

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 Аналіз динаміки вузлових напорів з урахуванням моделі міцності

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1929-ВВ-3
спеціальності 192 Будівництво та цивільна
(код і назва спеціальності) інженерія

спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)

освітньої програми водопостачання та водовідведення
(назва освітньої програми)

Л. Х. Ушаков
(ініціали та прізвище)

Керівник доцент канд. тех. н. Радовальська О. Т.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент проректор, проф., р.т.н. Білаш В. А.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя

2020

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 Водостокання та водовідведення

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри _____
« 28 » 09 20 20 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Умарову Кайдару Казратовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проєкту) Аналіз діаметричних вузлових
мапорів з урахуванням геодезії місцевості
керівник роботи Федоровська Оксана Тиморівна, 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 7.12.2020

3 Вихідні дані до роботи схема водопровідної мережі
із 9 колекторів, 18 вузлів, 26 ділянок продуктивність
м³/год, поверховість 5 і 9 поверхів.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз діаметричних мапорів з урахуванням різних факторів
2. Методи та способи розроблення мапорів з діаметричних вузлових
мапорів. 3. Методи реконструкції мапорів. 4. Аналіз діаметричних мапорів
5. Скорочення

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1. Генплан міста. 2. План мережі сарті і лінії. 3. Схема формування зон з неретатичні мапором. 4. Модифікована решівка
5. План мережі ліній (3-1-2-5-3-13-15) 6. План мережі ліній (3-1-6-10-14-15)
7. Діаграма вузлових мапорів. 8. Мапа графіки зон мережі сарті і ліній

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Аналіз наявних документів та матеріалів	Добровольська О.Т., доцент	<i>О.Т.Д.</i>	<i>У.В.С.</i>
2. Аналіз літературних джерел	Добровольська О.Т., доцент	<i>О.Т.Д.</i>	<i>У.В.С.</i>
3. Аналіз діячої частини проекту	Добровольська О.Т., доцент	<i>О.Т.Д.</i>	<i>У.В.С.</i>
4. Техніко-економічне обґрунтування	Добровольська О.Т., доцент	<i>О.Т.Д.</i>	<i>У.В.С.</i>
5. Оцінювання ризику	Добровольська О.Т., доцент	<i>О.Т.Д.</i>	<i>У.В.С.</i>

7 Дата видачі завдання 28.09.2020

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Підготувати практичне звіт	12.10 - 08.11.	Викон.
2	Розділ 1. Аналіз літературних джерел	01.11 - 08.11	Викон.
3	Розділи 2-3. Аналіз діячої частини проекту	09.11 - 16.11.	Викон.
4	4. Техніко-економічне обґрунтування	17.11 - 28.11.	Викон.
5	Розділ 5. Оцінювання ризику	29.11 - 07.12	Викон.
	Варіантальне пояснювальної записки.		

Студент *У.В.С.* У.В.С.
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проєкту) *О.Т.Д.* О.Т.Добровольська
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер *О.М.Р.