30	5160,00
17-18	4,10	4920,00
18-19	4,50	5400,00
19-20	4,50	5400,00
20-21	4,50	5400,00
21-22	4,80	5760,00
22-23	4,60	5520,00
23-24	3,30	3960,00
Разом	100,00	120000,00

3.3 Визначення розрахункових витрат

Прийнята схема водопостачання міста без водонапірної башти. Вода подається в мережу двома водоводами довжиною 4000 м від насосної станції другого підйому. Водоводи приєднуються до магістральної мережі у вузлі 1.

Напрямок п'яти транзитних магістралей відповідає головному напрямку руху води:

- 1-2-3-4-5-6-7;
- 2-8-9-10-11,
- 1-12-13-14-15,
- 16-17-18-19-20
- 1-16-21-22-23-24-25.

Сумарна довжина магістральної мережі – 28000 м.

Як видно із таблиці 3.1, з 09.00 до 10.00 години ранку відбувається максимальний годинний відбір води з водопровідної мережі - 6756,00 м³/год (1876,67 л/с), що становить 5,63 % від добової витрати (за табл.3.1).

Питома витрата при максимальному водоспоживанні визначається за формулою:

$$q_{\text{пит}} = Q / \sum l, \quad (3.2)$$

де Q – повна витрата води, яка відбирається з мережі в годину максимального водоспоживання, л/с,

за таблицею 3.1 $Q = 6756,00 \text{ м}^3/\text{год} = 1876,67 \text{ л/с}$;

$\sum l$ – загальна розрахункова довжина магістральної лінії, м.

Розрахункові довжини ділянок приведені в таблиці 3.2 (довжини ділянки мережі, які обслуговують споживачів тільки з одного боку, враховані в половинному розмірі).

Таким чином, за даними таблиці 3.2, сумарна розрахункова довжина ділянок мережі становить $\sum l = 22400 \text{ м}$.

$$q_{\text{пит.}} = 1876,67 : 22400 = 0,0838 \text{ л/с.}$$

Шляхові витрати ділянок визначаються за формулою:

$$Q_{\text{шл}} = q_{\text{пит.}} \cdot l_{\text{д.}}, \quad (3.3)$$

де $l_{\text{д.}}$ – розрахункова довжина розглянутої ділянки, м.

Розрахунок шляхових витрат представлений в таблиці 3.2.

Вузлові витрати для випадку максимального водоспоживання:

$$Q_{\text{вузл.}j} = 0,5 \cdot (\sum Q_{\text{шл}})_{\text{вузл}}, \quad (3.4)$$

де $(\sum Q_{\text{шл}})_{\text{вузл}}$ – сума шляхових витрат ділянок, які примикають до j -го вузлу.

Значення вузлових витрат приведені в табл. 3.3. Залежно від визначених витрат на ділянках мережі визначаються діаметри труб усіх ділянок. Для кільцевих водопровідних мереж економічно вигідними діаметрами труб ділянок мережі вважаються такі, за яких буде забезпечене надійне водопостачання з найменшими зведеними витратами. Сума витрат води, яка притікає в кожен вузол мережі, повинна дорівнювати сумі витрат води, що витікає з цього вузла, включаючи і вузловий відбір (існує баланс витрат води в кожному вузлі, тобто діє закон збереження матерії). Таким чином, попереднє визначення розрахункових витрат на кожній ділянці проводиться при дотриманні умови:

$$\sum q_{i-k} - Q_{\text{вузл}} = 0, \quad (3.5)$$

де $\sum q_{i-k}$ – сума витрат води на ділянках, які примикають до вузла, л/с;

$Q_{\text{вузл.}}$ – відбір води з розглянутого вузла, л/с.

Таблиця 3.2 – Визначення шляхових витрат

Номер ділянки	Довжина ділянки за схемою, м	Розрахункова довжина ділянки, м	Питома витрата, л/с·м		Шляхова витрата, л/с
1-2	600	300	0,0838		25,13
2-3	600	300	0,0838		25,13
3-4	800	400	0,0838		33,51
4-5	800	400	0,0838		33,51
5-6	800	400	0,0838		33,51
6-7	800	400	0,0838		33,51
4-8	600	600	0,0838		50,27
5-9	600	600	0,0838		50,27
6-10	600	600	0,0838		50,27
7-11	600	300	0,0838		25,13
2-8	800	800	0,0838		67,02
8-9	800	800	0,0838		67,02
9-10	800	800	0,0838		67,02
10-11	800	800	0,0838		67,02
8-12	600	600	0,0838		50,27
9-13	600	600	0,0838		50,27
10-14	600	600	0,0838		50,27
11-15	600	300	0,0838		25,13
1-12	800	800	0,0838		67,02
12-13	800	800	0,0838		67,02
13-14	800	800	0,0838		67,02

Продовження табл.3.2

Номер ділянки	Довжина ділянки за схемою, м	Розрахункова довжина ділянки, м	Питома витрата, л/с·м	Шляхова витрата, л/с
14-15	800	800	0,0838	67,02
1-16	600	300	0,0838	25,13
12-17	600	600	0,0838	50,27
13-18	600	600	0,0838	50,27
14-19	600	600	0,0838	50,27
15-20	600	300	0,0838	25,13
16-17	800	800	0,0838	67,02
17-18	800	800	0,0838	67,02
18-19	800	800	0,0838	67,02
19-20	800	800	0,0838	67,02
16-21	600	300	0,0838	25,13
17-22	600	600	0,0838	50,27
18-23	600	600	0,0838	50,27
19-24	600	600	0,0838	50,27
20-25	600	300	0,0838	25,13
21-22	800	400	0,0838	33,51
22-23	800	400	0,0838	33,51
23-24	800	400	0,0838	33,51
24-25	800	400	0,0838	33,51
Разом	28000	22400		1876,67

Таблиця 3.3 – Визначення вузлових витрат

№	№ ділянок біля вузла	$(Q_{шл})_{вузл}, л/с$	$Q_{вузл}, л/с$
1	1-2, 1-12, 1-16	117,29	58,65
2	1-2, 2-3, 2-8	117,29	58,65
3	2-3, 3-4	58,65	29,32
4	3-4, 4-5, 4-8	117,29	58,65
5	4-5, 5-6, 5-9	117,29	58,65
6	5-6, 6-7, 6-10	117,29	58,65
7	6-7, 7-11	58,65	29,32
8	2-8, 4-8, 8-9, 8-12	234,58	117,29
9	5-9, 8-9, 9-10, 9-13	234,58	117,29
10	6-10, 9-10, 10-11, 10-14	234,58	117,29
11	7-11, 10-11, 11-15	117,29	58,65
12	1-12, 8-12, 12-13, 12-17	234,58	117,29
13	9-13, 12-13, 13-14, 13-18	234,58	117,29
14	10-14, 13-14, 14-15, 14-19	234,58	117,29
15	11-15, 14-15, 15-20	117,29	58,65
16	1-16, 16-17, 16-21	117,29	58,65
17	12-17, 16-17, 17-18, 17-22	234,58	117,29
18	13-18, 17-18, 18-19, 18-23	234,58	117,29
19	14-19, 18-19, 19-20, 19-24	234,58	117,29
20	15-20, 19-20, 20-25	117,29	58,65
21	16-21, 21-22	58,65	29,32
22	17-22, 21-22, 22-23	117,29	58,65
23	18-23, 22-23, 23-24	117,29	58,65
24	19-24, 23-24, 24-25	117,29	58,65
25	20-25, 24-25	58,65	29,32

При визначенні діаметрів трубопроводів враховано значення економічного фактору, який розраховано за формулою:

$$E_{\phi} = \frac{24 \cdot 365 \cdot 10^3}{102} \cdot \frac{\sigma}{\alpha \cdot \eta} \cdot \frac{\gamma \cdot k \cdot m}{b \cdot [1/T + R/100]}, \quad (3.6)$$

де σ – вартість 1 кВт·год електроенергії, грн.; приймається $\sigma = 2,68$ грн.;

α – показник, що характеризує режим роботи труб; $\alpha = 1,6$ [26];

η – коефіцієнт корисної дії насосної станції; $\eta = 0,75$ [7];

k і b – коефіцієнти, що залежать від матеріалу труб; $b = 53$, $k = 0,001795$;

T – строк окупності системи водопостачання, років; $T = 6,7$ років;

m – коефіцієнт, що визначає ухил трубопроводу; $m = 5,3$ [26];

R – сума амортизаційних відрахувань, %; приймається $R = 15,0\%$ [26];

γ – коефіцієнт нерівномірності витрачання електроенергії, який

визначається для середніх умов за формулою:

$$\gamma = 0,56 / K_{\text{макс.год}}^3, \quad (3.7)$$

де $K_{\text{макс.год}}$ – коефіцієнт погодинної нерівномірності; $K_{\text{макс.год}} = 1,35$.

$$\gamma = 0,56 / 1,35^3 = 0,228;$$

$$E_{\phi} = \frac{24 \cdot 365 \cdot 10^3}{102} \cdot \frac{0,21}{1,6 \cdot 0,75} \cdot \frac{0,228 \cdot 0,001795 \cdot 5,3}{53 \cdot [1/6,7 + 15,0/100]} = 1,02$$

Значення $E_{\phi} \cong 1$, тому дійсні витрати, для яких даний стандартний діаметр є найвигіднішим, приймаються за таблицями [9].

3.4 Гідравлічна ув'язка мережі

В результаті гідравлічної ув'язки мережі визначається дійсний розподіл потоків по лініях мережі при вибраних діаметрах труб. При цьому враховується баланс втрат напору на ділянках, тобто «у замкнутому контурі алгебраїчна сума втрат напору у кожному кільці мережі дорівнює нулю, а саме сума втрат напору на ділянках, де вода рухається за годинниковою стрілкою, повинна

дорівнювати сумі втрат напору на ділянках з потоками, спрямованими проти годинникової стрілки» [26].

Таким чином, виконується умова:

$$\sum h_{i-k} = 0, \quad (3.8)$$

де h_{i-k} – втрати напору в лініях, які утворюють кільце, м.

Розрахунок мережі виконаний за програмою «ГІДРАСТ 1» [8], за результатами розрахунку розраховані п'єзометричні позначки у вузлах мережі та представлені в графічній частині роботи (лист №1).

3.5 Розрахунок п'єзометрів

Водопровідна мережа повинна забезпечувати подачу води споживачам не тільки розрахункової кількості, але й під необхідним вільним напором, тобто у водопровідній мережі повинен бути тиск, що забезпечив би підйом і виливання води у найбільш високо розташованій точці.

Вільний напір у вузлах мережі визначено за формулою:

$$H_{\text{вил}} = H_{\text{г}} + \sum h + h_{\text{вил}}, \quad (3.9)$$

де $H_{\text{г}}$ – геометрична висота, м;

$\sum h$ – сума втрат напору від точки вводу до розрахункового водорозбірного приладу, м;

$h_{\text{вил}}$ – запас для виливу, дорівнює 2...3 м.

Необхідний вільний напір згідно із [27, п. 6.3.1] визначається з урахуванням поверховості будинків за формулою:

$$H_{\text{в.потр}_i} = 6 + 4 \cdot n, \quad (3.10)$$

де n – кількість поверхів в будинках розглянутого району.

Вихідним варіантом для розрахунку п'єзометричної карти є схема з рельєфом типу А) та характерною забудовою у п'ять поверхів, карта показана в

графічній частині роботи (лист 001) та на рис.3.2. П'єзометричні карти варіантів Б і В представлені на рис. 3.3 т3.4 відповідно. Для знаходження п'єзометричних позначок попередньо визначається невідітна точка мережі – така точка, яка у вузлі підключення водоводів до мережі потребує найбільшої п'єзометричної позначки. Для вихідного варіанту невідітна точка – вузол 11.

Потрібні п'єзометричні позначки у вузлах мережі:

$$\Pi_{\text{потр.}i} = H_{\text{в.потр.}i} + Z_i, \quad (3.11)$$

де $H_{\text{в.потр.}i}$ – потрібний вільний напір в i -тій точці, м;

Z_i – абсолютна позначка i -тої точки за схемою мережі, м.

П'єзометричні позначки в точці підключення водоводів, які необхідні для отримання відповідних п'єзометричних позначок в розглянутих точках, визначаються за формулою:

$$\Pi_{1(i)} = \Pi_{\text{потр.}i} + \sum h_{1-i}, \quad (3.12)$$

де $\sum h_{1-i}$ – алгебраїчна сума втрат напору від точки підключення водоводів до i -тої точки, м.

Визначення невідітної точки для даного варіанту представлено в табл.3.4. Результати розрахунку п'єзометричних позначок для вихідного варіанту представлені в табл.3.5, і в графічній частині роботи (лист 001).

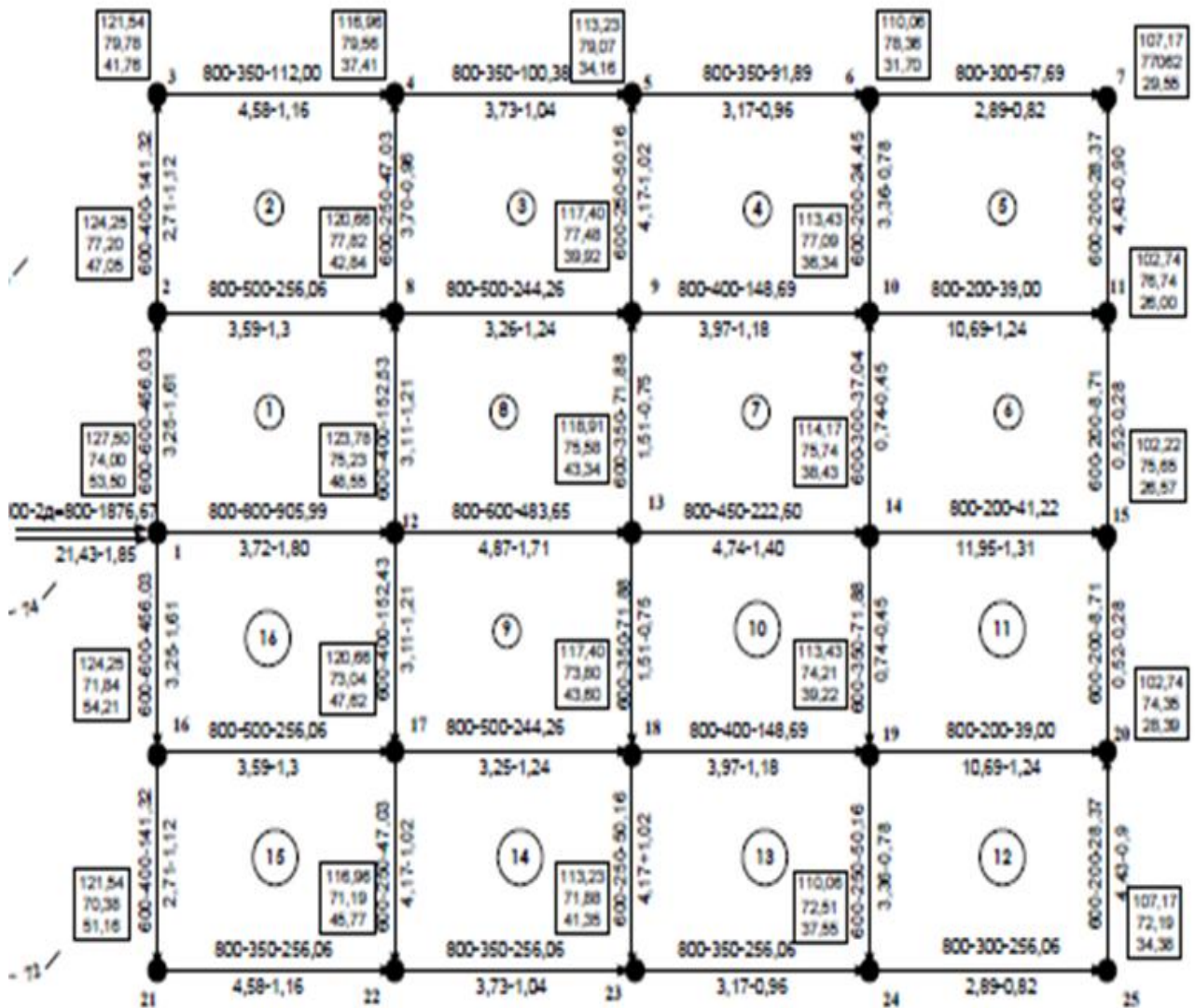
3.6 Визначення розрахункового напору насосів та діаметрів напірних водоводів

Для розрахунків прийнято, що насосна станція подає для всіх варіантів дослідження однакову витрату води при постійному напорі.

Максимальна подача насосної станції становить за табл.3.1

$$Q_{\text{н.с.}} = 6756,00 \text{ м}^3/\text{год} = 1,877 \text{ м}^3/\text{с} = 1876,67 \text{ л/с.}$$

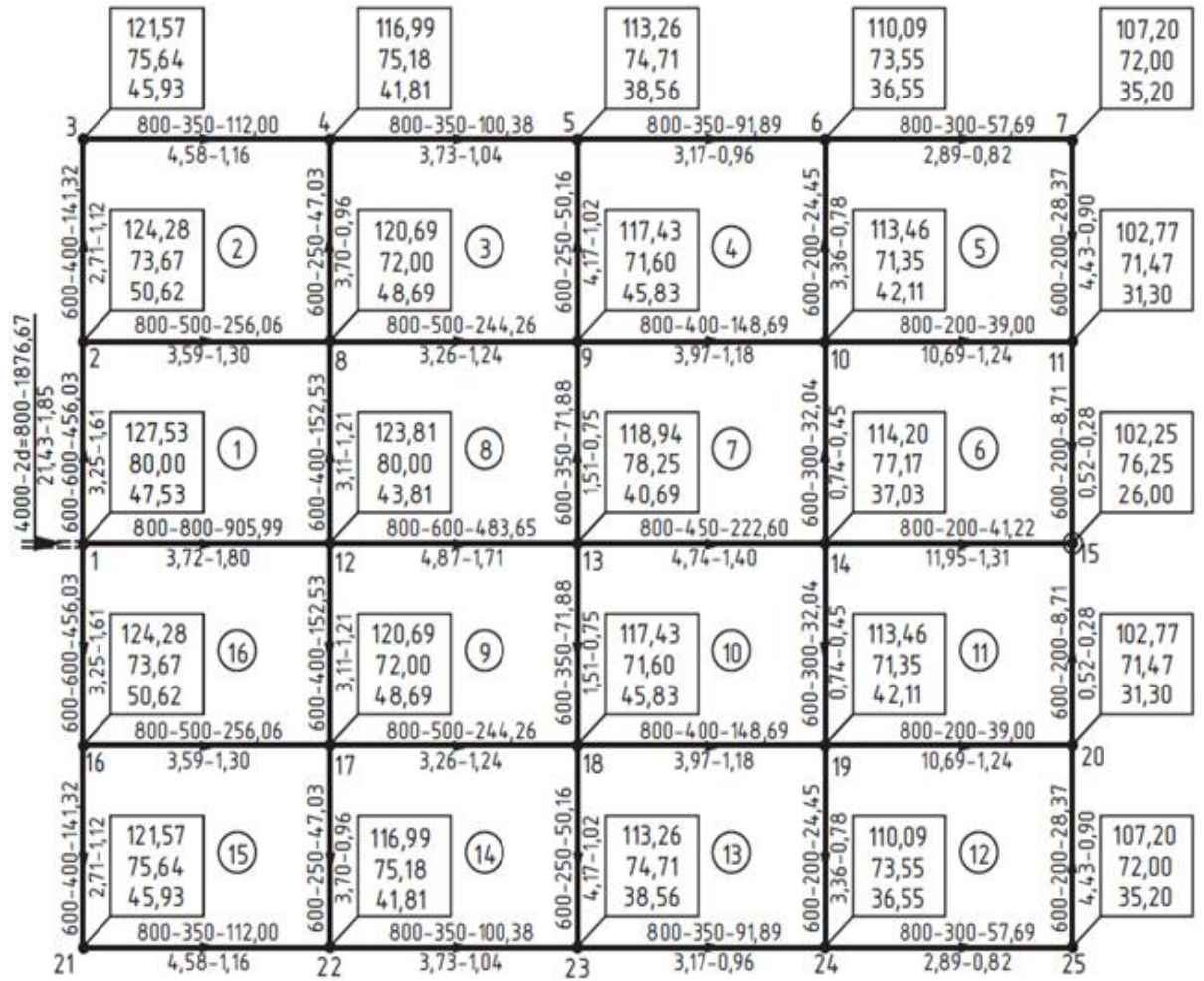
$$Q_{\text{н.в.}} = 1,877 / 2 = 0,939 \text{ м}^3/\text{с.}$$



УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

<u>D-L-Q</u>	D-діаметр, мм;
<u>H-V</u>	H-висота, м;
<u>P</u>	P-вільний напір, м;
<u>Z</u>	Z-позначка землі, м;
<u>L</u>	L-довжина, м;
<u>Q</u>	Q-витрата, л/с;
<u>V</u>	V-швидкість, м/с;
<u>h</u>	h-втрати напору, м

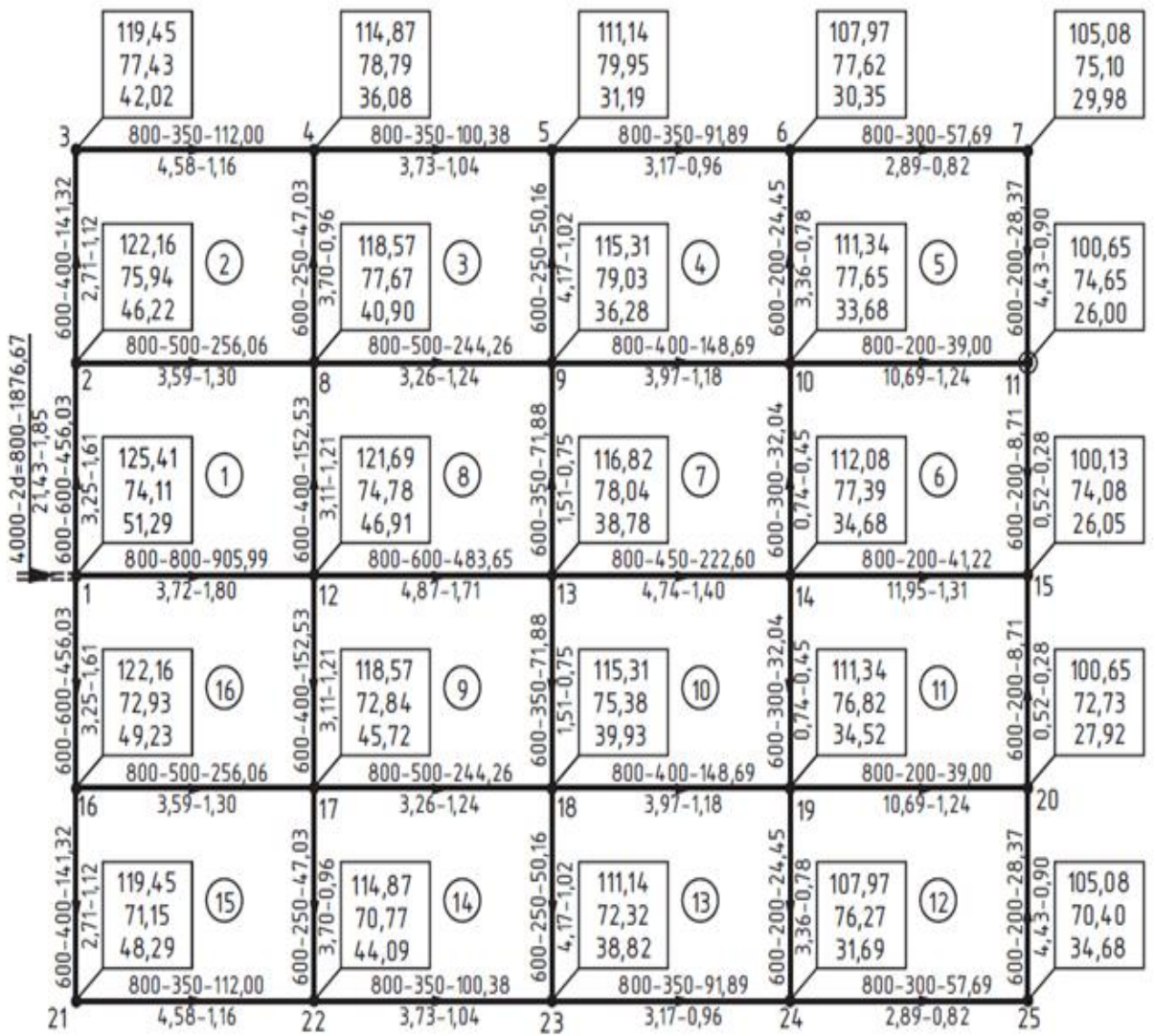
Рис. 3.2 – Г'єзометрична карта для мережі (варіант рельєфу А)



УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

D-L-Q	D-діаметр, мм;
H-V	H-піезометр, м;
П	H-вільний напір, м;
З	Z-позначка землі, м;
Л	L-довжина, м;
Г	G-витрата, л/с;
V	V-швидкість, м/с;
h	h-втрати напору, м

Рис. 3.3 – Піезометрична карта для мережі (варіант рельєфу Б)



УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

<u>D-L-Q</u>	D-діаметр, мм;
<u>H-V</u>	П-п'єзометр, м;
П	H- вільний напір, м;
Z	Z- позначка землі, м;
H	L-довжина, м;
	Q-витрата, л/с;
	V-швидкість, м/с;
	h-втрата напорю, м

Рис. 3.4 – П'єзометрична карта для мережі (варіант рельєфу В)

Таблиця 3.4 – Визначення п'єзометричних позначок в точці підключення водоводів відносно вузлів мережі, що розглядаються, м (вихідний варіант)

№	Потрібний вільний напір $H_{в.потр.i}$, м	Позначка поверхні землі Z_i , м	Потрібні п'єзометричні позначки $\Pi_{потр.i}^{макс}$, м	Втрати напору $\sum h_{1-i}^{макс}$, м	П'єзометричні позначки відносно точки підключення $\Pi_{1(i)}^{макс}$, м
1	2	3	4	5	6
1	26	74,00	100,00		100,00
2	26	77,20	103,20	3,25	106,45
3	26	79,78	105,78	5,96	111,74
4	26	79,56	105,56	10,54	116,10
5	26	79,07	105,07	14,27	119,34
6	26	78,36	104,36	17,44	121,80
7	26	77,62	103,62	20,33	123,95
8	26	77,82	103,82	6,84	110,66
9	26	77,48	103,48	10,10	113,58
10	26	77,09	103,09	14,07	117,16
11	26	76,74	102,74	24,76	127,50
12	26	75,23	101,23	3,72	104,95
13	26	75,58	101,58	8,59	110,17
14	26	75,74	101,74	13,33	115,07
15	26	75,65	101,65	25,28	126,93
16	26	71,84	97,84	3,25	101,09
17	26	73,04	99,04	6,84	105,88
18	26	73,80	99,80	10,10	109,90
19	26	74,21	100,21	14,07	114,28
20	26	74,35	100,35	24,76	125,11
21	26	70,38	96,38	5,96	102,34

1	2	3	4	5	6
22	26	71,19	97,19	10,54	107,73
23	26	71,88	97,88	14,27	112,15
24	26	72,51	98,51	17,44	115,95
25	26	72,79	98,79	20,33	119,12

Визначення невідгідної точки для варіанту рельєфу Б представлено в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Визначення п'єзометричних позначок в точці підключення водоводів відносно вузлів мережі, що розглядаються, м (варіант рельєфу Б)

№ вузла	Потрібний вільний напір $H_{в.потр.i}$, М	Позначка поверхні землі Z_i , М	Потрібні п'єзометричні позначки $\Pi^{макс}_{потр.i}$, М	Втрати напору $\sum h^{макс}_{1-i}$, М	П'єзометричні позначки відносно точки підключення $\Pi^{макс}_{1(i)}$, М
1	2	3	4	5	6
1	26	80,00	106,00		106,00
2	26	73,67	99,67	3,25	102,92
3	26	75,64	101,64	5,96	107,60
4	26	75,18	101,18	10,54	111,72
5	26	74,71	100,71	14,27	114,98
6	26	73,55	99,55	17,44	116,99
7	26	72,00	98,00	20,33	118,33
8	26	72,00	98,00	6,84	104,84
9	26	71,60	97,60	10,10	107,70

1	2	3	4	5	6
10	26	71,35	97,35	14,07	111,42
11	26	71,47	97,47	24,76	122,23
12	26	80,00	106,00	3,72	109,72
13	26	78,25	104,25	8,59	112,84
14	26	77,17	103,17	13,33	116,50
15	26	76,25	102,25	25,28	127,53
16	26	73,67	99,67	3,25	102,92
17	26	72,00	98,00	6,84	104,84
18	26	71,60	97,60	10,10	107,70
19	26	71,35	97,35	14,07	111,42
20	26	71,47	97,47	24,76	122,23
21	26	75,64	101,64	5,96	107,60
22	26	75,18	101,18	10,54	111,72
23	26	74,71	100,71	14,27	114,98
24	26	73,55	99,55	17,44	116,99
25	26	72,00	98,00	20,33	118,33

Визначення невідної точки для варіанту рельєфу В представлено в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Визначення п'езометричних позначок в точці підключення водоводів відносно вузлів мережі, що розглядаються, м (варіант рельєфу В)

№ вузла	Потрібний вільний напір $H_{в.потр.i}$, м	Позначка поверхні землі Z_i , м	Потрібні п'езометричні позначки $\Pi_{потр.i}^{макс}$, м	Втрати напору $\sum h_{1-i}^{макс}$, м	П'езометричні позначки відносно точки підключення $\Pi_{1(i)}^{макс}$, м
	2	3	4	5	6
1	26	74,11	100,11		100,11
2	26	75,94	101,94	3,25	105,19
3	26	77,43	103,43	5,96	109,39
4	26	78,79	104,79	10,54	115,33
5	26	79,95	105,95	14,27	120,22
6	26	77,62	103,62	17,44	121,06
7	26	75,10	101,10	20,33	121,43
8	26	77,67	103,67	6,84	110,51
9	26	79,03	105,03	10,10	115,13
10	26	77,65	103,65	14,07	117,72
11	26	74,65	100,65	24,76	125,41
12	26	74,78	100,78	3,72	104,50
13	26	78,04	104,04	8,59	112,63
14	26	77,39	103,39	13,33	116,72
15	26	74,08	100,08	25,28	125,36
16	26	72,93	98,93	3,25	102,18
17	26	72,84	98,84	6,84	105,68
18	26	75,38	101,38	10,10	111,48

1	2	3	4	5	6
19	26	76,82	102,82	14,07	116,89
20	26	72,73	98,73	24,76	123,49
21	26	71,15	97,15	5,96	103,11
22	26	70,77	96,77	10,54	107,31
23	26	72,32	98,32	14,27	112,59
24	26	76,27	102,27	17,44	119,71
25	26	70,40	96,40	20,33	116,73

Розрахункова витрата кожного з напірних водоводів:

$$Q_{\text{н.в.}} = Q_{\text{макс.н.с.}} / n_{\text{н}}, \quad (3.13)$$

де $n_{\text{н}}$ – кількість напірних водоводів; приймається $n_{\text{н}} = 2$ [27].

Діаметр напірного водоводу визначається за формулою:

$$d_{\text{н}} = \sqrt{4 \cdot Q_{\text{н.в.}} / (\pi \cdot v_{\text{н}})}, \quad (3.14)$$

де $v_{\text{н}}$ – швидкість води в напірному водоводі, м/с; приймається $v_{\text{н}} = 1,9$ м/с [27].

$$d_{\text{н}} = \sqrt{4 \cdot 0,939 / (3,14 \cdot 1,9)} = 0,793 \text{ м} \approx 800 \text{ мм.}$$

Для напірних водоводів при $Q_{\text{н.в.}} = 939$ л/с і діаметрі $d_{\text{н}} = 800$ мм приймається $v_{\text{н}} = 1,85$ м/с, $1000i = 4,87$ [28].

Потрібний напір насосів визначається за формулою:

$$H_{\text{п}} = H_{\text{г}} + h_{\text{к}} + h_{\text{в}} + h_{\text{з}}, \quad (3.15)$$

де $H_{\text{г}}$ – геометрична висота підйому, м;

$h_{\text{к}}$ – сумарні втрати напору у комунікаціях насосної станції, м;

приймаються $h_{\text{к}} = 2,0$ м [11];

$h_{\text{в}}$ – втрати напору в водоводах при максимальній подачі насосів, м;

$h_{\text{з}}$ – запас на вилив з напірного трубопроводу, що дорівнює 1,0 м [26].

Таблиця 3.6 – Визначення п'єзометричних позначок і вільних

Вихідний вузол		Розглянутий вузол				
№	П'єзометр Π_i , м	№ ВУЗЛА	h_i , м	П'єзометр Π_i , м	Позначка землі Z_i , м	$H_{в.і}$, м
11	102,74	7	4,43	107,17	77,62	29,6
11	102,74	10	10,69	113,43	77,09	36,3
7	107,17	6	2,89	110,06	78,36	31,7
6	110,06	5	3,17	113,23	79,07	34,2
5	113,23	4	3,73	116,96	79,56	37,4
4	116,96	3	4,58	121,54	79,78	41,8
3	121,54	2	2,71	124,25	77,20	47,1
2	124,25	1	3,25	127,50	74,00	53,5
10	113,43	9	3,97	117,40	77,48	39,9
9	117,40	8	3,26	120,66	77,82	42,8
11	102,74	15	0,52	102,22	75,65	26,6
15	102,22	14	11,95	114,17	75,74	38,4
15	102,22	20	0,52	102,74	74,35	28,4
14	114,17	13	4,74	118,91	75,58	43,3
13	118,91	12	4,87	123,78	75,23	48,6
20	102,74	19	10,69	113,43	74,21	39,2
20	102,74	25	4,43	107,17	72,79	34,38
19	113,43	18	3,97	117,40	73,80	43,6
18	117,40	17	3,26	120,66	73,04	47,6
17	120,66	16	3,59	124,25	71,84	52,4
25	107,17	24	2,89	110,06	72,51	37,6
24	110,06	23	3,17	113,23	71,88	41,4
23	113,23	22	3,73	116,96	71,19	45,8
22	116,96	21	4,58	121,54	70,38	51,2

Геометрична висота підйому визначається за формулою:

$$H_r = \Pi_1 - Z, \quad (3.16)$$

де Π_1 – максимальна п'єзометрична позначка в точці підключення водоводів

до мережі для вихідного варіанту, м; $\Pi_1 = 127,50$ м;

Z – позначка розрахункового рівня води в РЧВ, м.

Позначка розрахункового рівня води в РЧВ визначається за формулою:

$$Z = Z_n + h_{bc}, \quad (3.17)$$

де Z_n – позначка вісі насосу, м; $Z_n = 55,0$ м;

h_{bc} – втрати напору у всмоктуючій лінії насосів, м; приймаються

$$h_{bc} = 0,1 \text{ м [11].}$$

$$Z = 55,00 + 0,10 = 55,10 \text{ м;}$$

$$H_r = 127,50 - 55,10 = 72,40 \text{ м.}$$

Втрати напору в водоводах для режиму максимального водоспоживання визначаються за формулою:

$$h_b = 1,1 \cdot i \cdot \ell, \quad (3.18)$$

де i – питомі втрати напору;

ℓ – довжина водоводу, м; за завданням $\ell = 4000$ м.

$$h_{bII} = (1,1 \cdot 4,87 : 1000) \cdot 4000 = 21,43 \text{ м;}$$

$$H_{pII} = 72,40 + 2,0 + 21,43 + 1,0 = 96,83 \text{ м.}$$

3.7 Висновки за розділом 3

1. Згідно з методикою проведення досліджень виконано моделювання рельєфу місцевості –варіанти А. Б. В.
2. Для врахування умов водоспоживання для кожного варіанту рельєфів місцевості А,Б,В виконано моделювання 11 варіантів забудови , які враховують 11 комбінацій поверховості житлових будинків у міських районах.
3. За кожним варіантом моделювання рельєфу та забудови міста виконані гідравлічні розрахунки мережі, які є основою для подальших розрахунків коефіцієнтів втрат енергії та аналізу їх відносно головних магістралей.

РОЗДІЛ 4. ВПЛИВ РЕЛЬЄФУ МІСЦЕВОСТІ НА ФОРМУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВТРАТ У ВОДОПРОВІДНІЙ МЕРЕЖІ

4.1 Характеристика варіантів дослідження та розрахунок п'єзометричних карт для різних варіантів

В магістерській роботі розглядаються 10 варіантів різної забудови житлових кварталів з прив'язкою до різних варіантів рельєфу місцевості А і Б, як показано на листі №2, 3 графічної частини роботи. Вплив рельєфу на енерговтрати у водопровідній мережі досліджено за наступними варіантами :

- А.1- вихідний варіант;
- рельєф А – варіанти А.2 – А.11;
- рельєф Б – варіанти Б.2 – Б.11.
- рельєф В – варіанти В.2 – В.11.

Розрахунок водопровідної мережі для кожного варіанту виконано за формулами (3.10...3.12) із врахуванням результатів гідравлічного розрахунку вихідної мережі (лист №1). Визначення невідгідних точок мережі для різних варіантів представлено в Додатку А, п'єзометричні карти для розглянутих варіантів – в Додатку Б.

4.2 Розрахунок кількості використаної енергії

Особливістю роботи централізованої системи водопостачання є те, що напір насосів в ній визначається необхідним напором в невідгідній точці – яка, відносно вузла підключення водоводів має найбільшу п'єзометричну позначку. В інших вузлах напори будуть більші за необхідні, в них створюються надмірні напори.

Для порівняння між собою систем подачі і розподілу води за ступенем ефективності енерговикористання необхідно мати критерій, який враховував би всі особливості системи. В якості критерію для оцінки ефективності

енергоспоживання застосовують відношення «корисно використаної енергії до загальної» або долю «надмірної» енергії [11]. Але цей критерій характеризує використання енергії тільки на конкретній магістралі та не може характеризувати використання енергії на площі забудови. Усереднення цих показників для всіх магістралей також не може давати можливість зробити однозначні висновки при порівнянні систем між собою.

Загальна кількість енергії, яка витрачається в одиницю часу насосом при подачі витрати Q на загальну висоту підйому H , може бути визначена за формулою:

$$E = Q \cdot \rho \cdot g \cdot H \quad (4.1)$$

Ця енергія витрачається:

- на роботу для підйому необхідного споживачам об'єму води Q_i на необхідну висоту H_i , враховується позначка землі Z_i і висота розміщення точки відбору над рівнем землі H_i' :

$$E_{\Gamma} = \sum_1^n Q_i H_i \rho g, \quad (4.2)$$

де n - кількість точок відбору;

- на роботу на подолання гідравлічних опорів в трубах при транспортуванні необхідних кількостей води до місць її відбору:

$$E_T = \sum_1^n q_{i-k} h_{i-k} \rho g, \quad (4.3)$$

де q_{i-k} і h_{i-k} - розрахункові витрати і втрати напору в ділянках мережі;

- некорисної роботи при відборах води з надмірним у порівнянні з необхідним напором:

$$E_H = \sum_1^n Q_i \Delta H_i \rho g. \quad (4.4)$$

Загальна кількість енергії, яка витрачається в одиницю часу насосом, являє собою суму цих трьох параметрів:

$$E = E_{\Gamma} + E_T + E_H .$$

З цих трьох тільки перший параметр E_{Γ} – є корисно витраченою енергією. Її величина для розрахункової години являється заданою і не може бути зміненою.

Другий параметр E_T – це енергія, яка необхідна для транспортування води. Величина цього параметра визначається після техніко-економічного розрахунку мережі з визначенням найбільш вигідних економічних діаметрів труб. Очевидно, що бажання знизити E_T приведе до зменшення h_i і порушення найвигіднішого співвідношення будівельних і експлуатаційних витрат.

Третій компонент E_H – органічна вада централізованих систем водопостачання, тому що обслуговування єдиною системою споживачів, які відбирають воду з мережі на різних позначках H_i , приведе до того, що насосна станція повинна подавати всю воду під напором, який необхідний для одного високо розміщеного і віддаленого споживача.

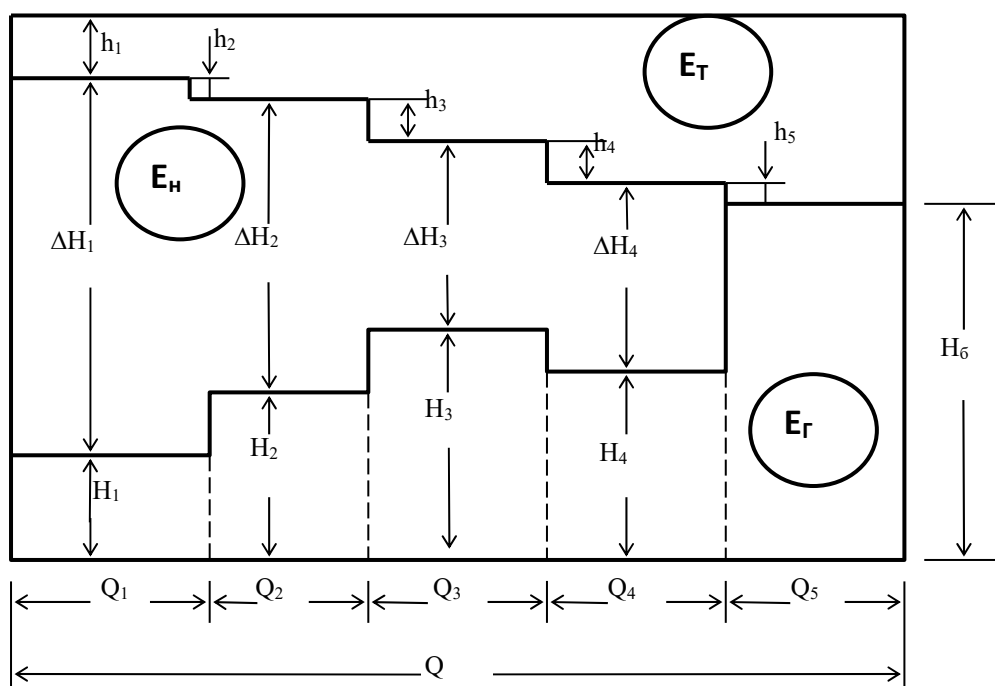


Рис.4.1 - Схема використання енергії в незонуваній системі водопостачання

За графіками енерговитрат розраховані складові компоненти загальної енергії E , яка витрачається в одиницю часу насосом, тобто E_G , E_T та E_H . Результати розрахунків енергії для варіанту рельєфу місцевості Б представлені в табл.4.1.

За результатами гідравлічного розрахунку для вихідного варіанту забудови А.1 графіки енерговитрат показані на листі №3, варіанту А.2 на листі №6, варіанту Б.2 на листі №7 та на рис 4.2-4.5.

Таблиця 4.1 – Значення витрат різних видів енергії
(варіант рельєфу місцевості Б)

Варіант збудови	Номера магістралей				
	1	2	3	4	5
1	2	3	4	5	6
Енергія на підймання води до необхідних висот E_G					
Б.1	0,159	0,197	0,227	0,197	0,159
Б.2	0,192	0,225	0,255	0,225	0,192
Б.3	0,201	0,243	0,273	0,243	0,201
Б.4	0,210	0,262	0,292	0,262	0,210
Б.5	0,178	0,271	0,301	0,271	0,215
Б.6	0,169	0,197	0,301	0,271	0,215
Б.7	0,159	0,197	0,227	0,271	0,205
Б.8	0,192	0,262	0,292	0,262	0,192
Б.9	0,182	0,243	0,273	0,243	0,182
Б.10	0,173	0,225	0,255	0,225	0,173
Б.11	0,215	0,271	0,301	0,271	0,215
Енергія на переборювання опорів в трубах E_T					

1	2	3	4	5	6
Б.1	0,108	0,150	0,143	0,150	0,108
Б.2	0,107	0,149	0,142	0,149	0,107
Б.3	0,096	0,134	0,127	0,134	0,096
Б.4	0,089	0,125	0,117	0,125	0,089
Б.5	0,052	0,077	0,069	0,077	0,052
Б.6	0,052	0,077	0,069	0,077	0,052
Б.7	0,071	0,101	0,093	0,101	0,071
Б.8	0,052	0,077	0,069	0,077	0,052
Б.9	0,052	0,077	0,069	0,077	0,052
Б.10	0,052	0,077	0,069	0,077	0,052
Б.11	0,052	0,077	0,069	0,077	0,052

Таблиця 4.2 – Значення витрат різних видів енергії
(варіант рельєфу місцевості В)

Варіант забудови	Номера магістралей				
	1	2	3	4	5
Енергія на підймання води до необхідних висот Ег					
В.1	0,166	0,223	0,217	0,209	0,151
В.2	0,198	0,250	0,244	0,237	0,184
В.3	0,208	0,269	0,263	0,255	0,193
В.4	0,217	0,287	0,281	0,274	0,202
В.5	0,184	0,296	0,290	0,283	0,207
В.6	0,175	0,223	0,290	0,283	0,207
В.7	0,166	0,223	0,217	0,283	0,197
В.8	0,198	0,287	0,281	0,274	0,184

1	2	3	4	5	6
B.9	0,189	0,269	0,263	0,255	0,174
B.10	0,180	0,250	0,244	0,237	0,165
B2.11	0,221	0,296	0,290	0,283	0,207
Енергія на переборювання опорів в трубах Ет					
B.1	0,115	0,160	0,152	0,160	0,115
B.2	0,095	0,133	0,125	0,133	0,095
B.3	0,078	0,110	0,103	0,110	0,078
B.4	0,075	0,106	0,099	0,106	0,075
B.5	0,060	0,086	0,079	0,086	0,060
B.6	0,060	0,087	0,079	0,087	0,060
B.7	0,066	0,095	0,088	0,095	0,066
B.8	0,060	0,086	0,079	0,086	0,060
B.9	0,060	0,086	0,079	0,086	0,060
B.10	0,060	0,086	0,079	0,086	0,060
B2.11	0,060	0,086	0,079	0,086	0,060
Енергія марної роботи Ен					
B2.1	0,043	0,049	0,063	0,063	0,058
B2.2	0,031	0,049	0,063	0,063	0,046
B2.3	0,039	0,053	0,067	0,067	0,054
B2.4	0,033	0,039	0,053	0,052	0,047
B2.5	0,080	0,049	0,063	0,063	0,058
B2.6	0,089	0,123	0,063	0,063	0,058
B2.7	0,092	0,114	0,128	0,054	0,060
B2.8	0,066	0,059	0,073	0,072	0,081
B2.9	0,075	0,077	0,091	0,091	0,090
B2.10	0,085	0,095	0,109	0,109	0,099

1	2	3	4	5	6
B2.11	0,052	0,049	0,137	0,137	0,113
B2.12	0,043	0,049	0,063	0,137	0,104
B2.13	0,043	0,049	0,063	0,063	0,095
B2.14	0,043	0,049	0,063	0,063	0,058
Загальна енергія E					
B.1	0,324	0,432	0,432	0,432	0,324
B.2	0,324	0,432	0,432	0,432	0,324
B.3	0,324	0,432	0,432	0,432	0,324
B.4	0,324	0,432	0,432	0,432	0,324
B.5	0,324	0,432	0,432	0,432	0,324
B.6	0,324	0,432	0,432	0,432	0,324
B.7	0,324	0,432	0,432	0,432	0,324
B.8	0,324	0,432	0,432	0,432	0,324
B.9	0,324	0,432	0,432	0,432	0,324
B.10	0,324	0,432	0,432	0,432	0,324
B2.11	0,324	0,432	0,432	0,432	0,324

4.3 Розрахунок коефіцієнтів використання енергії

Показник ефективності використання енергії в централізованих системах водопостачання може бути оціненим співвідношенням:

$$\varphi = \frac{E_{\Gamma} + E_{\Gamma}}{E} = 1 - \frac{E_{\Pi}}{E} \quad (4.6)$$

Аналіз величин коефіцієнтів використання енергії в окремих магістралях показує, що існуюча методика визначення величини критерію для оцінки ефективності енергоспоживання (з використанням формули 4.6) не однозначна.

Для оцінки відхилень значень коефіцієнтів використання енергії в окремих магістралях розраховано усереднений коефіцієнт втрат енергії, який враховує площу забудови, що обслуговується окремими магістралями:

$$\varphi = \frac{\varphi_1 \cdot \omega_1 + \varphi_2 \cdot \omega_2 + \dots + \varphi_n \cdot \omega_n}{\omega_1 + \omega_2 + \dots + \omega_n}, \quad (4.7)$$

де $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_n$ – коефіцієнт використання енергії по магістралям;

$\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ – площі, які обслуговуються відповідними магістралями, м².

Орієнтовно площі, які обслуговуються відповідними магістралями, розраховані геометричним методом за схемою вихідного варіанту мережі (лист 001) та приведені в табл.4.2.

Таблиця 4.2 – Результати розрахунку площі забудови, яка обслуговується окремими магістралями

	Номера магістралей					Сумарна площа, м ²
	1	2	3	4	5	
Площа, яка обслуговується відповідною магістраллю, ω_n , м ²	1340000	1700000	1700000	1700000	1320000	7680000

Для варіантів рельєфу місцевості А і Б та варіантів забудови відповідно А.1-А.11 та Б.1-Б.11 за формулами (4.2...4.6) розраховані коефіцієнти використання енергії для кожної магістралі. Аналіз особливостей формування енергетичних втрат виконано з урахуванням усереднених коефіцієнтів витрат енергії. Результати розрахунків усереднених коефіцієнтів витрат енергії для варіанту рельєфу місцевості А представлені в табл.4.3, для варіанту Б – в таблиці 4.4.

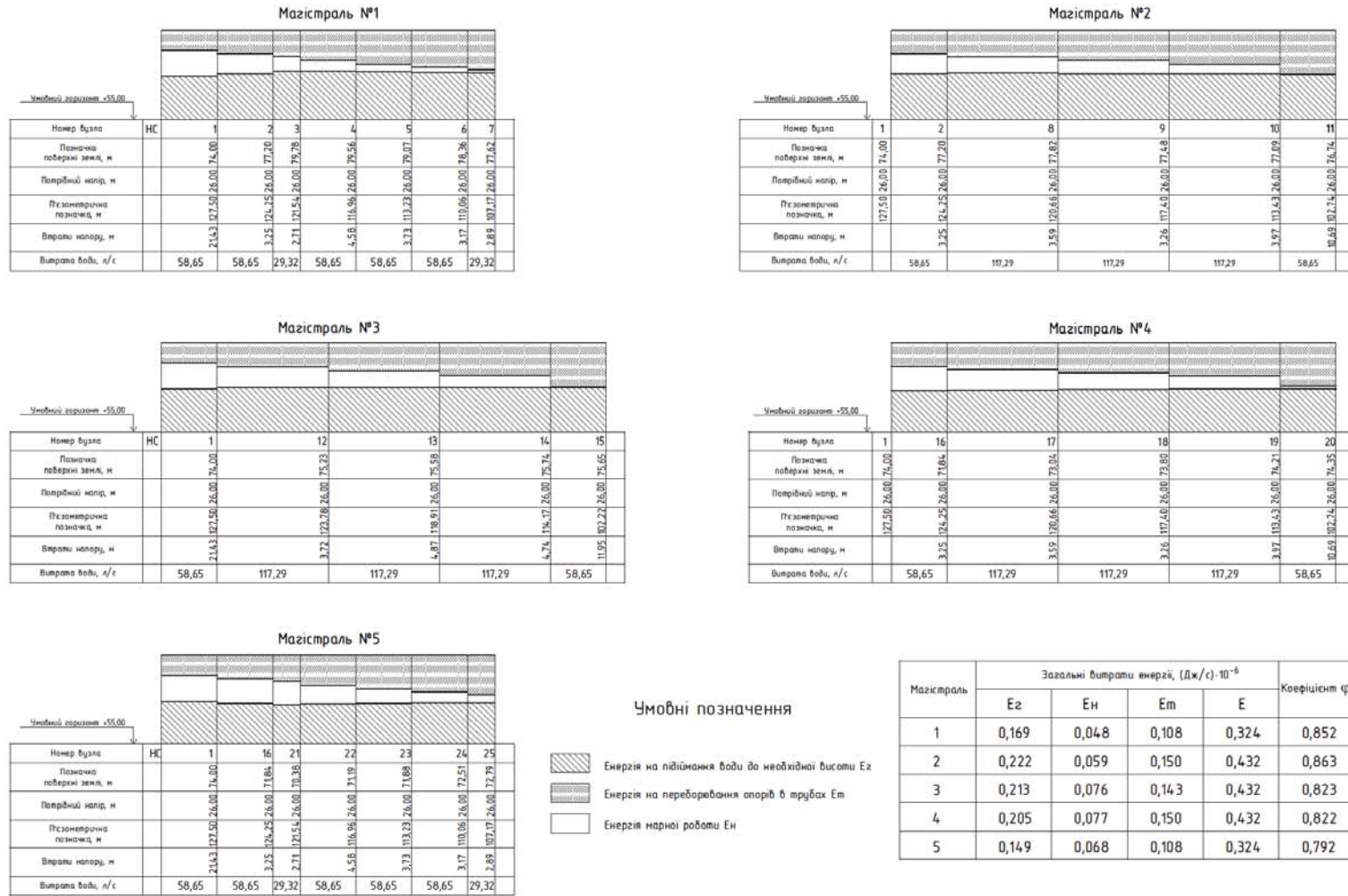


Рис.4.2 - Графіки енерговитрат для всіх магістралей вихідного варіанту А



Рис.4.3 - Графіки енерговитрат для всіх магістралей варіантів А.2 та А.3

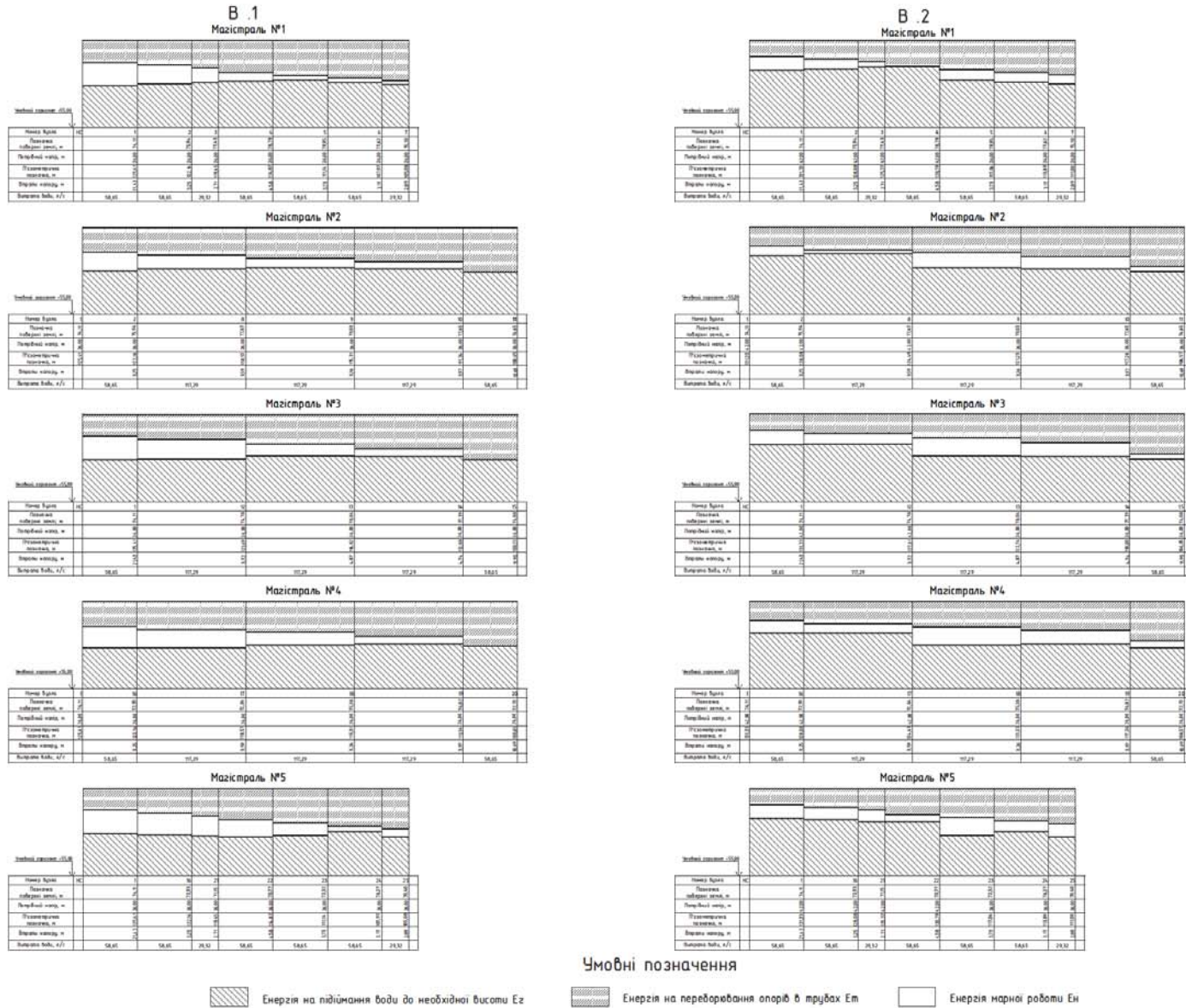


Рис.4.4 - Графіки енерговитрат для всіх магістралей варіантів В.1 та В.2

Таблиця 4.3 – Розрахунок коефіцієнтів використання енергії за прийнятою методикою для всіх магістралей мережі (варіант рельєфу А)

Варіант забудови	Номера магістралей					Середньо- зважений коефіцієнт для всієї мережі
	1	2	3	4	5	
А.1	0,8519	0,8626	0,8234	0,8221	0,7918	0,8303
А.2	0,9023	0,8776	0,8384	0,8370	0,8422	0,8595
А.3	0,8962	0,8856	0,8464	0,8450	0,8360	0,8618
А.4	0,8984	0,9020	0,8628	0,8614	0,8382	0,8726
А.5	0,7383	0,8626	0,8234	0,8221	0,7918	0,8076
А.6	0,7160	0,6983	0,8295	0,8281	0,7978	0,7739
А.7	0,7070	0,7177	0,6786	0,8476	0,7889	0,7479
А.8	0,7809	0,8413	0,8021	0,8008	0,7208	0,7892
А.9	0,7525	0,7987	0,7595	0,7582	0,6924	0,7523
А.10	0,7241	0,7561	0,7169	0,7156	0,6640	0,7154
А.11	0,8519	0,8626	0,8234	0,8221	0,7918	0,8303
Середньо- зважений коефіцієнт для окремих магістралей	0,8105	0,8323	0,7932	0,7918	0,7504	0,7956

Таблиця 4.4 – Значення коефіцієнтів використання енергії для магістралей мережі (варіант рельєфу Б)

Варіант забудови	Номера магістралей					Середньо- зважений коефіцієнт для всієї мережі
	1	2	3	4	5	
Б.1	0,8232	0,8041	0,8555	0,8041	0,8232	0,8220
Б.2	0,9206	0,8660	0,9173	0,8660	0,9206	0,8981
Б.3	0,9143	0,8660	0,9253	0,8739	0,9143	0,8988
Б.4	0,9213	0,8951	0,9465	0,8951	0,9213	0,9159
Б.5	0,7097	0,8041	0,8555	0,8041	0,8232	0,7993
Б.6	0,6813	0,6338	0,8555	0,8041	0,8232	0,7596
Б.7	0,7093	0,6902	0,7416	0,8606	0,8512	0,7706
Б.8	0,7522	0,7828	0,8342	0,7828	0,7522	0,7809
Б.9	0,7239	0,7403	0,7916	0,7403	0,7239	0,7440
Б.10	0,6955	0,6977	0,7490	0,6977	0,6955	0,7071
Б.11	0,8232	0,8041	0,8555	0,8041	0,8232	0,8220
Середньо- зважений коефіцієнт для окремих магістралей	0,7980	0,7895	0,8414	0,7901	0,7980	0,8034

Таблиця 4.5 – Значення коефіцієнтів використання енергії для магістралей мережі (варіант рельєфу В)

Варіант забудови	Номера магістралей					Середньо- зважений коефіцієнт для всієї мережі
	1	2	3	4	5	
B2.1	0,8667	0,8856	0,8535	0,8543	0,8215	0,8563
B2.2	0,9030	0,8865	0,8543	0,8551	0,8578	0,8713
B2.3	0,8794	0,8770	0,8449	0,8457	0,8342	0,8562
B2.4	0,8988	0,9107	0,8785	0,8793	0,8536	0,8842
B2.5	0,7532	0,8856	0,8535	0,8543	0,8215	0,8336
B2.6	0,7252	0,7158	0,8540	0,8548	0,8220	0,7944
B2.7	0,7168	0,7357	0,7036	0,8747	0,8135	0,7689
B2.8	0,7957	0,8644	0,8322	0,8330	0,7505	0,8152
B2.9	0,7673	0,8218	0,7896	0,7904	0,7221	0,7783
B2.10	0,7390	0,7792	0,7471	0,7478	0,6937	0,7414
B2.11	0,8383	0,8856	0,6832	0,6840	0,6512	0,7485
B2.12	0,8667	0,8856	0,8535	0,6840	0,6795	0,7939
B2.13	0,8667	0,8856	0,8535	0,8543	0,7079	0,8336
B2.14	0,8667	0,8856	0,8535	0,8543	0,8215	0,8563
Середньо- зважений коефіцієнт для окремих магістралей	0,8203	0,8503	0,8182	0,8190	0,7750	0,8166

За результатом розрахунків (табл.4.3, 4.4) виконано співставлення усереднених коефіцієнтів використання енергії з відповідними коефіцієнтами для окремих магістралей. За прийнятою методикою визначення усереднених коефіцієнтів втрат енергії виконувалось для всіх варіантів рельєфу та забудови. Результати аналізу відхилень між усередненими коефіцієнтами використання енергії та між значеннями цих коефіцієнтів по окремим магістралям для варіантів рельєфу А і Б представлені в графічній частині на листі № 8 у вигляді діаграм та на рис. 4.5-4.7 у вигляді графіків.

4.4 Висновки до розділу 4

1. За формулами розраховані витрати енергії для магістралей 1-5.
2. Розраховані відхилення між коефіцієнтами витрат та усередненим коефіцієнтом для магістралей 1-5.

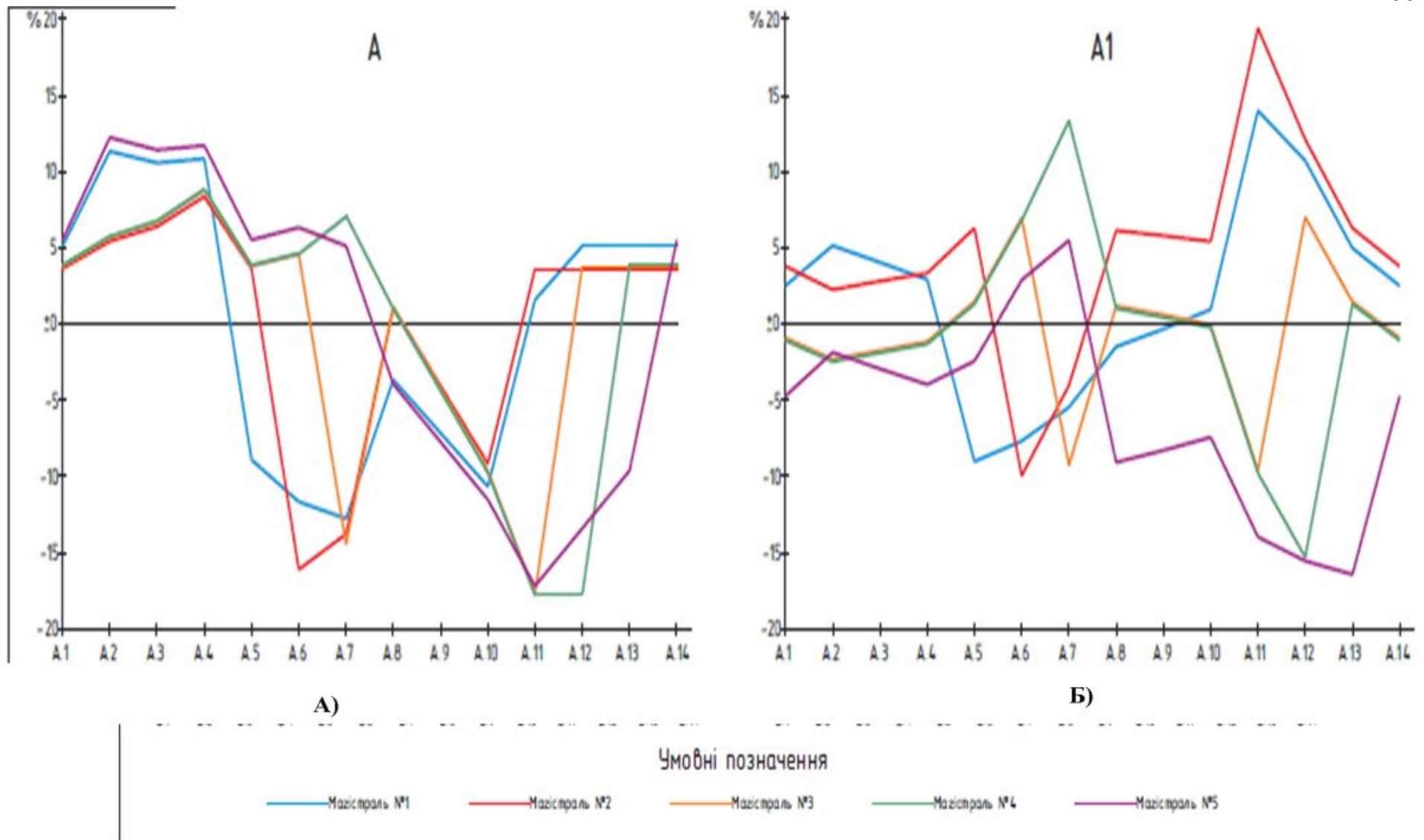


Рис. 4.5 –Значення відхилень між коефіцієнтами використання енергії: А) для окремих магістралей; Б)усереднені відхилення з урахуванням площі забудови (варіант рельєфу А)

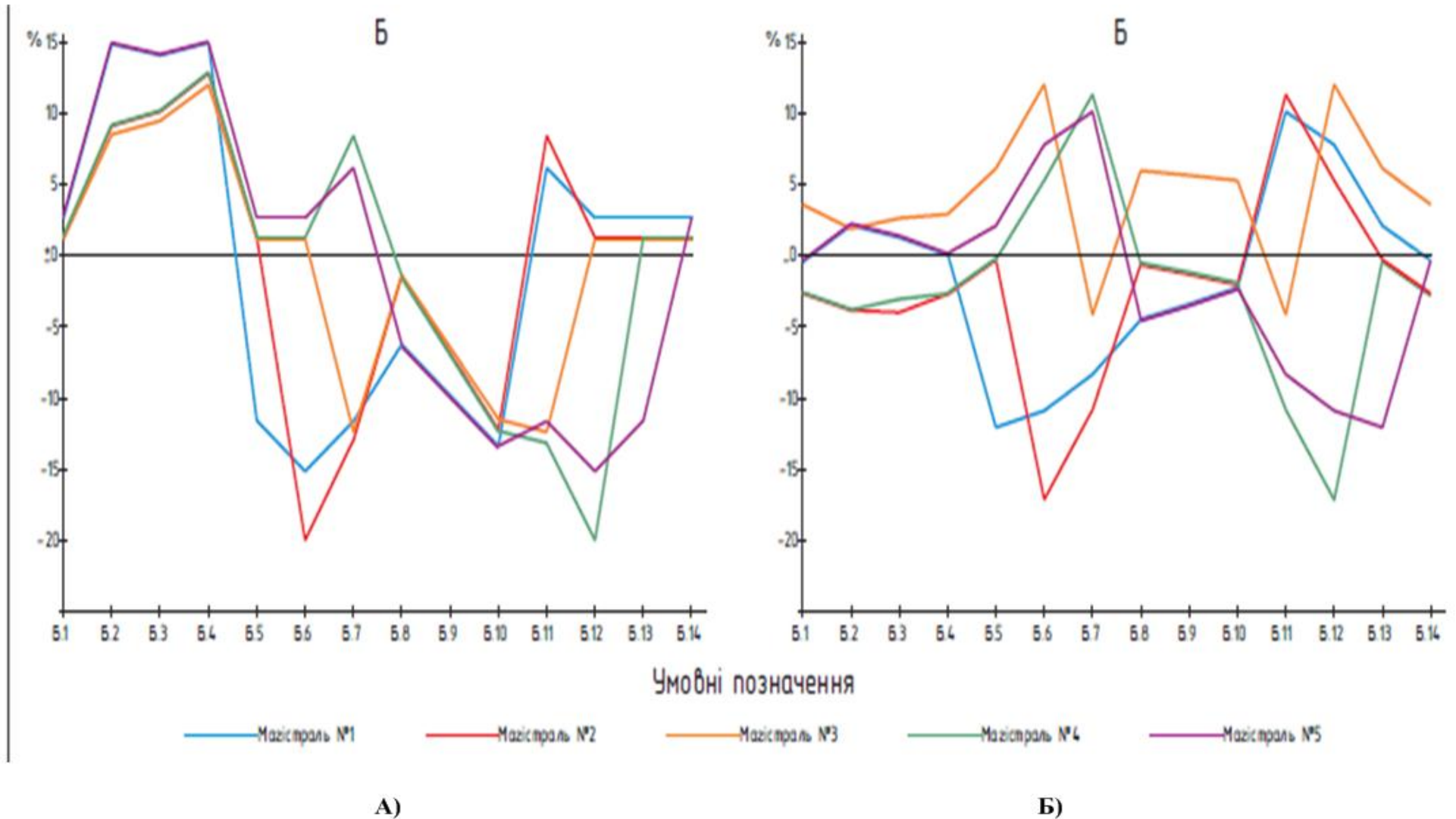


Рис. 4.6 –Значення відхилень між коефіцієнтами використання енергії: А) для окремих магістралей; Б) усереднені відхилення з урахуванням площі забудови (варіант рельєфу Б)

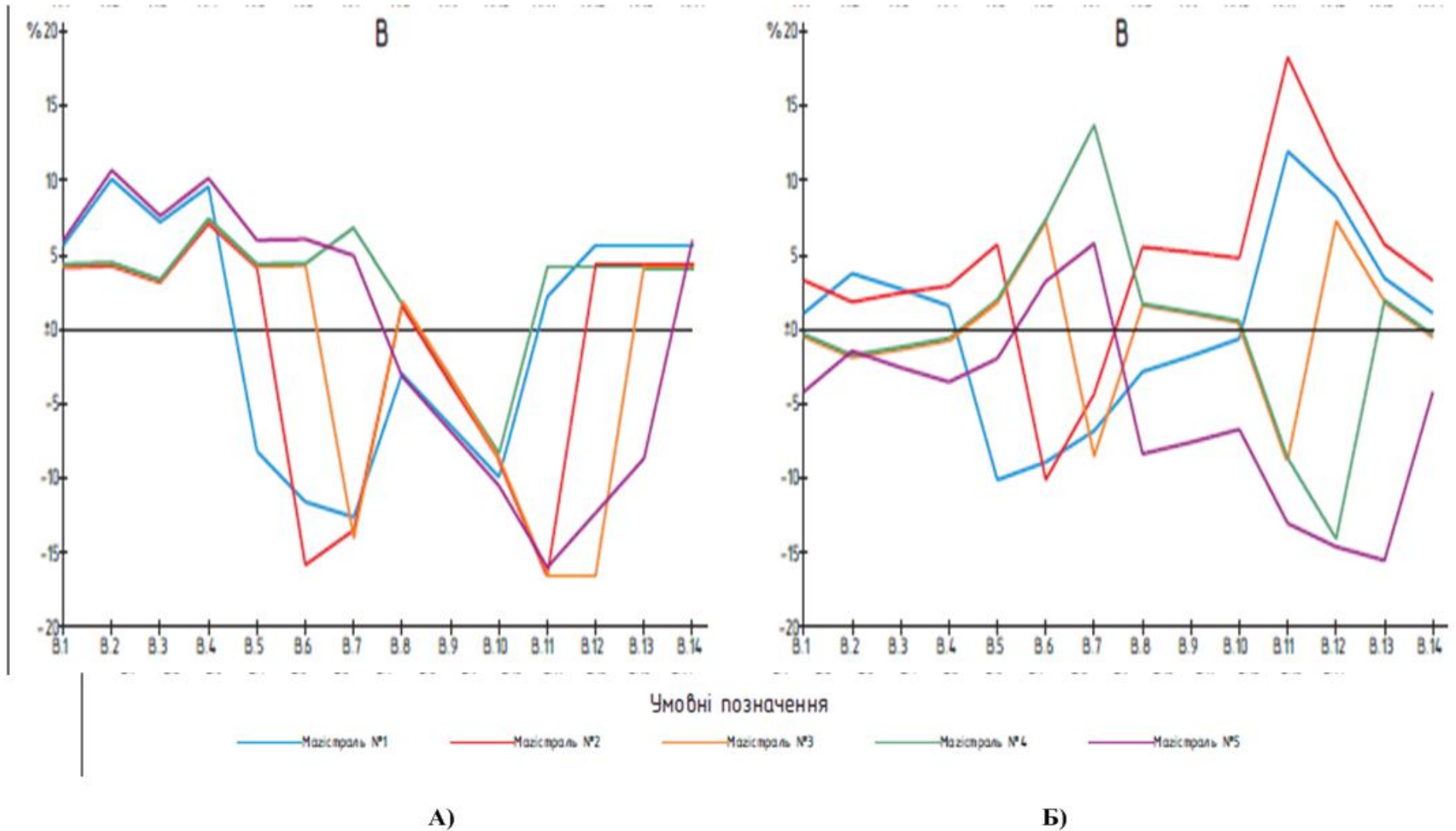


Рис. 4.7 –Значення відхилень між коефіцієнтами використання енергії: А) для окремих магістралей; Б)усереднені відхилення з урахуванням площі забудови (варіант рельєфу В)

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

В магістерській роботі досліджується вплив рельєфу місцевості на формування енергетичних у водопровідній мережі. Розрахунок гідравлічних, техніко-економічних показників та виконання графічної частини роботи виконується з використанням програм ГДРАСТ 3, КОМПАС- 3D V10. Всі роботи по оформленню виконуються з використанням комп'ютерних технологій.

5.1. Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів

При роботі з комп'ютером найбільшому ризику піддаються зорова, опорно-рухова та нервово-психічна системи.

Головним джерелом небезпеки є дисплей. Дисплей створює випромінювання різних видів: рентгенівське, ультрафіолетове, інфрачервоне, електромагнітне. Для кожного з цих випромінювань розроблені гранично допустимі норми, проте вони досить умовні [29]. Норми передбачають, що опромінюється весь організм людини, але фактично впливу піддається лише верхня частина тулуба. Згадані норми встановлені з розрахунку на кожен вид опромінювання окремо, але всі поля діють одночасно, їх комплексний вплив досі не досліджено.

Також відеодисплейний термінал порушує рівновагу між позитивно і негативно зарядженими іонами в повітрі. Електростатичне поле дисплея притягує негативні іони, порушуючи тим самим загальний баланс атмосфери. Це також шкодить здоров'ю. Вже через годину роботи біля монітора спостерігається майже повне зникнення негативних іонів. Ось чому необхідно, щоб до робочого місця за комп'ютером проникало свіже повітря. У зв'язку з усіма цими небезпеками досить чітко регламентовані розміри столу і стільця для роботи з комп'ютером, адже «закам'яніла» постава шкідливо впливає на скелетно-м'язову систему. Передбачається використання просторого стола із

спеціальною підставкою для ніг та робочого стільця, який має відрегульовану висоту, певний кут нахилу сидіння і спинки.

Персонал, що працює на комп'ютері, дотримується вимог інструкції, розробленої на підставі [13], а також несе особисту відповідальність за дотримання вимог безпеки своєї праці і за створення небезпечного чи шкідливого виробничого фактора для інших працюючих і поломку комп'ютера.

Шкідливі та небезпечні чинники при роботі з комп'ютерними технологіями є:

- електромагнітне випромінювання;
- електростатичні поля;
- наявність потужних іонізуючих випромінювань;
- локальне стомлення, загальна втома;
- стомлюваність очей;
- небезпека ураження електричним струмом;
- пожежна небезпека.

Небезпеку представляє собою негативний вплив електромагнітного випромінювання (особливо низькочастотного). Випромінювання негативно впливає на людину і в першу чергу на роботу центральної нервової системи, що приводить до виникнення головного болю, іноді запаморочення, можливі симптоми нудоти, депресії, безсоння, відсутності апетиту, виникнення синдрому стресу. Існують прояви реакції нервової системи на короткі за тривалістю впливи незначних полів: порушення гормонального стану організму, зміни у біострумах мозку. Від впливу зазначеного фактору ускладнюються серцево-судинні захворювання, погіршується зір, , знижується імунітету, виникають негативні впливи на протікання вагітності.

Особливістю роботи з комп'ютерною технікою є постійно статичний режим роботи: в сидячому положенні треба зробити великий обсяг праці. Це приводить до напруження більшості групи м'язів, від цього людина швидко втомлюється, розвиваються фахові патологічні вигинів грудної клітки та

хребта: грудний гіперкифоз, сплющення шийного лордозу і утворення сколіозів. Основною причиною появи сутулості є невірне розташування дисплеїв по висоті - дуже низьке або високе, під ненормативним кутом. Так, дуже високе розташування дисплея призводить до тривалої напруги шийного відділу хребта, що, зрештою, може призвести до виникнення остеохондрозу. Ненормальний стан хребта може стати причиною захворювання всього організму.

Після виконання тривалої у часі та напруженої для зору роботи за комп'ютером у людини з'являється синдром комп'ютерного стресу (СКС), який проявляється виникненням головного болю, погіршенням зору, алергією, дратівливістю, млявістю і депресією, погіршенням зосередженості і працездатності.

Мікроклімат. Комп'ютерна техніка є джерелом істотних тепловиділень, що може привести до збільшення температури і зниження відносної вологості в приміщенні. Тому повинні дотримуватися певні параметри мікроклімату у приміщеннях, де встановлена комп'ютерна техніка. Ці норми встановлюються залежно від пори року, характеру трудового процесу і характеру виробничого приміщення.

Шум погіршує умови праці, надаючи шкідливу дію на організм людини. Працюючі в умовах тривалої шумової дії випробовують дратівливість, головні болі, запаморочення, зниження пам'яті, підвищену стомлюваність, пониження апетиту, болі у вухах і т.д. Такі порушення в роботі ряду органів і систем організму людини можуть викликати негативні зміни в емоційному стані людини аж до стресових. Під впливом шуму знижується концентрація уваги, порушуються фізіологічні функції, з'являється утомленість у зв'язку з підвищеними енергетичними витратами і нервово-психічною напругою, погіршується мовна комутація.

Існує фактор підвищеної температури через постійний нагрів деталей ПК, зниженої вологості, зниженої або підвищеної рухливості повітря, підвищений рівень запыленої і загазованості повітря, підвищений або знижений рівень освітленості, підвищена яскравість, пульсація світлового потоку, порушення

норм аероіонного складу повітря (концентрація корисних для організму негативно заряджених іонів кисню часто нижча за норму в 10 - 50 разів, а шкідливих позитивних значно перевищує норму).

Існує підвищений рівень напруги в електричних ланцюгах живлення і управління ПК, який може привести до електротравми оператора за відсутності заземлення або занулення устаткування (джерело - змінний струм промислової частоти 50 Гц напругою 220 В для живлення комп'ютера; струми високої частоти напругою до 12000 В систем живлення вузлів дисплея);

Наявність змінного електромагнітного поля низької частоти 15 - 110 кГц, яке генерують численні котушки усередині монітора (котушки рядкової і кадрової розгортки, силових трансформаторів і котушки корекції), а також інші електроустановки поза ПК, силові кабелі, особливо за відсутності заземлення або занулення устаткування;

Підвищений рівень напруженості електростатичного поля, яке з'являється навколо монітора унаслідок високої напруги в електронно-променевої трубки. Електростатичний потенціал, що виникає в тілі користувача під час роботи за монітором, може досягти декількох кіловольт, що приводить до осадження заряджених частинок пилу на шкірі і в легенях.

Таблиця 5.1 – Оцінка чинників виробничого і трудового процесу

№	Чинники виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	III клас: шкідливі і небезпечні умови			Тривалість дії чинників за зміну %
				I ступінь	II ступінь	III ступінь	
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³ 1 клас безпеки озон 2 клас безпеки фенол 3-4 класи безпеки оксид вуглецю	0,1 0,3 20	0,1 0,3 10				90
2	Пил, переважно фіброгенної дії, мг/м ³	4	4				90
3	Вібрація (загальна і локальна), дБ	Відсутня	Відсутня				
4	Шум, дБА	50	50				90
5	Інфразвук, дБ	Відсутн.	Відсутн.				
6	Ультразвук, дБ	Відсутн.	Відсутн.				
7	Неіонізуючі випромінювання: -радіочастотний діапазон, в/м -діапазон промислової частоти, кв/м -оптичний діапазон (лазерне випромінювання), Вт/м ²	25 0,5 10	25 0,5 10				90
8	Мікроклімат в приміщенні: - температура повітря, °С - швидкість руху повітря, м/с - відносна вологість повітря % - інфрачервоне випромінювання, Вт/м ²	23-25 0,1 60-40 0,1	23-25 0,1 60-40 0,1				90
9*	Категорія важкості і напруженість праці	1а – легка робота, що виконуються сидячи і не потребують фізичного напруження, при яких витрати енергії складають до 139 Вт					
10	Загальна оцінка умов праці						

Основною роботою з комп'ютером є така, яка займає не менше 80% від загальної тривалості виконання магістерської роботи.

5.2. Заходи з поліпшення умов праці

При організації праці, пов'язаної з використанням компютерних відеотехнічних засобів, для збереження здоров'я працюючих, запобігання професійним захворюванням і підтримки працездатності передбачаються внутрішньозмінні регламентовані перерви для відпочинку.

Внутрішньозмінні режими праці і відпочинку містять додаткові нетривалі перерви в періоди виникнення об'єктивних і суб'єктивних ознак стомлення та зниження працездатності.

Впродовж робочої зміни передбачаються:

- перерви для відпочинку і вживання їжі (обідні перерви);
- перерви для відпочинку і особистих потреб (згідно з трудовими нормами);
- додаткові перерви, що вводяться для окремих професій з урахуванням особливостей трудової діяльності.

Згідно з діючим класифікатором професій [30] теоретичний дослідник роботи водопровідної мережі відноситься до третьої групи, а саме виступає оператором комп'ютерного набору, що виконує роботи з документацією та клавіатурою (одноманітні за характером), які супроводжуються нетривалими переключеннями погляду на екран дисплея, з введенням даних з високою швидкістю. Робота дослідника характеризується як фізична праця з підвищеним навантаженням на кисті верхніх кінцівок на фоні загальної гіподинамії з напруженням зору (фіксація зору переважно на документи), нервово-емоційним напруженням.

Для операторів комп'ютерного набору правилами встановлюються регламентовані перерви для відпочинку тривалістю 10 хвилин після кожної години роботи за комп'ютером.

У всіх випадках, коли виробничі обставини не дозволяють застосувати регламентовані перерви, тривалість безперервної роботи з комп'ютером не перевищує 4 години.

При 12-годинній робочій зміні регламентовані перерви встановлюються в перші 8 годин роботи аналогічно перервам при 8-годинній робочій зміні, а протягом останніх 4-х годин роботи, незалежно від характеру трудової діяльності, через кожен годину тривалістю 15 хвилин.

Для зниження нервово-емоційного напруження, втомлення зорового аналізатора, поліпшення мозкового кровообігу, подолання несприятливих наслідків гіподинамії, запобігання втомі деякі перерви використовуються для виконання комплексу вправ, які наведені у [31].

Для створення безпечних умов праці передбачене використання апаратного устаткування комп'ютера, що відповідає нормам. Найбільшої шкоди здоров'ю користувача комп'ютера завдають пристрої введення-виведення: монітор, клавіатура, мишка.

Існує ряд стандартів на екологічну безпеку обладнання персонального комп'ютера. Сучасний монітор відповідає принаймні трьом загальноприйнятим стандартам безпеки і ергономіки:

- FCC Class B [32] – стандарт, розроблений канадською федеральною комісією з комунікацій для забезпечення прийняттого захисту навколишнього середовища від впливу радіозавад у замкнутому просторі. Устаткування, що відповідає вимогам FCC Class B, не заважає роботі теле- і радіоапаратури;

- MPR-II[33] – стандарт, випущений Шведським національним департаментом. MPR-II накладає обмеження на випромінювання від комп'ютерних моніторів і промислової техніки, яка використовується в офісі;

- TCO'95 [33] (а також сучасний TCO'99) - рекомендація, розроблена Шведською конференцією профспілок та Національною радою індустріального та технічного розвитку Швеції (NUTEK), регламентує взаємодію з навколишнім середовищем. Вона вимагає зменшення електричного і магнітного полів до технічно можливого рівня з метою захисту користувача. Монітор, що отримує сертифікат TCO'95 (TCO'99), відповідає стандартам низького випромінювання (Low Radiation), тобто має низький рівень електромагнітного

поля, забезпечує автоматичне зниження енергоспоживання при довгому не використанні, відповідає європейським стандартам пожежної та електричної безпеки;

- EPA Energy Star VESA DPMS – відповідно до цього стандарту монітор підтримує три енергозберігаючих режими – очікування (stand-by), припинення (suspend) і "сон" (off). Такий монітор при довгому простої комп'ютера переходить у відповідний режим з низьким енергоспоживанням.

Нормами передбачається, що монітор має можливість регулювання параметрів зображення (яскравість, контраст і т.д.). Рекомендована частота вертикальної розгортки монітора - не нижче 75Гц (при цьому користувач не помічає мерехтіння зображення, яке веде до швидкого втомлення очей).

Пласкопанельні монітори (LCD), які позбавлені багатьох екологічних недоліків, властивих моніторам з електронно-променевою трубкою, як то: електромагнітне випромінювання, магнітне поле, мерехтіння і т.д.

На відміну від моніторів, для комп'ютерних пристроїв введення в даний час не застосовуються загальноприйняті стандарти. Однак різні конструктивні рішення підвищують ергономічність їх використання: клавіатура з можливістю регулювання розташування клавіш, «миша» з формою, що зменшує втому кисті при тривалій роботі.

При неправильному положенні рук при друку на клавіатурі може виникнути хронічні розтягнення кисті. Важливо тримати лікті паралельно поверхні стола і під прямим кутом до плеча. Тому розташування клавіатури передбачається в 10-15 см (залежно від довжини ліктя) від краю столу. Встановлена норма глибина столу дозволяє повністю покласти лікті на стіл, відсунувши клавіатуру до монітора.

Регламентована відстань до монітора – відстань витягнутої руки. Верхня межа на рівні очей або не нижче 15 см нижче рівня очей.

Крісло забезпечує фізіологічно раціональну робочу позу, при якій не порушується циркуляція крові і не відбувається інших шкідливих впливів.

Передбачаються підлокітники та можливість повороту крісла, зміна висоти і кута нахилу сидіння і спинки, регулювання висоти і відстані між підлокітниками, відстані від спинки до переднього краю сидіння. Всі регулювання незалежні, легко здійснювані та мають надійну фіксацію.

5.3. Виробнича санітарія

Об'ємно-планувальні рішення приміщення для роботи з ВДТ відповідає вимогам [34]. Розміщення робочих місць з комп'ютерною технікою у підвальних приміщеннях, на цокольних поверхах заборонено.

Площа на одне робоче місце становить не менше ніж $6,0 \text{ м}^2$, а об'єм - не менше ніж $20,0 \text{ м}^3$.

У приміщеннях для роботи з комп'ютерною технікою передбачаються природне та штучне освітлення відповідно до вимог [35].

Природне освітлення здійснюється через світлові прорізи, орієнтовані переважно на північ чи північний схід, і забезпечує коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче, ніж $1,5\%$ [35, табл. 5.3].

Виробничі приміщення обладнуються шафами для зберігання документів, магнітних дисків, полицями, стелажми, тумбами тощо, з урахуванням вимог до площі приміщень.

У приміщеннях з комп'ютерною технікою передбачене щоденне вологе прибирання. Приміщення з комп'ютерною технікою обладнані аптечками першої медичної допомоги. Біля кімнат з комп'ютерною технікою обладнані побутові кімнати для відпочинку під час роботи, кімната психологічного розвантаження. В кімнаті психологічного розвантаження передбачається встановлення пристроїв для приготування й роздачі тонізуючих напоїв, а також місця для занять фізичною культурою [31].

Гігієнічні вимоги до параметрів виробничого середовища включають вимоги до параметрів мікроклімату, освітлення, шуму і вібрації, рівнів електромагнітного та іонізуючого випромінювання.

У виробничих приміщеннях на робочих місцях з комп'ютерною технікою забезпечуються оптимальні значення параметрів мікроклімату: для холодного та перехідного сезону температура повітря 20-23° С, відносна вологість повітря 40...60%, швидкість руху повітря не більше ніж 0,2 м/с; для теплого сезону температура повітря 22-25° С, відносна вологість повітря 40...60%, швидкість руху повітря не більше ніж 0,2 м/с [36].

Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі приміщення відповідають санітарно-гігієнічним нормам: для п+ мінімально необхідні 400 од./см³, оптимальні 1500...3000 од./см³, максимально допустимі 50000 од./см³; для п- мінімально необхідні 600 од./см³, оптимальні 3000...5000 од./см³, максимально допустимі 50000 од./см³.

Штучне освітлення в приміщеннях з робочими місцями, обладнаними комп'ютерною технікою, здійснюється системою загального рівномірного освітлення. У виробничих та адміністративно-громадських приміщеннях, у разі переважної роботи з документами, допускається застосування системи комбінованого освітлення (крім системи загального освітлення, додатково встановлюються світильники місцевого освітлення). Значення освітленості на поверхні робо-чого столу в зоні розміщення документів становить 300-500 лк. Світильники місцевого освітлення встановлюються таким чином, щоб не створювати бликів на поверхні екрана, а освітленість екрана не перевищувала б 300 лк.

В якості джерел світла для штучного освітлення застосовуються переважно люмінесцентні лампи типу ЛБ. У разі влаштування відбитого освітлення у виробничих та адміністративно-громадських приміщеннях допускається застосування металогалогенних ламп потужністю 250 Вт та ламп розжарю-вання у світильниках місцевого освітлення.

Інтенсивність потоків інфрачервоного та ультрафіолетового випромінювання не перевищує допустимих значень. Потужність експозиційної дози рентгенівського випромінювання на відстані 0,05 м від екрана та корпусу

відеотермінала при будь-яких положеннях регулювальних пристроїв не перевищує 0,1 мбер/год (100 мкР/год).

5.3.1. Розрахунок штучного освітлення приміщення

В комп'ютерному приміщенні розміром 6,0 x 3,0 x 3,0 м потрібно створити освітленість $E_n = 200$ лк [35]; $\rho_{\text{пот}} = 70\%$; $\rho_{\text{ст}} = 50\%$. Для освітлення використовуються люмінесцентні лампи типу ЛБ в світильниках ЛДОР. Для розрахунку загального рівномірного освітлення при горизонтальній робочій поверхні застосовується метод світлового потоку (коефіцієнту використання), який враховує світловий потік, що відображений від стелі та стін.

Світловий потік визначається за формулою:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot z \cdot k}{N_p \cdot \eta}, \quad (5.1)$$

де E_n – нормована освітленість, лк;

S – площа освітленого приміщення, м²;

z – коефіцієнт нерівномірності освітлення;

k – коефіцієнт запасу, який враховує зниження собівартості за рахунок забруднення та старіння лампи; приймається $k = 1,6$;

N_p – кількість рядів світильників, шт.; приймається розміщення світильників в 2 ряди, тобто $N_p = 2$ шт.;

η – коефіцієнт використання освітлювальної установки, який залежить від індексу приміщення.

Площа освітленого приміщення визначається за формулою:

$$S = A \cdot B, \quad (5.2)$$

де A і B – відповідно довжина та ширина приміщення, м; $A = 6$ м; $B = 3$ м.

$$S = 6 \cdot 3 = 18 \text{ м}^2$$

Індекс приміщення визначається за формулою:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)}, \quad (5.3)$$

де H_p – висота розташування світильників над робочою поверхнею, м; з

урахуванням висоти стелі та столу $H_p = 2,2$ м.

$$i = \frac{6 \cdot 3}{2,2 \cdot (6 + 3)} = 0,91$$

При індексі приміщення $i = 0,9$ та типі світильника ЛДОР прийнятий коефіцієнт використання освітлювального пристрою $\eta = 52\%$ [35].

Коефіцієнт нерівномірності освітлення визначається за формулою:

$$z = E_{\text{сер}} / E_{\text{мін}}, \quad (5.4)$$

де $E_{\text{сер}}$, $E_{\text{мін}}$ – відповідно середня та мінімальна освітленість для даного

розряду зорових робіт, лк; приймається $E_{\text{мін}} = 50$ лк [16].

Середня освітленість визначається за формулою:

$$E_{\text{ср}} = (E_{\text{мін}} + E_{\text{макс}}) / 2, \quad (5.5)$$

де $E_{\text{макс}}$ – максимальна освітленість для даного розряду зорових робіт, лк;

прийнята $E_{\text{макс}} = 300$ лк [16].

$$E_{\text{ср}} = (50 + 300) / 2 = 175_{\text{лк}};$$

$$z = 175 / 50 = 3,5.$$

Необхідний світловий потік ламп в кожному ряду становить:

$$\Phi = \frac{200 \cdot 18 \cdot 3,5 \cdot 1,6}{2 \cdot 0,52} = 19385_{\text{лм}}.$$

Згідно із розрахунком передбачається встановлення в кожному світильнику двох світлодіодних ламп LRC-T8-S1500G13-23,0W ($n_{\text{л}} = 2$) потужністю 23 Вт і світловим потоком $\Phi_{\text{л}} = 2760$ лм [18], тоді необхідна кількість світильників в ряду становить:

$$N = \frac{\Phi}{n_{\text{л}} \cdot \Phi_{\text{л}}}, \quad (5.6)$$

$$N = \frac{19385}{2 \cdot 2760} \approx 4_{\text{шт.}}$$

Таким чином, в результаті розрахунку встановлено, що для створення в ро-бочому приміщенні нормативної освітленості 200 лк достатньо використувати 4 світильника типу ЛДОР, розташованих в 2 ряди, обладнаних лампами типа LRC-T8-S1500G13-23,0W ($n_{\text{л}} = 2$) потужністю 23 Вт.

5.4. Електробезпека

Монтаж мереж 36, 220 і 380 В для підключення електроустаткування виконується виключно електротехнічним персоналом (електрослюсар, електротехнік). Працівник виконує включення електроустаткування в мережу шляхом вставки справної вилки в справну спеціальну розетку для ПК.

Працівнику при роботі на ПК забороняється:

- торкатися одночасно екрана монітора і клавіатури;
- доторкатися до задньої панелі системного блоку (процесора) при включеному живленні;
- переключати рознімання інтерфейсних кабелів периферійних пристроїв при включеному живленні;
- допускати попадання вологи на поверхню системного блоку (процесора), монітора, робочу поверхню клавіатури, дисководів, принтерів та інших пристроїв;
- виконувати самостійне розкриття та ремонт обладнання.

Працівник зобов'язаний дотримуватися послідовності включення ПК:

- включити блок живлення;
- включити периферійні пристрої (принтер, монітор, сканер тощо);
- включити системний блок (процесор).

Працівник зобов'язаний відключити ПК від електромережі:

- при виявленні несправності;
- при раптовому зникненні напруги електромережі;
- під час чищення та прибирання обладнання.

Людину, що потрапила під напругу, негайно звільняють від дії струму, відключивши комп'ютер або відкинувши електродріт. Якщо це неможливо зробити швидко, постраждалого відтягують від струмоведучих частин, діючи однією рукою, ізольованою гумовою рукавичкою (сухим одягом), торкаючись лише одягу потерпілого. До прибуття лікаря потерпілому надають першу

допомогу. У перші хвилини з моменту ураження починають робити штучне дихання, закритий масаж серця.

5.5. Пожежна безпека

Кабінет, де знаходяться комп'ютери, відноситься до пожежонебезпечного приміщення категорії Б [37].

Категорично забороняється використання на робочому місці електронагрівальних приладів з відкритим елементом, відкритим вогнем. Користування електронагрівальними приладами з закритими нагрівальними елементами дозволяється тільки у спеціально відведених для цього місцях.

Працівник зобов'язаний дотримуватися вимог по забезпеченню пожежної безпеки, знати місце знаходження засобів пожежегасіння, вміти застосовувати первинні засоби пожежегасіння, в тому числі вогнегасниками вуглекислотними марки ОУ-5, ОУ-10 або порошковими марки ОП-5, ОП-10, які дозволяють гасити вогонь на електроустаткуванні до 380 В без зняття напруги.

5.6 Висновки за розділом 5

Вказані небезпечні фактори представляють - це фізичні і психофізичні параметри, частина з яких по своєму впливу має раптовий характер (електричний струм, пожежна безпека). Більшість же факторів характеризуються постійним впливом на всіх без винятку користувачів ПЕОМ. Їх наслідки проявляються різним чином. Їх негативні наслідки проявляються як практично відразу, так і поступово, відтерміновано. Багато факторів, що здаються несуттєвими, при систематичному впливі можуть призводити до ефекту накопичення негативних наслідків та вагомого зниження працездатності та погіршення здоров'я користувача.

Для боротьби з негативними факторами організм людини застосовує свій потенціал адаптаційно-компенсаторних реакцій всіх функціональних систем, але при цьому знижується життєва енергія. Враховуючи обмеженість можливостей людського організму, слід дотримувати обмеження та дотримання діапазонів значень параметрів окремих факторів.

Всі фактичні чинники виробничого та трудового процесу відповідають нормативним значенням. Це сприяє поліпшенню умов праці. Дотримання правил охорони праці допомагають організувати роботу так, щоб запобігти нещасним випадкам, професійним захворюванням та створити комфортні умови на робочому місці.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз величин коефіцієнтів використання енергії в окремих магістралях показав, що існуюча методика визначення величини критерію для оцінки ефективності енергоспоживання дає похибки в межах від 1 до 12%.
2. Для зменшення відхилень коефіцієнтів використання енергії в окремих магістралях запропоновано використовувати усереднений коефіцієнт, який враховує площу забудови, що обслуговується окремими магістралями.
3. Рельєф місцевості впливає на складові енергії, що залежать від висоти підйому води E_g та E_n , значення E_g збільшується в межах 2-5 %, E_n – на 2-4 %.
4. Результати розрахунків коефіцієнтів використання енергії можуть бути використані для вибору оптимального варіанта трасування мережі.
5. Результати досліджень є основою для подальшого уточнення техніко-економічних показників систем подачі та розподілу води.
6. Моделювання ситуацій, що зумовлюються експлуатаційними змінами стану водопровідних мереж, дозволяє оптимізувати роботу мережі при її проектуванні.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Крисько Ж. Аналіз середовища реструктуризації підприємств будівельної галузі // Економічний аналіз. 2012. Т. 10(4). С. 203-207.
2. Закон України «Про питну воду та питне водопостачання
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2918-14#Text>.
3. Закон України Про Загальнодержавну цільову програму "Питна вода України" на 2011-2020 роки. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2005, № 15, ст.243 URL :<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2455-15#Text>.
4. ДСТУ 7525:2014 Національний стандарт України. Вода питна. Вимоги та контролювання якості. [Чинний від 2015-02-01] Вид. офіц. Київ: Міністерство економічного розвитку України, 2014. 26 с. URL: [www.http://icssc.org.ua/docs/dstu_7525_2014.pdf](http://icssc.org.ua/docs/dstu_7525_2014.pdf) (дата звернення: 28.09. 2020).
5. Закон України «Про місцеве самоврядування в Україні». Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1997, № 24, ст.170. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/280/97-%D0%B2%D1%80#Text>.
6. Наказ Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 23.12.2011 № 476 «Про затвердження Методичних рекомендацій з розробки схем оптимізації роботи систем централізованого водопостачання та водовідведення». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0476738-10#Text>.
7. НАКАЗ 11.07.2018 № 170 Про затвердження Методики визначення економічно доцільного рівня енергетичної ефективності будівель
URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0823-18#Text>.
8. Новохатній В.Г. Водопостачання. Системи і мережі: навчальний посібник. Полтава : ПолНТУ, 2014. 162 с.

9. Хоружий П.Д., Ткачук О.А. Водопровідні системи і споруди. К.: Вища школа, 1993. 262 с.
10. Ткачук О.А. Вплив змін основних параметрів на економічно вигідні діаметри водоводів і водопровідних мереж. Коммунальное хозяйство городов. № 60. С.129-138.
11. Ткачук О. А. Удосконалення систем подачі і розподілення води населених пунктів. Рівне: НУВГП, 2008. 301с.
12. Ткачук О.А., Косінов В.П., Новицька О.С. Системи подачі та розподілення води населених пунктів : навчальний посібник. Рівне: НУВГП. 2011. 273 с.
13. Максименко С.В. Петров О. А. Оцінка економічності системи водопостачання. Энергетика. Екологія. Людина : збірник наукових праць. 2012. С.103-107.
14. Кліментьєв І.М. (2011). Сучасний стан водопостачання населення та основні проблеми заходів щодо його оптимізації. Водопостачання та водовідведення, Буча.2011. Вип.3. С. 57 – 58.
15. Tchorzewska-Cieslak, B. (2013). Failure risk analysis in the collective water supply systems in crisis situations. Journal of Polish Safety and Reliability Association, Vol.1(4). P. 129–136.
16. Tchorzewska-Cieslak, B. (2014). Water supply of urban agglomeration in crisis situation. Journal of Polish Safety and Reliability Association Vol.5. P. 143–155.
17. Гузынин А.И., 2007. Оценка надежности кольцевых сетей водоснабжения. Науковий вісник будівництва, Вип.41, 238 – 247.
18. Новохатний В.Г., 2013. Надежность водоводов систем водоснабжения. MOTROL. Commission of motorization and energetic in agriculture, Vol.15, 101–108.
19. Pietryja C., 2008. Poprawa jakości wody do picia poprzez stosowanie nowoczesnej metody regeneracji sieci wodociągowej przy pomocy wklejanego rękawa - process phoenix®. XX jubileuszowa-krajowa. Poland, VIII Międzynarodowa konferencja naukowo – techniczna „Zaopatrzenie w wodę , jakość i ochrona wòd", 197 – 206.

20. Kwietniewski M., Miszta–Kruk K., 2008. Technologie odnowy komunalnych sieci wodociągowych w polsce w latach 2000 - 2005 w świetle danych z eksploatacji. XX jubileuszowa-krajowa. Poland, VIII Międzynarodowa konferencja naukowo – techniczna. „Zaopatrzenie w wodę , jakości ochrona wód, 177 – 186.
21. Wargin A., 2008. Influence of sulphate reducing bacteria on water quality in water network. XX jubileuszowa-krajowa. Poland, VIII Międzynarodowa konferencja naukowo – techniczna „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód", 131 – 136.
22. Грабовський П.О., Ларкіна Г.М., Прогульний В.І., Карпов І. П. Зниження собівартості водопровідної води. Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки: Науково-технічний збірник. Випуск 27. К.: КНУБА, 2016. С. 99–105 с.
23. Матяш О.В., Усенко І.С. Співвідношення надійності вітчизняних та зарубіжних водопровідних труб. Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки: Науково-технічний збірник. Випуск 27. К.: КНУБА, 2016. С. 235–243.
23. Ткачук О. А Шадура В.О. Водопровідні мережі. Рівне: НУВГП, 2010. 146 с.
24. Лякмунд А.Л. Совершенствование расчетов системы подачи и распределения воды с использованием статистической модели водопотребления: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.04. Москва, 1988. 19 с.
25. Косінов В.П. Вдосконалення водопровідних мереж з урахуванням мінливості критеріїв надійності та економічності в процесі експлуатації: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.23.04. Рівне, 2005. 20с.
26. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання: підручник для студентів вищих навчальних закладів. Київ : Знання, 2008. 735 с.
27. ДБН В.2.5 – 74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01] Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2013. 172 с.

URL: www.minregion.gov.ua/.../DBN_V.2.5-74_2013 (дата звернення: 15.09.2020).

28. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: Справ.пособие. М. : Стройиздат, 1984. 116с.

29. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин ДСанПН 3.3.2.007-98. Гігієнічні вимоги до організації роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. [Чинний від 1998-12-10]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0007282-98#Text>.

30. ДЕРЖАВНИЙ КЛАСИФІКАТОР УКРАЇНИ КЛАСИФІКАТОР ПРОФЕСІЙ ДК 003-95. [Чинний від 1996-01-01]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v257u217-95#Text/>

31 . Інструкція з охорони праці для працівників, які використовують персональні комп'ютери. – Львів: НУ «Львівська політехніка», 2010. – 5 с.

32. FCC Class B. URL: <https://i.dell.com/sites/doccontent/shared-content/solutions/en/Documents/b>.

33. Пермогоров А. Родословная безопасного монитора.

URL: <http://www.infocity.kiev.ua/hard/content/hard288.phtml>.

34. ДБН В.2.2-28:2010. Будинки адміністративного та побутового призначення. [Чинний від 2011-10-01] Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2011. 47 с. URL: www.minregion.gov.ua/.../DBN_V.2.5-74_2013 (дата звернення: 23.11.2020).

35. ДБН 2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01] Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2018. 135 с. URL: https://ledeffect.com.ua/images/__branding/dbn2018.pdf (дата звернення: 23.11.2020).

36. ГОСТ 12.1.005-88 Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони. [Чинний від 2019-04-26 по 2022-01-01].

URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=6264. (дата звернення: 23.11.2020).

37. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. [Чинний від 2017-01-31] Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2017. 36 с.

URL:

<http://kbu.org.ua/assets/app/documents/dbn2/32.1.%20%D0%94%D0%91%D0%9D%20%D0%92.1.1-7~2016>. (дата звернення: 23.11. 2020).

38. Лисенко Х.Х., Добровольська О.Г. Оцінка енергетичних втрат у водопровідних мережах. Матеріали XXIV науково-технічної конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів. ІННІ ЗНУ. Запоріжжя: ЗНУ. 2020 р. С.269-270.

Таблиця А.1 – Варіант А.2

№ вузла	Потрібний вільний напір $H_{в.потр.i}, м$	Позначка поверхні землі $Z_i, м$	Потрібні п'єзометричні позначки $\Gamma^{п'єз.}_{потр.i}, м$	Втрати напору $\Sigma h^{п'єз.}_{1-i}, м$	П'єзометричні позначки відносно точки підключення $\Gamma^{п'єз.}_{i(0)}, м$
1	42	74,00	116,00		116,00
2	42	77,20	119,20	3,25	122,45
3	42	79,78	121,78	5,96	127,74
4	42	79,56	121,56	10,54	132,10
5	26	79,07	105,07	14,27	119,34
6	26	78,36	104,36	17,44	121,80
7	26	77,62	103,62	20,33	123,95
8	42	77,82	119,82	6,84	126,66
9	26	77,48	103,48	10,10	113,58
10	26	77,09	103,09	14,07	117,16
11	26	76,74	102,74	24,76	127,50
12	42	75,23	117,23	3,72	120,95
13	26	75,58	101,58	8,59	110,17
14	26	75,74	101,74	13,33	115,07
15	26	75,65	101,65	25,28	126,93
16	42	71,84	113,84	3,25	117,09
17	42	73,04	115,04	6,84	121,88
18	26	73,80	99,80	10,10	109,90
19	26	74,21	100,21	14,07	114,28
20	26	74,35	100,35	24,76	125,11
21	42	70,38	112,38	5,96	118,34
22	42	71,19	113,19	10,54	123,73
23	26	71,88	97,88	14,27	112,15
24	26	72,51	98,51	17,44	115,95
25	26	72,79	98,79	20,33	119,12

Додаток А Визначення невідної точки для різних варіантів забудови на місцевості з рельєфом А
Таблиця А.2 – Варіант А.3

№ вузла	Потрібний вільний напір $H_{в.потр.i}, м$	Позначка поверхні землі $Z_i, м$	Потрібні п'єзометричні позначки $\Gamma^{п'єз.}_{потр.i}, м$	Втрати напору $\Sigma h^{п'єз.}_{1-i}, м$	П'єзометричні позначки відносно точки підключення $\Gamma^{п'єз.}_{i(0)}, м$
1	42	74,00	116,00		116,00
2	42	77,20	119,20	3,25	122,45
3	42	79,78	121,78	5,96	127,74
4	42	79,56	121,56	10,54	132,10
5	42	79,07	121,07	14,27	135,34
6	26	78,36	104,36	17,44	121,80
7	26	77,62	103,62	20,33	123,95
8	42	77,82	119,82	6,84	126,66
9	42	77,48	119,48	10,10	129,58
10	26	77,09	103,09	14,07	117,16
11	26	76,74	102,74	24,76	127,50
12	42	75,23	117,23	3,72	120,95
13	42	75,58	117,58	8,59	126,17
14	26	75,74	101,74	13,33	115,07
15	26	75,65	101,65	25,28	126,93
16	42	71,84	113,84	3,25	117,09
17	42	73,04	115,04	6,84	121,88
18	42	73,80	115,80	10,10	125,90
19	26	74,21	100,21	14,07	114,28
20	26	74,35	100,35	24,76	125,11
21	42	70,38	112,38	5,96	118,34
22	42	71,19	113,19	10,54	123,73
23	42	71,88	113,88	14,27	128,15
24	26	72,51	98,51	17,44	115,95
25	26	72,79	98,79	20,33	119,12

Продовження додатку А

Таблиця А.3 – Варіант А.4

№ вузла	Потрібний вільний напір $H_{в.потр.i}, м$	Позначка поверхні землі $Z_i, м$	Потрібні п'єзометричні позначки $\Pi^{max}_{потр.i}, м$	Втрати напору $\Sigma h^{max}_{i-},$ м	П'єзометричні позначки відносно точки підключення $\Pi^{max}_{i(i)}, м$
1	42	74,00	116,00		116,00
2	42	77,20	119,20	3,25	122,45
3	42	79,78	121,78	5,96	127,74
4	42	79,56	121,56	10,54	132,10
5	42	79,07	121,07	14,27	135,34
6	42	78,36	120,36	17,44	137,80
7	26	77,62	103,62	20,33	123,95
8	42	77,82	119,82	6,84	126,66
9	42	77,48	119,48	10,10	129,58
10	42	77,09	119,09	14,07	133,16
11	26	76,74	102,74	24,76	127,50
12	42	75,23	117,23	3,72	120,95
13	42	75,58	117,58	8,59	126,17
14	42	75,74	117,74	13,33	131,07
15	26	75,65	101,65	25,28	126,93
16	42	71,84	113,84	3,25	117,09
17	42	73,04	115,04	6,84	121,88
18	42	73,80	115,80	10,10	125,90
19	42	74,21	116,21	14,07	130,28
20	26	74,35	100,35	24,76	125,11
21	42	70,38	112,38	5,96	118,34
22	42	71,19	113,19	10,54	123,73
23	42	71,88	113,88	14,27	128,15
24	42	72,51	114,51	17,44	131,95
25	26	72,79	98,79	20,33	119,12

Таблиця А.4 – Варіант А.5

№ вузла	Потрібний вільний напір $H_{в.потр.i}, м$	Позначка поверхні землі $Z_i, м$	Потрібні п'єзометричні позначки $\Pi^{max}_{потр.i}, м$	Втрати напору $\Sigma h^{max}_{i-},$ м	П'єзометричні позначки відносно точки підключення $\Pi^{max}_{i(i)}, м$
1	42	74,00	116,00		116,00
2	42	77,20	119,20	3,25	122,45
3	26	79,78	105,78	5,96	111,74
4	26	79,56	105,56	10,54	116,10
5	26	79,07	105,07	14,27	119,34
6	26	78,36	104,36	17,44	121,80
7	26	77,62	103,62	20,33	123,95
8	42	77,82	119,82	6,84	126,66
9	42	77,48	119,48	10,10	129,58
10	42	77,09	119,09	14,07	133,16
11	42	76,74	118,74	24,76	143,50
12	42	75,23	117,23	3,72	120,95
13	42	75,58	117,58	8,59	126,17
14	42	75,74	117,74	13,33	131,07
15	42	75,65	117,65	25,28	142,93
16	42	71,84	113,84	3,25	117,09
17	42	73,04	115,04	6,84	121,88
18	42	73,80	115,80	10,10	125,90
19	42	74,21	116,21	14,07	130,28
20	42	74,35	116,35	24,76	141,11
21	42	70,38	112,38	5,96	118,34
22	42	71,19	113,19	10,54	123,73
23	42	71,88	113,88	14,27	128,15
24	42	72,51	114,51	17,44	131,95
25	42	72,79	114,79	20,33	135,12

Продовження Додатку А

Таблиця А.5 – Варіант А.6

№ вузла	Потрібний вільний напір $H_{в.в.п.р.i}$, м	Позначка поверхні землі Z_i , м	Потрібні п'єзометричні позначки $\Pi^{п'єз.п'єз.i}$, м	Втрати напору $\Sigma h^{п'єз.i-i}$, м	П'єзометричні позначки відносно точки підключення $\Pi^{п'єз.i(0)}$, м
1	42	74,00	116,00		116,00
2	26	77,20	103,20	3,25	106,45
3	26	79,78	105,78	5,96	111,74
4	26	79,56	105,56	10,54	116,10
5	26	79,07	105,07	14,27	119,34
6	26	78,36	104,36	17,44	121,80
7	26	77,62	103,62	20,33	123,95
8	26	77,82	103,82	6,84	110,66
9	26	77,48	103,48	10,10	113,58
10	26	77,09	103,09	14,07	117,16
11	26	76,74	102,74	24,76	127,50
12	42	75,23	117,23	3,72	120,95
13	42	75,58	117,58	8,59	126,17
14	42	75,74	117,74	13,33	131,07
15	42	75,65	117,65	25,28	142,93
16	42	71,84	113,84	3,25	117,09
17	42	73,04	115,04	6,84	121,88
18	42	73,80	115,80	10,10	125,90
19	42	74,21	116,21	14,07	130,28
20	42	74,35	116,35	24,76	141,11
21	42	70,38	112,38	5,96	118,34
22	42	71,19	113,19	10,54	123,73
23	42	71,88	113,88	14,27	128,15
24	42	72,51	114,51	17,44	131,95
25	42	72,79	114,79	20,33	135,12

Таблиця А.6 – Варіант А.7

№ вузла	Потрібний вільний напір $H_{в.в.п.р.i}$, м	Позначка поверхні землі Z_i , м	Потрібні п'єзометричні позначки $\Pi^{п'єз.п'єз.i}$, м	Втрати напору $\Sigma h^{п'єз.i-i}$, м	П'єзометричні позначки відносно точки підключення $\Pi^{п'єз.i(0)}$, м
1	26	74,00	100,00		100,00
2	26	77,20	103,20	3,25	106,45
3	26	79,78	105,78	5,96	111,74
4	26	79,56	105,56	10,54	116,10
5	26	79,07	105,07	14,27	119,34
6	26	78,36	104,36	17,44	121,80
7	26	77,62	103,62	20,33	123,95
8	26	77,82	103,82	6,84	110,66
9	26	77,48	103,48	10,10	113,58
10	26	77,09	103,09	14,07	117,16
11	26	76,74	102,74	24,76	127,50
12	26	75,23	101,23	3,72	104,95
13	26	75,58	101,58	8,59	110,17
14	26	75,74	101,74	13,33	115,07
15	26	75,65	101,65	25,28	126,93
16	42	71,84	113,84	3,25	117,09
17	42	73,04	115,04	6,84	121,88
18	42	73,80	115,80	10,10	125,90
19	42	74,21	116,21	14,07	130,28
20	42	74,35	116,35	24,76	141,11
21	42	70,38	112,38	5,96	118,34
22	42	71,19	113,19	10,54	123,73
23	42	71,88	113,88	14,27	128,15
24	42	72,51	114,51	17,44	131,95
25	42	72,79	114,79	20,33	135,12

Таблиця А.7 – Варіант А.8

№ вузла	Потрібний вільний напір $H_{в.в.п.,i}$, м	Позначка поверхні землі Z_i , м	Потрібні п'єзометричні позначки $\Pi^{max}_{п.п.,i}$, м	Втрати напору Σh^{max}_{1-i} , м	П'єзометричні позначки відносно точки підключення $\Pi^{max}_{(i)}$, м
1	26	74,00	100,00		100,00
2	26	77,20	103,20	3,25	106,45
3	26	79,78	105,78	5,96	111,74
4	42	79,56	121,56	10,54	132,10
5	42	79,07	121,07	14,27	135,34
6	42	78,36	120,36	17,44	137,80
7	42	77,62	119,62	20,33	139,95
8	42	77,82	119,82	6,84	126,66
9	42	77,48	119,48	10,10	129,58
10	42	77,09	119,09	14,07	133,16
11	42	76,74	118,74	24,76	143,50
12	42	75,23	117,23	3,72	120,95
13	42	75,58	117,58	8,59	126,17
14	42	75,74	117,74	13,33	131,07
15	42	75,65	117,65	25,28	142,93
16	26	71,84	97,84	3,25	101,09
17	42	73,04	115,04	6,84	121,88
18	42	73,80	115,80	10,10	125,90
19	42	74,21	116,21	14,07	130,28
20	42	74,35	116,35	24,76	141,11
21	26	70,38	96,38	5,96	102,34
22	42	71,19	113,19	10,54	123,73
23	42	71,88	113,88	14,27	128,15
24	42	72,51	114,51	17,44	131,95
25	42	72,79	114,79	20,33	135,12

Продовження додатку А
Таблиця А.8 – Варіант А.9

№ вузла	Потрібний вільний напір $H_{в.в.п.,i}$, м	Позначка поверхні землі Z_i , м	Потрібні п'єзометричні позначки $\Pi^{max}_{п.п.,i}$, м	Втрати напору Σh^{max}_{1-i} , м	П'єзометричні позначки відносно точки підключення $\Pi^{max}_{(i)}$, м
1	26	74,00	100,00		100,00
2	26	77,20	103,20	3,25	106,45
3	26	79,78	105,78	5,96	111,74
4	26	79,56	105,56	10,54	116,10
5	42	79,07	121,07	14,27	135,34
6	42	78,36	120,36	17,44	137,80
7	42	77,62	119,62	20,33	139,95
8	26	77,82	103,82	6,84	110,66
9	42	77,48	119,48	10,10	129,58
10	42	77,09	119,09	14,07	133,16
11	42	76,74	118,74	24,76	143,50
12	26	75,23	101,23	3,72	104,95
13	42	75,58	117,58	8,59	126,17
14	42	75,74	117,74	13,33	131,07
15	42	75,65	117,65	25,28	142,93
16	26	71,84	97,84	3,25	101,09
17	26	73,04	99,04	6,84	105,88
18	42	73,80	115,80	10,10	125,90
19	42	74,21	116,21	14,07	130,28
20	42	74,35	116,35	24,76	141,11
21	26	70,38	96,38	5,96	102,34
22	26	71,19	97,19	10,54	107,73
23	42	71,88	113,88	14,27	128,15
24	42	72,51	114,51	17,44	131,95
25	42	72,79	114,79	20,33	135,12

Таблиця А.9 – Варіант А.10

№ вузла	Потрібний вільний напір $H_{в.пор.і}, м$	Позначка поверхні землі $Z_i, м$	Потрібні п'єзометричні позначки $\Pi^{п'єз.}_{пор.і}, м$	Втрати напору $\Sigma h^{п'єз.}_{1-і}, м$	П'єзометричні позначки відносно точки підключення $\Pi^{п'єз.}_{i(0)}, м$
1	26	74,00	100,00		100,00
2	26	77,20	103,20	3,25	106,45
3	26	79,78	105,78	5,96	111,74
4	26	79,56	105,56	10,54	116,10
5	26	79,07	105,07	14,27	119,34
6	42	78,36	120,36	17,44	137,80
7	42	77,62	119,62	20,33	139,95
8	26	77,82	103,82	6,84	110,66
9	26	77,48	103,48	10,10	113,58
10	42	77,09	119,09	14,07	133,16
11	42	76,74	118,74	24,76	143,50
12	26	75,23	101,23	3,72	104,95
13	26	75,58	101,58	8,59	110,17
14	42	75,74	117,74	13,33	131,07
15	42	75,65	117,65	25,28	142,93
16	26	71,84	97,84	3,25	101,09
17	26	73,04	99,04	6,84	105,88
18	26	73,80	99,80	10,10	109,90
19	42	74,21	116,21	14,07	130,28
20	42	74,35	116,35	24,76	141,11
21	26	70,38	96,38	5,96	102,34
22	26	71,19	97,19	10,54	107,73
23	26	71,88	97,88	14,27	112,15
24	42	72,51	114,51	17,44	131,95
25	42	72,79	114,79	20,33	135,12

Продовження додатку А
Таблиця А.10 – Варіант А.11

№ вузла	Потрібний вільний напір $H_{в.пор.і}, м$	Позначка поверхні землі $Z_i, м$	Потрібні п'єзометричні позначки $\Pi^{п'єз.}_{пор.і}, м$	Втрати напору $\Sigma h^{п'єз.}_{1-і}, м$	П'єзометричні позначки відносно точки підключення $\Pi^{п'єз.}_{i(0)}, м$
1	42	74,00	116,00		116,00
2	42	77,20	119,20	3,25	122,45
3	42	79,78	121,78	5,96	127,74
4	42	79,56	121,56	10,54	132,10
5	42	79,07	121,07	14,27	135,34
6	42	78,36	120,36	17,44	137,80
7	42	77,62	119,62	20,33	139,95
8	42	77,82	119,82	6,84	126,66
9	42	77,48	119,48	10,10	129,58
10	42	77,09	119,09	14,07	133,16
11	42	76,74	118,74	24,76	143,50
12	42	75,23	117,23	3,72	120,95
13	42	75,58	117,58	8,59	126,17
14	42	75,74	117,74	13,33	131,07
15	42	75,65	117,65	25,28	142,93
16	42	71,84	113,84	3,25	117,09
17	42	73,04	115,04	6,84	121,88
18	42	73,80	115,80	10,10	125,90
19	42	74,21	116,21	14,07	130,28
20	42	74,35	116,35	24,76	141,11
21	42	70,38	112,38	5,96	118,34
22	42	71,19	113,19	10,54	123,73
23	42	71,88	113,88	14,27	128,15
24	42	72,51	114,51	17,44	131,95
25	42	72,79	114,79	20,33	135,12

Таблиця А.11 – Варіант Б.2

№ вузла	Потрібний вільний напір $H_{в.потр.і}, м$	Позначка поверхні землі $Z_i, м$	Потрібні п'єзометричні позначки $P^{max}_{потр.і}, м$	Втрати напору $\Sigma h^{max}_{i-і},$ м	П'єзометричні позначки відносно точки підключення $P^{max}_{(і)}, м$
1	42	80,00	122,00		122,00
2	42	73,67	115,67	3,25	118,92
3	42	75,64	117,64	5,96	123,60
4	42	75,18	117,18	10,54	127,72
5	26	74,71	100,71	14,27	114,98
6	26	73,55	99,55	17,44	116,99
7	26	72,00	98,00	20,33	118,33
8	42	72,00	114,00	6,84	120,84
9	26	71,60	97,60	10,10	107,70
10	26	71,35	97,35	14,07	111,42
11	26	71,47	97,47	24,76	122,23
12	42	80,00	122,00	3,72	125,72
13	26	78,25	104,25	8,59	112,84
14	26	77,17	103,17	13,33	116,50
15	26	76,25	102,25	25,28	127,53
16	42	73,67	115,67	3,25	118,92
17	42	72,00	114,00	6,84	120,84
18	26	71,60	97,60	10,10	107,70
19	26	71,35	97,35	14,07	111,42
20	26	71,47	97,47	24,76	122,23
21	42	75,64	117,64	5,96	123,60
22	42	75,18	117,18	10,54	127,72
23	26	74,71	100,71	14,27	114,98
24	26	73,55	99,55	17,44	116,99
25	26	72,00	98,00	20,33	118,33

Продовження додатку А

Таблиця А.12 – Варіант Б.3

№ вузла	Потрібний вільний напір $H_{в.потр.і}, м$	Позначка поверхні землі $Z_i, м$	Потрібні п'єзометричні позначки $P^{max}_{потр.і}, м$	Втрати напору $\Sigma h^{max}_{i-і},$ м	П'єзометричні позначки відносно точки підключення $P^{max}_{(і)}, м$
1	42	80,00	122,00		122,00
2	42	73,67	115,67	3,25	118,92
3	42	75,64	117,64	5,96	123,60
4	42	75,18	117,18	10,54	127,72
5	42	74,71	116,71	14,27	130,98
6	26	73,55	99,55	17,44	116,99
7	26	72,00	98,00	20,33	118,33
8	42	72,00	114,00	6,84	120,84
9	42	71,60	113,60	10,10	123,70
10	26	71,35	97,35	14,07	111,42
11	26	71,47	97,47	24,76	122,23
12	42	80,00	122,00	3,72	125,72
13	42	78,25	120,25	8,59	128,84
14	26	77,17	103,17	13,33	116,50
15	26	76,25	102,25	25,28	127,53
16	42	73,67	115,67	3,25	118,92
17	42	72,00	114,00	6,84	120,84
18	42	71,60	113,60	10,10	123,70
19	26	71,35	97,35	14,07	111,42
20	26	71,47	97,47	24,76	122,23
21	42	75,64	117,64	5,96	123,60
22	42	75,18	117,18	10,54	127,72
23	42	74,71	116,71	14,27	130,98
24	26	73,55	99,55	17,44	116,99
25	26	72,00	98,00	20,33	118,33

Таблиця А.13 – Варіант Б.4

№ вузла	Потрібний вільний напір $H_{в.п.пр.i}, м$	Позначка поверхні землі $Z_i, м$	Потрібні гідрометричні позначки $П^{гидр.пр.i}, м$	Втрати напору $\Sigma h^{гидр.i-i},$ м	Гідрометричні позначки відносно точки підключення $П^{гидр.i(0)}, м$
1	42	80,00	122,00		122,00
2	42	73,67	115,67	3,25	118,92
3	42	75,64	117,64	5,96	123,60
4	42	75,18	117,18	10,54	127,72
5	42	74,71	116,71	14,27	130,98
6	42	73,55	115,55	17,44	132,99
7	26	72,00	98,00	20,33	118,33
8	42	72,00	114,00	6,84	120,84
9	42	71,60	113,60	10,10	123,70
10	42	71,35	113,35	14,07	127,42
11	26	71,47	97,47	24,76	122,23
12	42	80,00	122,00	3,72	125,72
13	42	78,25	120,25	8,59	128,84
14	42	77,17	119,17	13,33	132,50
15	26	76,25	102,25	25,28	127,53
16	42	73,67	115,67	3,25	118,92
17	42	72,00	114,00	6,84	120,84
18	42	71,60	113,60	10,10	123,70
19	42	71,35	113,35	14,07	127,42
20	26	71,47	97,47	24,76	122,23
21	42	75,64	117,64	5,96	123,60
22	42	75,18	117,18	10,54	127,72
23	42	74,71	116,71	14,27	130,98
24	42	73,55	115,55	17,44	132,99
25	26	72,00	98,00	20,33	118,33

Продовження додатку А
Таблиця А.14– Варіант Б.5

№ вузла	Потрібний вільний напір $H_{в.п.пр.i}, м$	Позначка поверхні землі $Z_i, м$	Потрібні гідрометричні позначки $П^{гидр.пр.i}, м$	Втрати напору $\Sigma h^{гидр.i-i},$ м	Гідрометричні позначки відносно точки підключення $П^{гидр.i(0)}, м$
1	42	80,00	122,00		122,00
2	42	73,67	115,67	3,25	118,92
3	26	75,64	101,64	5,96	107,60
4	26	75,18	101,18	10,54	111,72
5	26	74,71	100,71	14,27	114,98
6	26	73,55	99,55	17,44	116,99
7	26	72,00	98,00	20,33	118,33
8	42	72,00	114,00	6,84	120,84
9	42	71,60	113,60	10,10	123,70
10	42	71,35	113,35	14,07	127,42
11	42	71,47	113,47	24,76	138,23
12	42	80,00	122,00	3,72	125,72
13	42	78,25	120,25	8,59	128,84
14	42	77,17	119,17	13,33	132,50
15	42	76,25	118,25	25,28	143,53
16	42	73,67	115,67	3,25	118,92
17	42	72,00	114,00	6,84	120,84
18	42	71,60	113,60	10,10	123,70
19	42	71,35	113,35	14,07	127,42
20	42	71,47	113,47	24,76	138,23
21	42	75,64	117,64	5,96	123,60
22	42	75,18	117,18	10,54	127,72
23	42	74,71	116,71	14,27	130,98
24	42	73,55	115,55	17,44	132,99
25	42	72,00	114,00	20,33	134,33

Продовження додатку А

Таблиця А.15 – Варіант Б.6

№ вузла	Потрібний вільний напір $H_{в.в.пр.і}, м$	Позначка поверхні землі $Z_i, м$	Потрібні п'єзометричні позначки $\Pi^{п'єз.}_{пр.і}, м$	Втрати напору $\Sigma h^{п'єз.}_{1-і}, м$	П'єзометричні позначки відносно точки підключення $\Pi^{п'єз.}_{i(i)}, м$
1	42	80,00	122,00		122,00
2	26	73,67	99,67	3,25	102,92
3	26	75,64	101,64	5,96	107,60
4	26	75,18	101,18	10,54	111,72
5	26	74,71	100,71	14,27	114,98
6	26	73,55	99,55	17,44	116,99
7	26	72,00	98,00	20,33	118,33
8	26	72,00	98,00	6,84	104,84
9	26	71,60	97,60	10,10	107,70
10	26	71,35	97,35	14,07	111,42
11	26	71,47	97,47	24,76	122,23
12	42	80,00	122,00	3,72	125,72
13	42	78,25	120,25	8,59	128,84
14	42	77,17	119,17	13,33	132,50
15	42	76,25	118,25	25,28	143,53
16	42	73,67	115,67	3,25	118,92
17	42	72,00	114,00	6,84	120,84
18	42	71,60	113,60	10,10	123,70
19	42	71,35	113,35	14,07	127,42
20	42	71,47	113,47	24,76	138,23
21	42	75,64	117,64	5,96	123,60
22	42	75,18	117,18	10,54	127,72
23	42	74,71	116,71	14,27	130,98
24	42	73,55	115,55	17,44	132,99
25	42	72,00	114,00	20,33	134,33

Таблиця А.16 – Варіант Б.7

№ вузла	Потрібний вільний напір $H_{в.в.пр.і}, м$	Позначка поверхні землі $Z_i, м$	Потрібні п'єзометричні позначки $\Pi^{п'єз.}_{пр.і}, м$	Втрати напору $\Sigma h^{п'єз.}_{1-і}, м$	П'єзометричні позначки відносно точки підключення $\Pi^{п'єз.}_{i(i)}, м$
1	26	80,00	106,00		106,00
2	26	73,67	99,67	3,25	102,92
3	26	75,64	101,64	5,96	107,60
4	26	75,18	101,18	10,54	111,72
5	26	74,71	100,71	14,27	114,98
6	26	73,55	99,55	17,44	116,99
7	26	72,00	98,00	20,33	118,33
8	26	72,00	98,00	6,84	104,84
9	26	71,60	97,60	10,10	107,70
10	26	71,35	97,35	14,07	111,42
11	26	71,47	97,47	24,76	122,23
12	26	80,00	106,00	3,72	109,72
13	26	78,25	104,25	8,59	112,84
14	26	77,17	103,17	13,33	116,50
15	26	76,25	102,25	25,28	127,53
16	42	73,67	115,67	3,25	118,92
17	42	72,00	114,00	6,84	120,84
18	42	71,60	113,60	10,10	123,70
19	42	71,35	113,35	14,07	127,42
20	42	71,47	113,47	24,76	138,23
21	42	75,64	117,64	5,96	123,60
22	42	75,18	117,18	10,54	127,72
23	42	74,71	116,71	14,27	130,98
24	42	73,55	115,55	17,44	132,99
25	42	72,00	114,00	20,33	134,33

Таблиця А.17 – Варіант Б.8

№ вузла	Потрібний вільний напір $H_{в.вільн.}, м$	Позначка поверхні землі $Z_i, м$	Потрібні п'єзометричні позначки $P^{п'єз.}_{в.в.}, м$	Втрати напору $\Sigma h^{п'єз.}_{1-i},$ м	П'єзометричні позначки відносно точки підключення $P^{п'єз.}_{i(0)}, м$
1	26	80,00	106,00		106,00
2	26	73,67	99,67	3,25	102,92
3	26	75,64	101,64	5,96	107,60
4	42	75,18	117,18	10,54	127,72
5	42	74,71	116,71	14,27	130,98
6	42	73,55	115,55	17,44	132,99
7	42	72,00	114,00	20,33	134,33
8	42	72,00	114,00	6,84	120,84
9	42	71,60	113,60	10,10	123,70
10	42	71,35	113,35	14,07	127,42
11	42	71,47	113,47	24,76	138,23
12	42	80,00	122,00	3,72	125,72
13	42	78,25	120,25	8,59	128,84
14	42	77,17	119,17	13,33	132,50
15	42	76,25	118,25	25,28	143,53
16	26	73,67	99,67	3,25	102,92
17	42	72,00	114,00	6,84	120,84
18	42	71,60	113,60	10,10	123,70
19	42	71,35	113,35	14,07	127,42
20	42	71,47	113,47	24,76	138,23
21	26	75,64	101,64	5,96	107,60
22	42	75,18	117,18	10,54	127,72
23	42	74,71	116,71	14,27	130,98
24	42	73,55	115,55	17,44	132,99
25	42	72,00	114,00	20,33	134,33

Продовження додатку А
Таблиця А.18 – Варіант Б.9

№ вузла	Потрібний вільний напір $H_{в.вільн.}, м$	Позначка поверхні землі $Z_i, м$	Потрібні п'єзометричні позначки $P^{п'єз.}_{в.в.}, м$	Втрати напору $\Sigma h^{п'єз.}_{1-i},$ м	П'єзометричні позначки відносно точки підключення $P^{п'єз.}_{i(0)}, м$
1	26	80,00	106,00		106,00
2	26	73,67	99,67	3,25	102,92
3	26	75,64	101,64	5,96	107,60
4	26	75,18	101,18	10,54	111,72
5	42	74,71	116,71	14,27	130,98
6	42	73,55	115,55	17,44	132,99
7	42	72,00	114,00	20,33	134,33
8	26	72,00	98,00	6,84	104,84
9	42	71,60	113,60	10,10	123,70
10	42	71,35	113,35	14,07	127,42
11	42	71,47	113,47	24,76	138,23
12	26	80,00	106,00	3,72	109,72
13	42	78,25	120,25	8,59	128,84
14	42	77,17	119,17	13,33	132,50
15	42	76,25	118,25	25,28	143,53
16	26	73,67	99,67	3,25	102,92
17	26	72,00	98,00	6,84	104,84
18	42	71,60	113,60	10,10	123,70
19	42	71,35	113,35	14,07	127,42
20	42	71,47	113,47	24,76	138,23
21	26	75,64	101,64	5,96	107,60
22	26	75,18	101,18	10,54	111,72
23	42	74,71	116,71	14,27	130,98
24	42	73,55	115,55	17,44	132,99
25	42	72,00	114,00	20,33	134,33

Продовження додатку А

Таблиця А.19 – Варіант Б.10

№ вузла	Потрібний вільний напір $H_{в.вільн.i}$, м	Позначка поверхні землі Z_i , м	Потрібні п'єзометричні позначки $P^{max}_{в.п.р.i}$, м	Втрати напору Σh^{max}_{i-i} , м	П'єзометричні позначки відносно точки підключення $P^{max}_{i(0)}$, м
1	26	80,00	106,00		106,00
2	26	73,67	99,67	3,25	102,92
3	26	75,64	101,64	5,96	107,60
4	26	75,18	101,18	10,54	111,72
5	26	74,71	100,71	14,27	114,98
6	42	73,55	115,55	17,44	132,99
7	42	72,00	114,00	20,33	134,33
8	26	72,00	98,00	6,84	104,84
9	26	71,60	97,60	10,10	107,70
10	42	71,35	113,35	14,07	127,42
11	42	71,47	113,47	24,76	138,23
12	26	80,00	106,00	3,72	109,72
13	26	78,25	104,25	8,59	112,84
14	42	77,17	119,17	13,33	132,50
15	42	76,25	118,25	25,28	143,53
16	26	73,67	99,67	3,25	102,92
17	26	72,00	98,00	6,84	104,84
18	26	71,60	97,60	10,10	107,70
19	42	71,35	113,35	14,07	127,42
20	42	71,47	113,47	24,76	138,23
21	26	75,64	101,64	5,96	107,60
22	26	75,18	101,18	10,54	111,72
23	26	74,71	100,71	14,27	114,98
24	42	73,55	115,55	17,44	132,99
25	42	72,00	114,00	20,33	134,33

Таблиця А.20 – Варіант Б.11

№ вузла	Потрібний вільний напір $H_{в.вільн.i}$, м	Позначка поверхні землі Z_i , м	Потрібні п'єзометричні позначки $P^{max}_{в.п.р.i}$, м	Втрати напору Σh^{max}_{i-i} , м	П'єзометричні позначки відносно точки підключення $P^{max}_{i(0)}$, м
1	42	80,00	122,00		122,00
2	42	73,67	115,67	3,25	118,92
3	42	75,64	117,64	5,96	123,60
4	42	75,18	117,18	10,54	127,72
5	42	74,71	116,71	14,27	130,98
6	42	73,55	115,55	17,44	132,99
7	42	72,00	114,00	20,33	134,33
8	42	72,00	114,00	6,84	120,84
9	42	71,60	113,60	10,10	123,70
10	42	71,35	113,35	14,07	127,42
11	42	71,47	113,47	24,76	138,23
12	42	80,00	122,00	3,72	125,72
13	42	78,25	120,25	8,59	128,84
14	42	77,17	119,17	13,33	132,50
15	42	76,25	118,25	25,28	143,53
16	42	73,67	115,67	3,25	118,92
17	42	72,00	114,00	6,84	120,84
18	42	71,60	113,60	10,10	123,70
19	42	71,35	113,35	14,07	127,42
20	42	71,47	113,47	24,76	138,23
21	42	75,64	117,64	5,96	123,60
22	42	75,18	117,18	10,54	127,72
23	42	74,71	116,71	14,27	130,98
24	42	73,55	115,55	17,44	132,99
25	42	72,00	114,00	20,33	134,33

Таблиця А.22 – Варіант В.2

№ вузла	Потрібний вільний напір $H_{в.вільн.}, м$	Позначка поверхні землі $Z_i, м$	Потрібні п'єзометричні позначки $P_{в.вільн.}, м$	Втрати напору $\Sigma h_{в.вільн.}, м$	П'єзометричні позначки відносно точки підключення $P_{в.вільн.}, м$
1	42	74,11	116,11		116,11
2	42	75,94	117,94	3,25	121,19
3	42	77,43	119,43	5,96	125,39
4	42	78,79	120,79	10,54	131,33
5	26	79,95	105,95	14,27	120,22
6	26	77,62	103,62	17,44	121,06
7	26	75,10	101,10	20,33	121,43
8	42	77,67	119,67	6,84	126,51
9	26	79,03	105,03	10,10	115,13
10	26	77,65	103,65	14,07	117,72
11	26	74,65	100,65	24,76	125,41
12	42	74,78	116,78	3,72	120,50
13	26	78,04	104,04	8,59	112,63
14	26	77,39	103,39	13,33	116,72
15	26	74,08	100,08	25,28	125,36
16	42	72,93	114,93	3,25	118,18
17	42	72,84	114,84	6,84	121,68
18	26	75,38	101,38	10,10	111,48
19	26	76,82	102,82	14,07	116,89
20	26	72,73	98,73	24,76	123,49
21	42	71,15	113,15	5,96	119,11
22	42	70,77	112,77	10,54	123,31
23	26	72,32	98,32	14,27	112,59
24	26	76,27	102,27	17,44	119,71
25	26	70,40	96,40	20,33	116,73

Таблиця А.23 – Варіант В.3

№ вузла	Потрібний вільний напір $H_{в.вільн.}, м$	Позначка поверхні землі $Z_i, м$	Потрібні п'єзометричні позначки $P_{в.вільн.}, м$	Втрати напору $\Sigma h_{в.вільн.}, м$	П'єзометричні позначки відносно точки підключення $P_{в.вільн.}, м$
1	42	74,11	116,11		116,11
2	42	75,94	117,94	3,25	121,19
3	42	77,43	119,43	5,96	125,39
4	42	78,79	120,79	10,54	131,33
5	42	79,95	121,95	14,27	136,22
6	26	77,62	103,62	17,44	121,06
7	26	75,10	101,10	20,33	121,43
8	42	77,67	119,67	6,84	126,51
9	42	79,03	121,03	10,10	131,13
10	26	77,65	103,65	14,07	117,72
11	26	74,65	100,65	24,76	125,41
12	42	74,78	116,78	3,72	120,50
13	42	78,04	120,04	8,59	128,63
14	26	77,39	103,39	13,33	116,72
15	26	74,08	100,08	25,28	125,36
16	42	72,93	114,93	3,25	118,18
17	42	72,84	114,84	6,84	121,68
18	42	75,38	117,38	10,10	127,48
19	26	76,82	102,82	14,07	116,89
20	26	72,73	98,73	24,76	123,49
21	42	71,15	113,15	5,96	119,11
22	42	70,77	112,77	10,54	123,31
23	42	72,32	114,32	14,27	128,59
24	26	76,27	102,27	17,44	119,71
25	26	70,40	96,40	20,33	116,73

Таблиця А.24 – Варіант В.4

№ вузла	Потрібний вільний напір $H_{в.вільн.}, м$	Позначка поверхні землі $Z_i, м$	Потрібні п'єзометричні позначки $\Pi^{п'єз.}_{в.вільн.}, м$	Втрати напору $\Sigma h^{п'єз.}_{1-i},$ м	П'єзометричні позначки відносно точки підключення $\Pi^{п'єз.}_{i(0)}, м$
1	42	74,11	116,11		116,11
2	42	75,94	117,94	3,25	121,19
3	42	77,43	119,43	5,96	125,39
4	42	78,79	120,79	10,54	131,33
5	42	79,95	121,95	14,27	136,22
6	42	77,62	119,62	17,44	137,06
7	26	75,10	101,10	20,33	121,43
8	42	77,67	119,67	6,84	126,51
9	42	79,03	121,03	10,10	131,13
10	42	77,65	119,65	14,07	133,72
11	26	74,65	100,65	24,76	125,41
12	42	74,78	116,78	3,72	120,50
13	42	78,04	120,04	8,59	128,63
14	42	77,39	119,39	13,33	132,72
15	26	74,08	100,08	25,28	125,36
16	42	72,93	114,93	3,25	118,18
17	42	72,84	114,84	6,84	121,68
18	42	75,38	117,38	10,10	127,48
19	42	76,82	118,82	14,07	132,89
20	26	72,73	98,73	24,76	123,49
21	42	71,15	113,15	5,96	119,11
22	42	70,77	112,77	10,54	123,31
23	42	72,32	114,32	14,27	128,59
24	42	76,27	118,27	17,44	135,71
25	26	70,40	96,40	20,33	116,73

Таблиця А.25 – Варіант В.5

№ вузла	Потрібний вільний напір $H_{в.вільн.}, м$	Позначка поверхні землі $Z_i, м$	Потрібні п'єзометричні позначки $\Pi^{п'єз.}_{в.вільн.}, м$	Втрати напору $\Sigma h^{п'єз.}_{1-i},$ м	П'єзометричні позначки відносно точки підключення $\Pi^{п'єз.}_{i(0)}, м$
1	42	74,11	116,11		116,11
2	42	75,94	117,94	3,25	121,19
3	26	77,43	103,43	5,96	109,39
4	26	78,79	104,79	10,54	115,33
5	26	79,95	105,95	14,27	120,22
6	26	77,62	103,62	17,44	121,06
7	26	75,10	101,10	20,33	121,43
8	42	77,67	119,67	6,84	126,51
9	42	79,03	121,03	10,10	131,13
10	42	77,65	119,65	14,07	133,72
11	42	74,65	116,65	24,76	141,41
12	42	74,78	116,78	3,72	120,50
13	42	78,04	120,04	8,59	128,63
14	42	77,39	119,39	13,33	132,72
15	42	74,08	116,08	25,28	141,36
16	42	72,93	114,93	3,25	118,18
17	42	72,84	114,84	6,84	121,68
18	42	75,38	117,38	10,10	127,48
19	42	76,82	118,82	14,07	132,89
20	42	72,73	114,73	24,76	139,49
21	42	71,15	113,15	5,96	119,11
22	42	70,77	112,77	10,54	123,31
23	42	72,32	114,32	14,27	128,59
24	42	76,27	118,27	17,44	135,71
25	42	70,40	112,40	20,33	132,73

Таблиця А.26 – Варіант В.6

№ вузла	Потрібний вільний напір $H_{в.вільн.}, м$	Позначка поверхні землі $Z_i, м$	Потрібні п'єзометричні позначки $\Gamma_{в.вільн.}, м$	Втрати напору $\Sigma h_{в.вільн.}, м$	П'єзометричні позначки відносно точки підключення $\Gamma_{в.вільн.}, м$
1	42	74,11	116,11		116,11
2	26	75,94	101,94	3,25	105,19
3	26	77,43	103,43	5,96	109,39
4	26	78,79	104,79	10,54	115,33
5	26	79,95	105,95	14,27	120,22
6	26	77,62	103,62	17,44	121,06
7	26	75,10	101,10	20,33	121,43
8	26	77,67	103,67	6,84	110,51
9	26	79,03	105,03	10,10	115,13
10	26	77,65	103,65	14,07	117,72
11	26	74,65	100,65	24,76	125,41
12	42	74,78	116,78	3,72	120,50
13	42	78,04	120,04	8,59	128,63
14	42	77,39	119,39	13,33	132,72
15	42	74,08	116,08	25,28	141,36
16	42	72,93	114,93	3,25	118,18
17	42	72,84	114,84	6,84	121,68
18	42	75,38	117,38	10,10	127,48
19	42	76,82	118,82	14,07	132,89
20	42	72,73	114,73	24,76	139,49
21	42	71,15	113,15	5,96	119,11
22	42	70,77	112,77	10,54	123,31
23	42	72,32	114,32	14,27	128,59
24	42	76,27	118,27	17,44	135,71
25	42	70,40	112,40	20,33	132,73

Таблиця А.27 – Варіант В.7

№ вузла	Потрібний вільний напір $H_{в.вільн.}, м$	Позначка поверхні землі $Z_i, м$	Потрібні п'єзометричні позначки $\Gamma_{в.вільн.}, м$	Втрати напору $\Sigma h_{в.вільн.}, м$	П'єзометричні позначки відносно точки підключення $\Gamma_{в.вільн.}, м$
1	26	74,11	100,11		100,11
2	26	75,94	101,94	3,25	105,19
3	26	77,43	103,43	5,96	109,39
4	26	78,79	104,79	10,54	115,33
5	26	79,95	105,95	14,27	120,22
6	26	77,62	103,62	17,44	121,06
7	26	75,10	101,10	20,33	121,43
8	26	77,67	103,67	6,84	110,51
9	26	79,03	105,03	10,10	115,13
10	26	77,65	103,65	14,07	117,72
11	26	74,65	100,65	24,76	125,41
12	26	74,78	100,78	3,72	104,50
13	26	78,04	104,04	8,59	112,63
14	26	77,39	103,39	13,33	116,72
15	26	74,08	100,08	25,28	125,36
16	42	72,93	114,93	3,25	118,18
17	42	72,84	114,84	6,84	121,68
18	42	75,38	117,38	10,10	127,48
19	42	76,82	118,82	14,07	132,89
20	42	72,73	114,73	24,76	139,49
21	42	71,15	113,15	5,96	119,11
22	42	70,77	112,77	10,54	123,31
23	42	72,32	114,32	14,27	128,59
24	42	76,27	118,27	17,44	135,71
25	42	70,40	112,40	20,33	132,73

Таблиця А.28 – Варіант В.8

№ вузла	Потрібний вільний напір $H_{в.вільн.}, м$	Позначка поверхні землі $Z_i, м$	Потрібні п'єзометричні позначки $P_{в.вільн.}, м$	Втрати напору $\Sigma h_{в.вільн.}, м$	П'єзометричні позначки відносно точки підключення $P_{в.вільн.}, м$
1	26	74,11	100,11		100,11
2	26	75,94	101,94	3,25	105,19
3	26	77,43	103,43	5,96	109,39
4	42	78,79	120,79	10,54	131,33
5	42	79,95	121,95	14,27	136,22
6	42	77,62	119,62	17,44	137,06
7	42	75,10	117,10	20,33	137,43
8	42	77,67	119,67	6,84	126,51
9	42	79,03	121,03	10,10	131,13
10	42	77,65	119,65	14,07	133,72
11	42	74,65	116,65	24,76	141,41
12	42	74,78	116,78	3,72	120,50
13	42	78,04	120,04	8,59	128,63
14	42	77,39	119,39	13,33	132,72
15	42	74,08	116,08	25,28	141,36
16	26	72,93	98,93	3,25	102,18
17	42	72,84	114,84	6,84	121,68
18	42	75,38	117,38	10,10	127,48
19	42	76,82	118,82	14,07	132,89
20	42	72,73	114,73	24,76	139,49
21	26	71,15	97,15	5,96	103,11
22	42	70,77	112,77	10,54	123,31
23	42	72,32	114,32	14,27	128,59
24	42	76,27	118,27	17,44	135,71
25	42	70,40	112,40	20,33	132,73

Таблиця А.29 – Варіант В.9

№ вузла	Потрібний вільний напір $H_{в.вільн.}, м$	Позначка поверхні землі $Z_i, м$	Потрібні п'єзометричні позначки $P_{в.вільн.}, м$	Втрати напору $\Sigma h_{в.вільн.}, м$	П'єзометричні позначки відносно точки підключення $P_{в.вільн.}, м$
1	26	74,11	100,11		100,11
2	26	75,94	101,94	3,25	105,19
3	26	77,43	103,43	5,96	109,39
4	26	78,79	104,79	10,54	115,33
5	42	79,95	121,95	14,27	136,22
6	42	77,62	119,62	17,44	137,06
7	42	75,10	117,10	20,33	137,43
8	26	77,67	103,67	6,84	110,51
9	42	79,03	121,03	10,10	131,13
10	42	77,65	119,65	14,07	133,72
11	42	74,65	116,65	24,76	141,41
12	26	74,78	100,78	3,72	104,50
13	42	78,04	120,04	8,59	128,63
14	42	77,39	119,39	13,33	132,72
15	42	74,08	116,08	25,28	141,36
16	26	72,93	98,93	3,25	102,18
17	26	72,84	98,84	6,84	105,68
18	42	75,38	117,38	10,10	127,48
19	42	76,82	118,82	14,07	132,89
20	42	72,73	114,73	24,76	139,49
21	26	71,15	97,15	5,96	103,11
22	26	70,77	96,77	10,54	107,31
23	42	72,32	114,32	14,27	128,59
24	42	76,27	118,27	17,44	135,71
25	42	70,40	112,40	20,33	132,73

Таблиця А.30 – Варіант В.10

№ вузла	Потрібний вільний напір $H_{в.потр.і}, м$	Позначка поверхні землі $Z_i, м$	Потрібні п'єзометричні позначки $\Gamma_{век.потр.і}, м$	Втрати напору $\Sigma h_{век.і-і}, м$	П'єзометричні позначки відносно точки підключення $\Gamma_{век.і(і)}, м$
1	26	74,11	100,11		100,11
2	26	75,94	101,94	3,25	105,19
3	26	77,43	103,43	5,96	109,39
4	26	78,79	104,79	10,54	115,33
5	26	79,95	105,95	14,27	120,22
6	42	77,62	119,62	17,44	137,06
7	42	75,10	117,10	20,33	137,43
8	26	77,67	103,67	6,84	110,51
9	26	79,03	105,03	10,10	115,13
10	42	77,65	119,65	14,07	133,72
11	42	74,65	116,65	24,76	141,41
12	26	74,78	100,78	3,72	104,50
13	26	78,04	104,04	8,59	112,63
14	42	77,39	119,39	13,33	132,72
15	42	74,08	116,08	25,28	141,36
16	26	72,93	98,93	3,25	102,18
17	26	72,84	98,84	6,84	105,68
18	26	75,38	101,38	10,10	111,48
19	42	76,82	118,82	14,07	132,89
20	42	72,73	114,73	24,76	139,49
21	26	71,15	97,15	5,96	103,11
22	26	70,77	96,77	10,54	107,31
23	26	72,32	98,32	14,27	112,59
24	42	76,27	118,27	17,44	135,71
25	42	70,40	112,40	20,33	132,73

Таблиця А.31 – Варіант В11

№ вузла	Потрібний вільний напір $H_{в.потр.і}, м$	Позначка поверхні землі $Z_i, м$	Потрібні п'єзометричні позначки $\Gamma_{век.потр.і}, м$	Втрати напору $\Sigma h_{век.і-і}, м$	П'єзометричні позначки відносно точки підключення $\Gamma_{век.і(і)}, м$
1	42	74,11	116,11		116,11
2	42	75,94	117,94	3,25	121,19
3	42	77,43	119,43	5,96	125,39
4	42	78,79	120,79	10,54	131,33
5	42	79,95	121,95	14,27	136,22
6	42	77,62	119,62	17,44	137,06
7	42	75,10	117,10	20,33	137,43
8	42	77,67	119,67	6,84	126,51
9	42	79,03	121,03	10,10	131,13
10	42	77,65	119,65	14,07	133,72
11	42	74,65	116,65	24,76	141,41
12	42	74,78	116,78	3,72	120,50
13	42	78,04	120,04	8,59	128,63
14	42	77,39	119,39	13,33	132,72
15	42	74,08	116,08	25,28	141,36
16	42	72,93	114,93	3,25	118,18
17	42	72,84	114,84	6,84	121,68
18	42	75,38	117,38	10,10	127,48
19	42	76,82	118,82	14,07	132,89
20	42	72,73	114,73	24,76	139,49
21	42	71,15	113,15	5,96	119,11
22	42	70,77	112,77	10,54	123,31
23	42	72,32	114,32	14,27	128,59
24	42	76,27	118,27	17,44	135,71
25	42	70,40	112,40	20,33	132,73

Додаток Б П'єзокарти

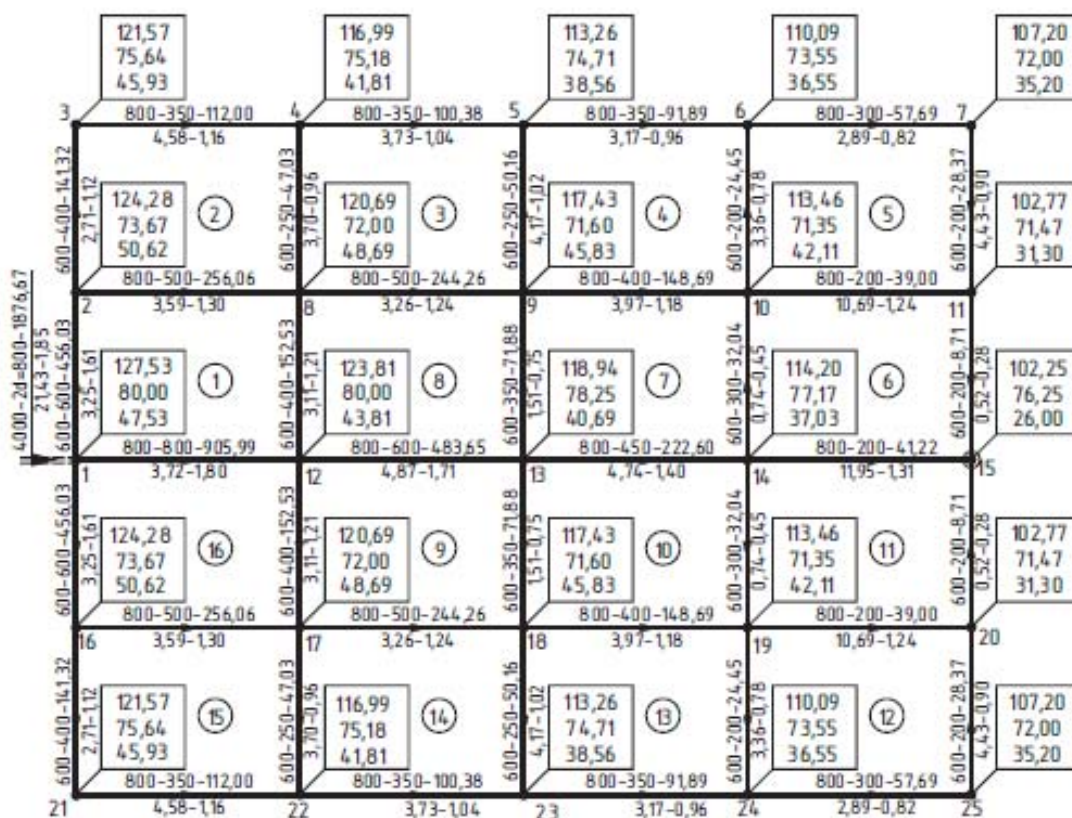


Рис.Б.1 - Варіант Б.1

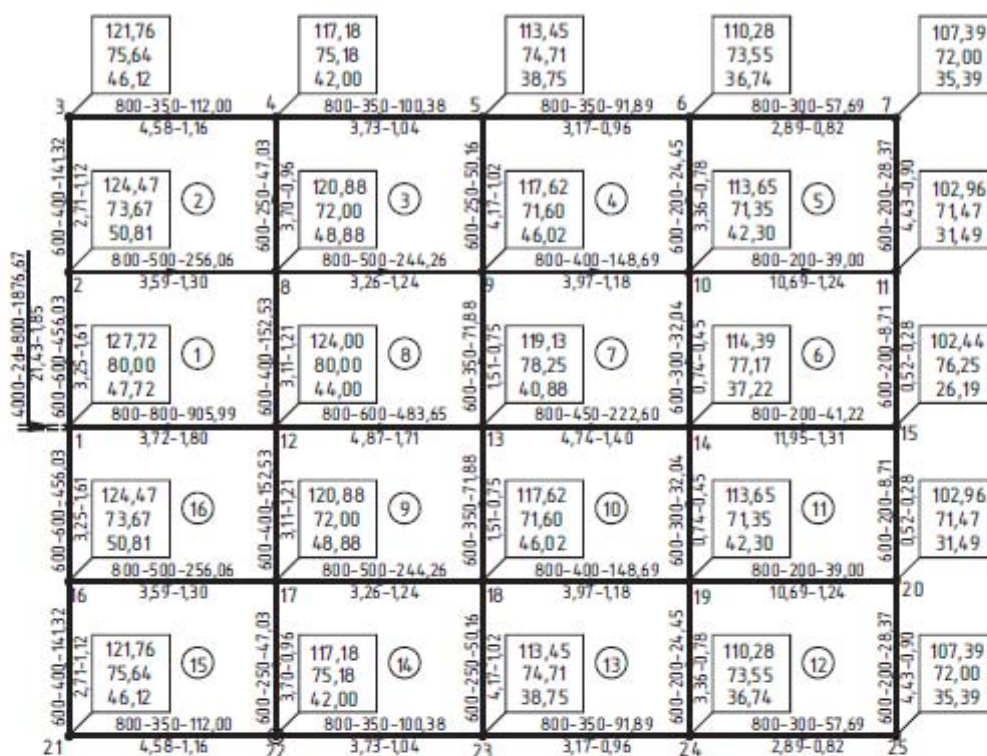


Рис. Б.2 - Варіант Б.2

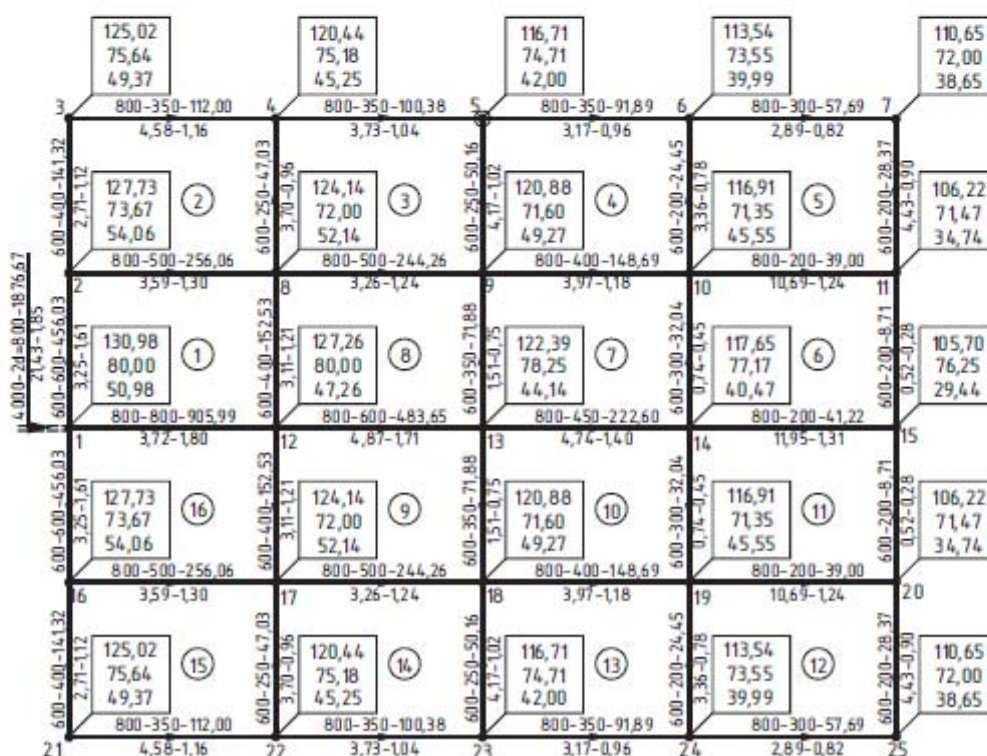


Рис. Б.3 - Варіант Б.3

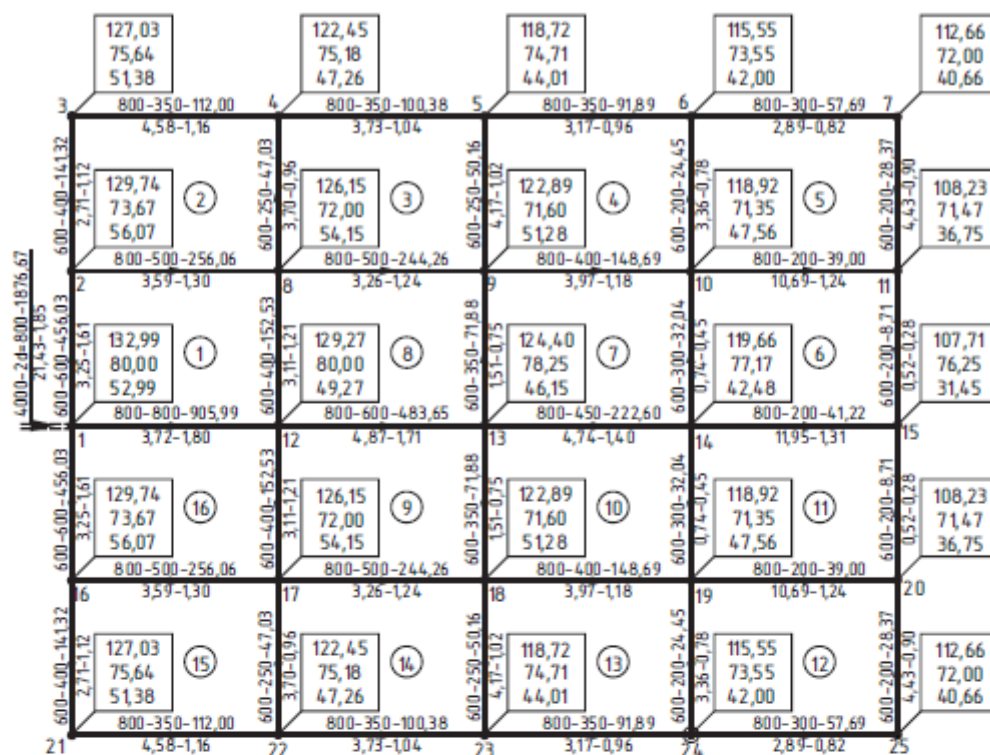


Рис.Б.4 - Вариант Б.4

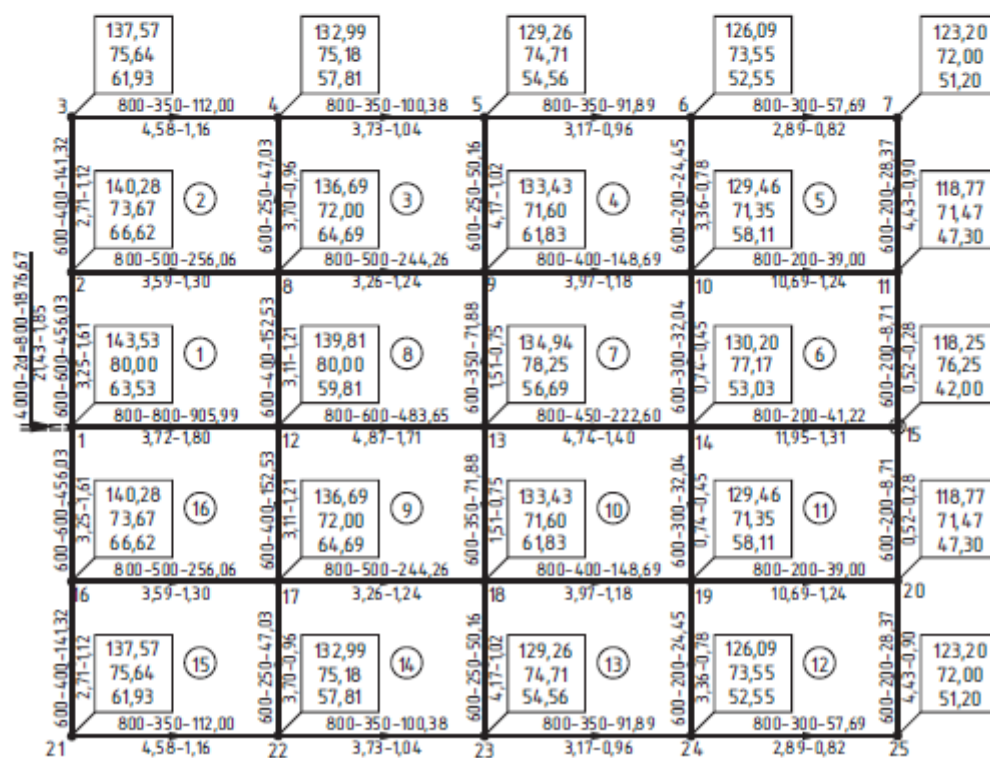


Рис.Б.5 - Варианты Б.5, Б.6

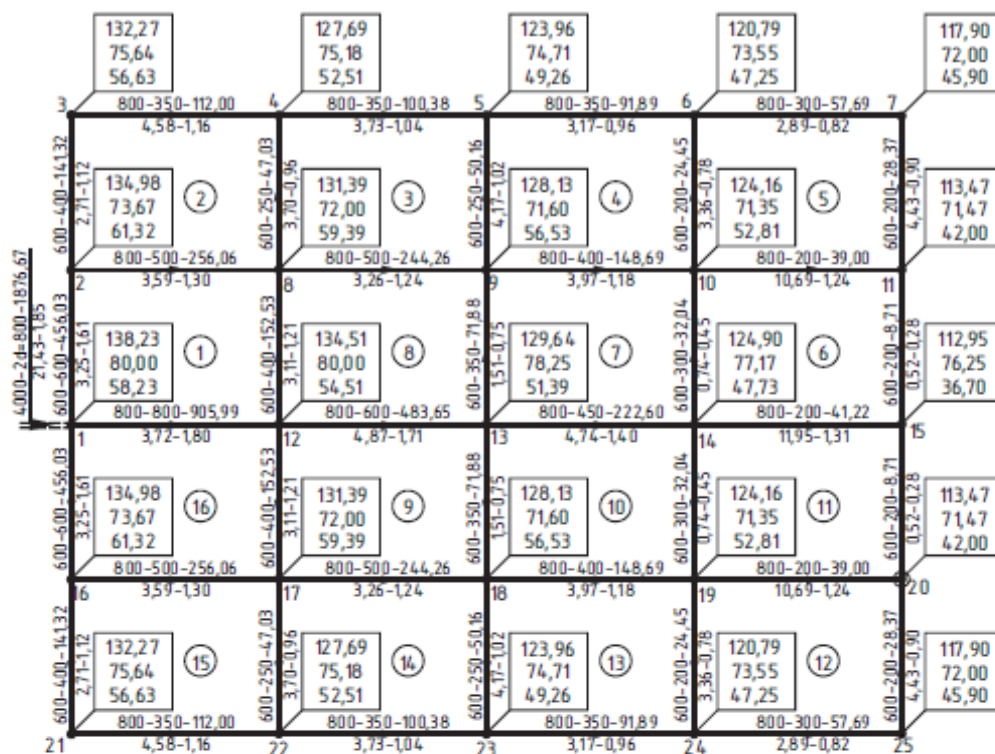


Рис. Б.6 - Варіант Б.7

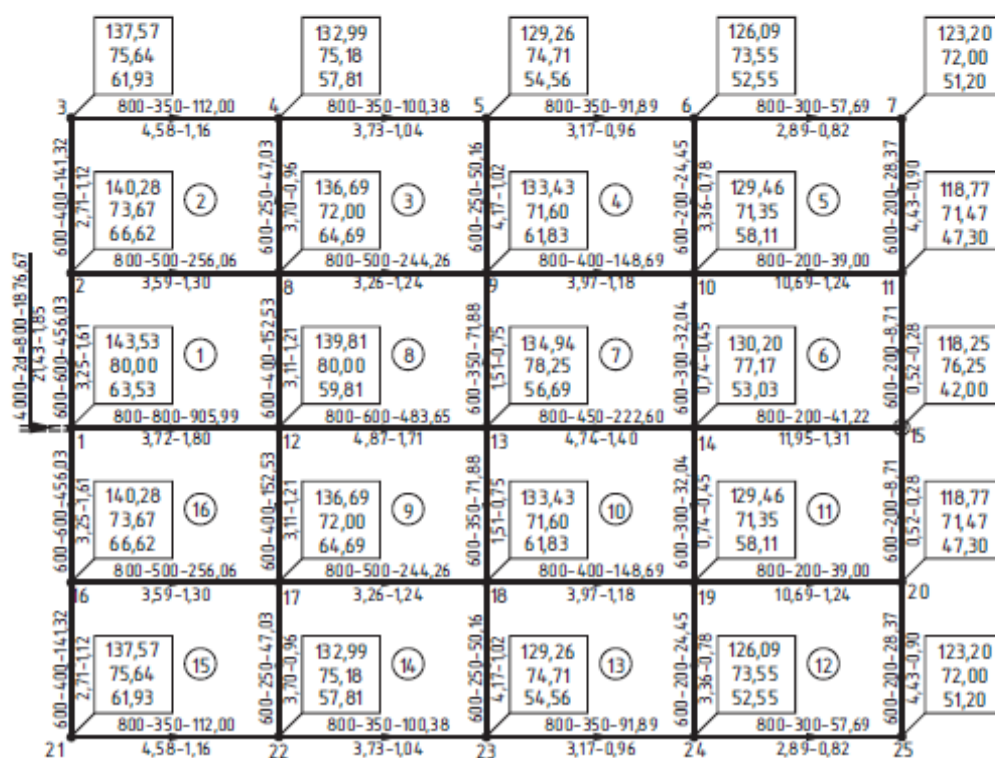


Рис. Б.7 - Варіант Б.8

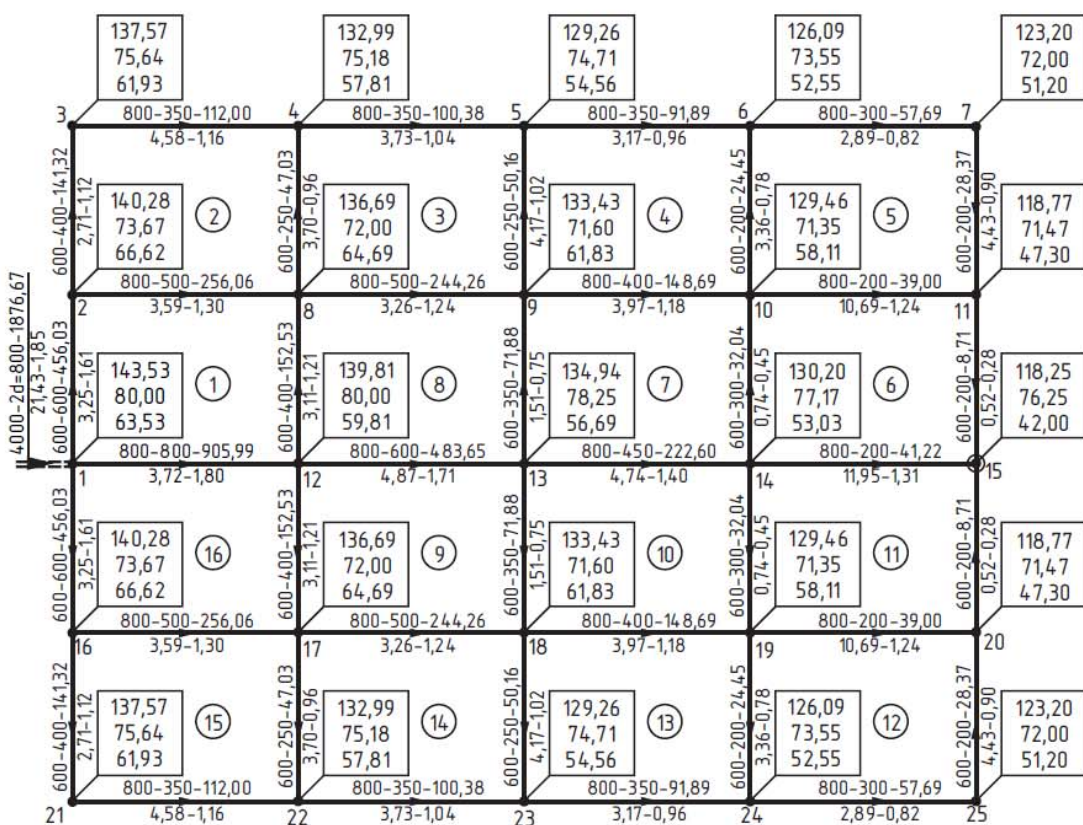


Рис.Б.9 - Варіанти Б.9, Б.10

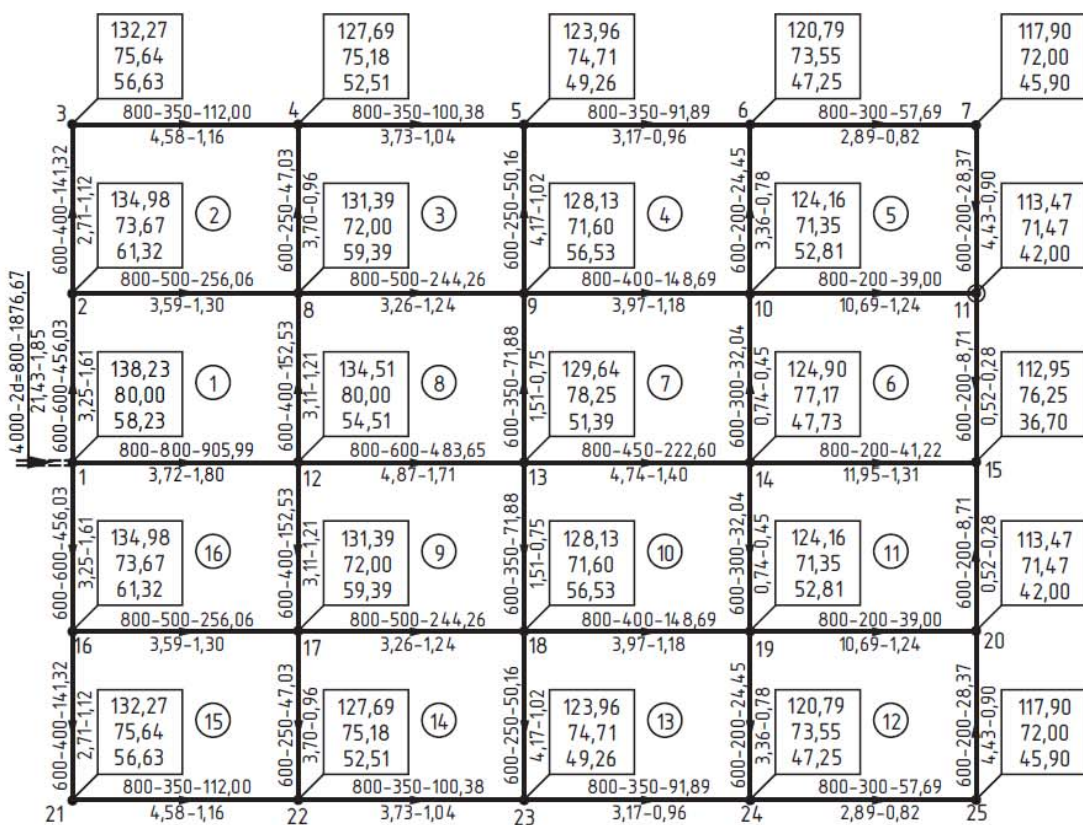


Рис.Б.10 - Варіант Б.11

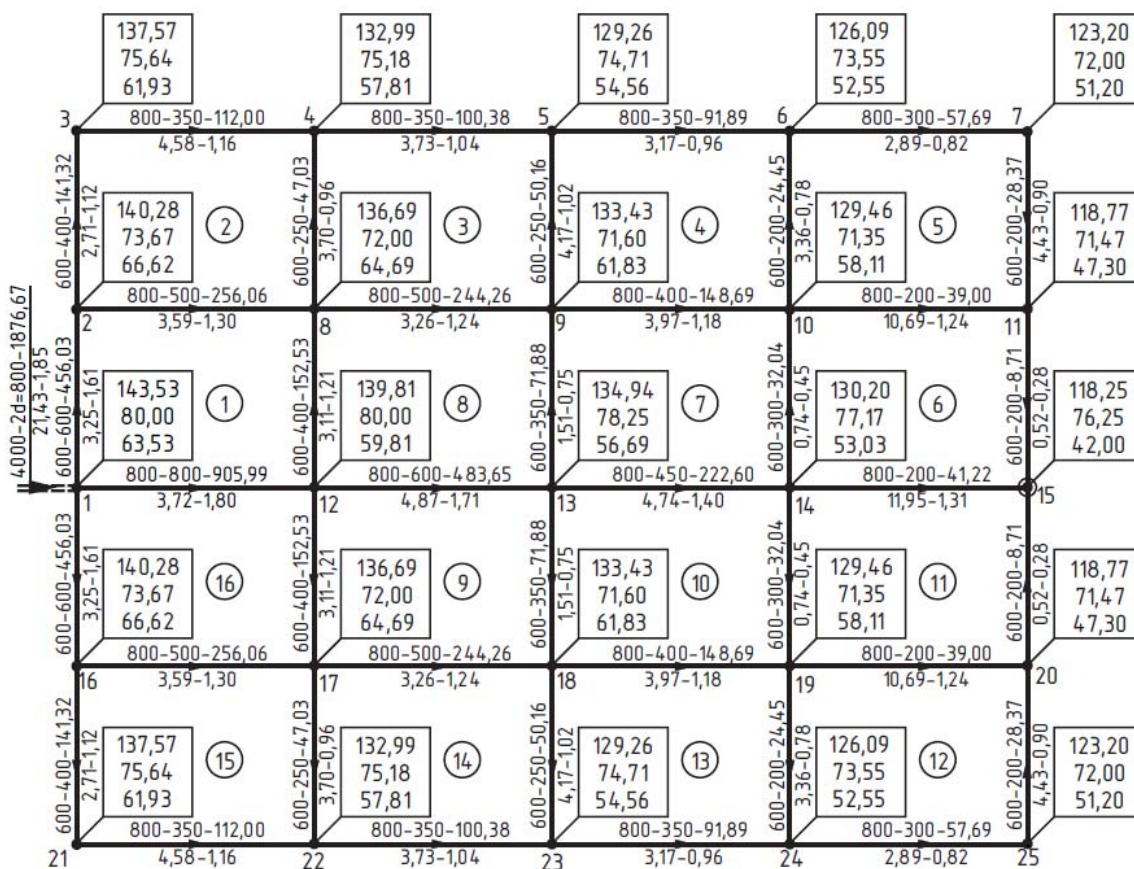


Рис.Б.11- Варианты Б.11

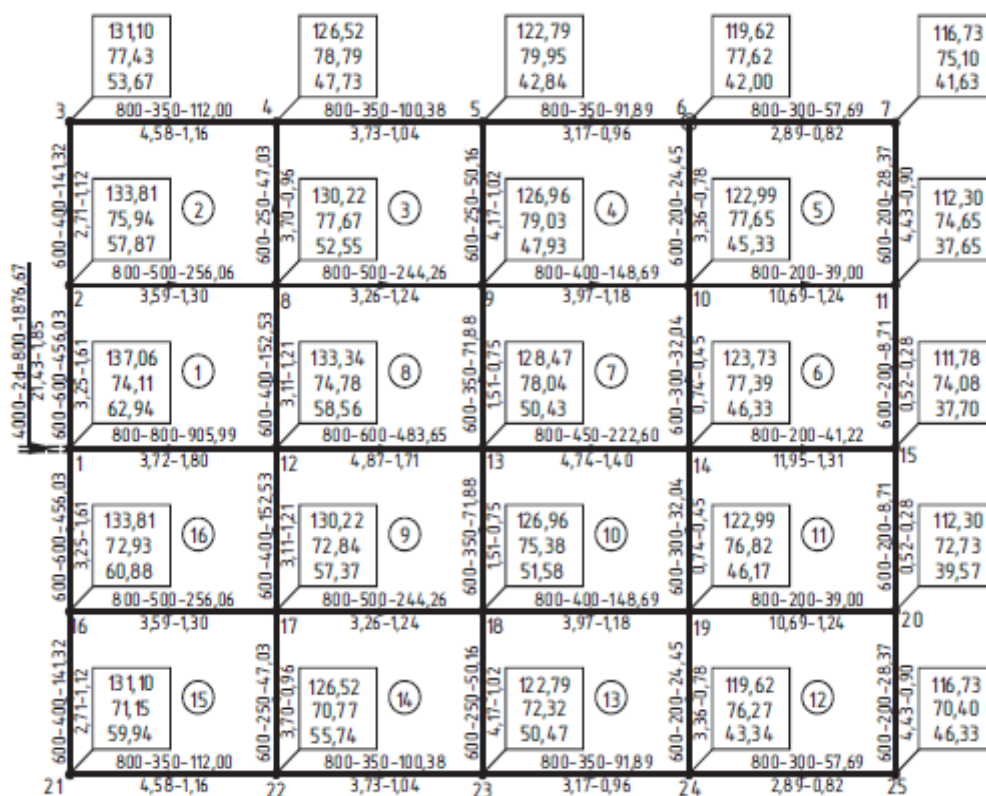


Рис. Б.14- Вариант В .4

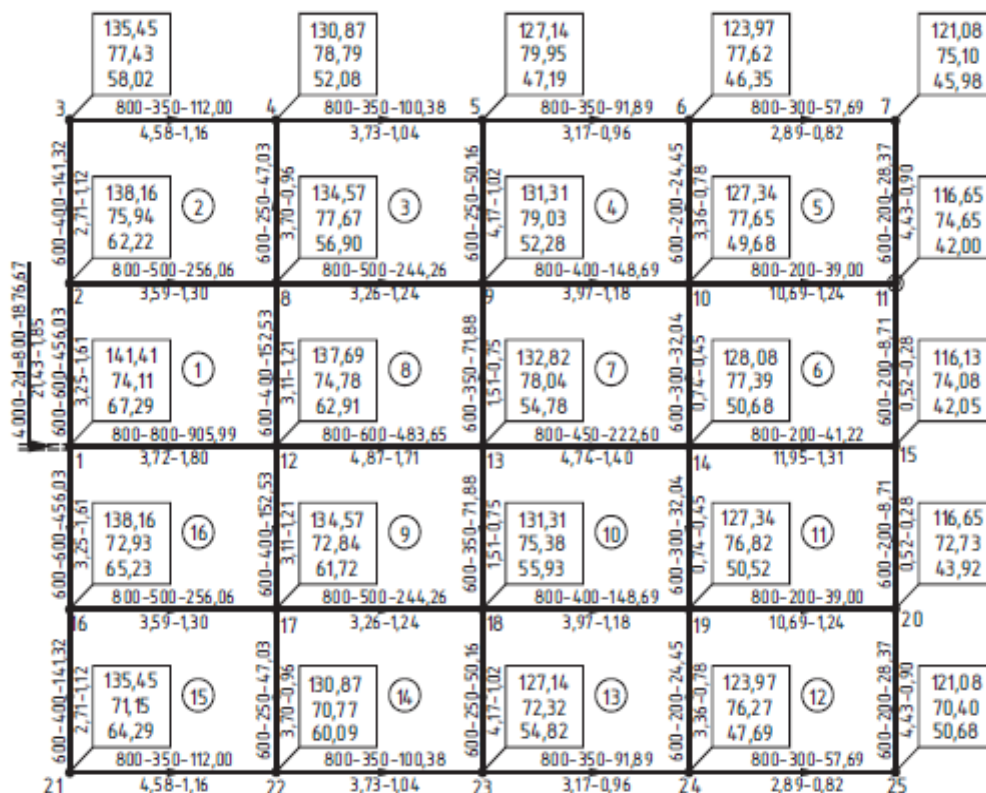


Рис. Б.15 - Вариант В .5

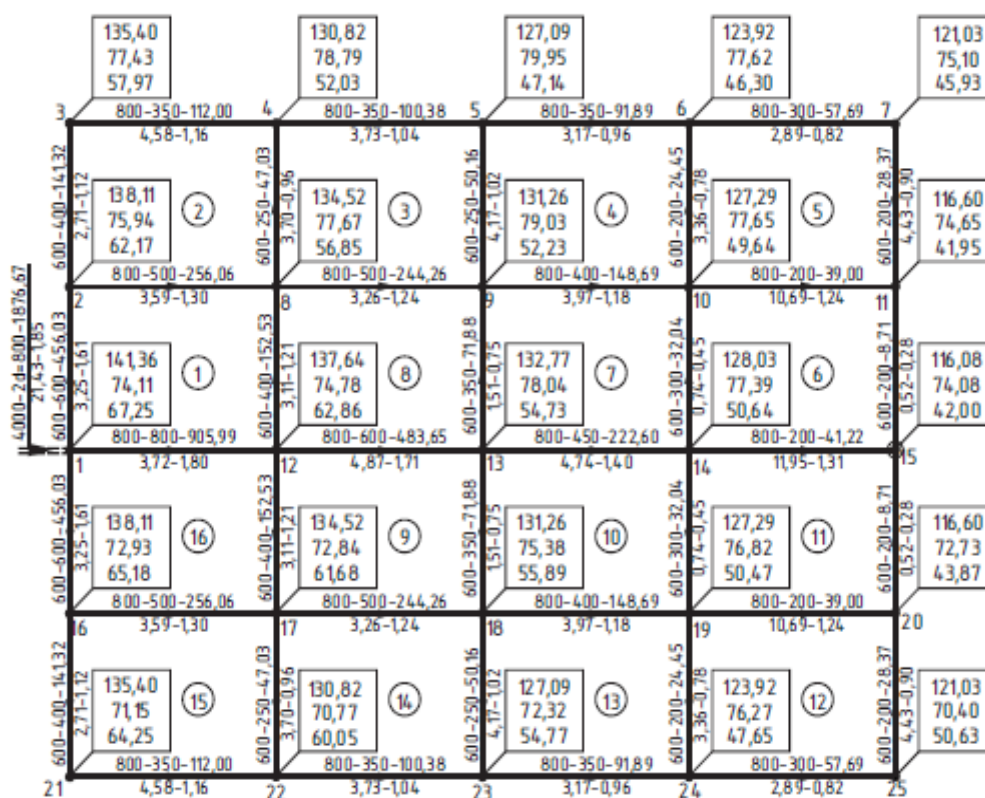


Рис.Б.16 - Вариант В .6

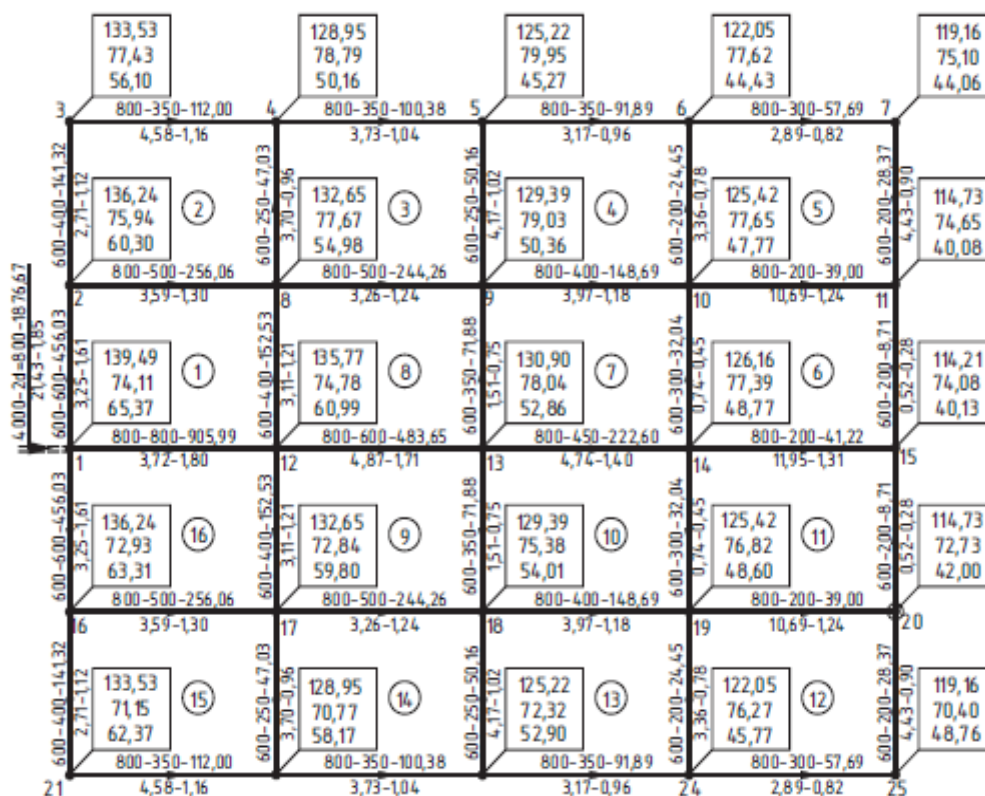


Рис.Б.17 - Вариант В .7

ВІДГУК

керівника на магістерську роботу

здобувача ступеня вищої освіти «магістр» Лисенко Олександр Іванович
(П.І.Б.).

Магістерська робота на тему Зниження ризику місцевості
на формування енергетичних втрат у
водопровідній мережі

виконана згідно до завдання, відповідає темі, містить 8 листів
(не) згідно (не) відповідає
графічного матеріалу і пояснювальну записку з 110 сторінок, підписана консультантами
і має рецензію.

1. Актуальність теми, наявність замовлення роботи підприємством (організацією) —

Тема актуальна, тому що питання гаранто
ваного безпечного енергопостачання не можуть бути вирішені
без вирішення їх енергетичної роботи. В роботі
розглядається проблема вибору оптимального
траєкторії мережі з розрахунком фактичних
енерговитрат.

2. Глибина обґрунтувань прийнятих рішень (повнота розрахунків, наявність багато-
варіантності) Всі необхідні розрахунки виконано

у повній обсязі, розглянуто 11 варіантів загубови
та 3 варіанти ризику, що дозволяє узагальнити
отримані результати.

3. Загальний рівень підготовки та ерудиції здобувача ступеня вищої освіти
«магістр» високого рівня підготовки та
ерудиції

4. Творчий потенціал і ступінь самостійності студента у вирішенні поставлених задач
роботу обґрунтовано, висловлено власний
погляд на поставлену проблему, результати та висновки

5. Науковий рівень (для робіт дослідницького характеру) та глибина
експериментальних досліджень в роботі чітко вказано місце,
задаті дослідження, проаналізовані отримані

результатами.

6. Застосування сучасних системних та інформаційних технологій, фізичного або математичного моделювання, наявність обґрунтування вибору типу ЕОМ, застосування стандартних та оригінальних програм, наявність аналізу результатів та їх використання у роботі

При виконанні роботи використані методи математичного моделювання розрахункових режимів, стандартне програмне забезпечення розрахунків; застосовані сучасні інформаційні технології при виконанні розрахунків, креслень та оформленні роботи.

7. Відповідність оформлення до вимог діючих стандартів оформлення роботи в цілому відповідає діючим стандартам

8. Дотримання студентом графіка виконання роботи графік дотримано.

9. Наукова цінність роботи, практична значимість розроблено методичку безпеки енергооб'єктів, результати досліджень можуть бути використані при виборі оптимального варіанта трасування мережі.

10. У магістерській роботі можна відмітити такі недоліки:

мають місце деякі неточності в нумерації сторінок (невідповідність номеру сторінки зазначеному у листі), невірно вказано загальну кількість сторінок введених.

Магістерська робота у цілому виконана на високому рівні

і при відповідному захисті заслуговує на оцінку відмінно

Керівник доцент, канд. техн. н. Олександр Добровольський О.Т.
(посада, науковий ступінь) (підпис) (ПІБ)

Рецензія

на кваліфікаційну роботу здобувача ступеня вищої освіти «магістр» Лисенко

Оксана Іванівна
на тему Вплив коефіцієнта електричності на формування енергетичних витрат у водопровідній мережі

Кваліфікаційна робота виконана згідно до завдання відповідає темі,
(не) згідно (не) відповідає

містить 8 листів графічного матеріалу і пояснювальну записку з 110 сторінок.

1. Актуальність теми (повнота постановки проблеми, формування проблеми та її значимість, постановка завдань досліджень) Тема роботи актуальна, проблема вирішена згідно із метою і заданими дослідженнями - поєднання методів варіантного проектування та техніко-економічних розрахунків

2. Ступінь науковості роботи (широта вивчення результатів досліджень за проблемою, методика дослідження, наявність елементів наукової новизни та ступінь їх розробки)
Аналіз досліджень вітчизняних та закордонних фахівців, представлений в роботі, показує розуміння автором поставленої проблеми; методика дослідження орієнтована на поєднання методів варіантного проектування та техніко-економічних розрахунків також представлені елементи наукової новизни - застосування даних про коефіцієнти швидкості для видобрання оптимальних варіантів трасування мережі.

3. Якість подачі матеріалу роботи (ступінь взаємозв'язку розділів роботи, застосування комп'ютерних технологій, чіткість і технічна грамотність оформлення роботи, науковий стиль викладення матеріалу) Всі розділи роботи логічно взаємопов'язані, теоретична частина викладена чітко і технічно грамотно, використані комп'ютерні технології при оформленні роботи і векторних розрахунків.

4. Практична значимість результатів роботи (рівень реальності результатів та пропозицій, техніко - економічні показники запропонованих рішень, наявність публікацій за темою роботи) _____

перевірені розрахунки середє мають
практичну значимість для розробки тех-
нічних заходів, спрямованих на модерніза-
цію кодування цих підприємств. За результа-
тами роботи зроблено публікацію в збір-
никах ХІІІ науково-технічної конференції
студентів, аспірантів, магістрів, викладачів

5. Недоліки магістерської роботи _____

в роботі доцільним було б більше детально
проаналізувати оптимальні режими роботи
масового обладнання для розглянутих
варіантів.

6. Магістерська робота у цілому виконана (ний) на _____ високому рівні

і заслуговує оцінки:

кількість балів 93

за національною шкалою відмінно

за шкалою ЄКТС A

Рецензент професор з науково-педагогічної роботи та
технічної освіти (посада, місце роботи)
Запорізького національного університету

[підпис]
(підпис)

д.т.н. проф. В.А. Балах
(П.І.Б.)

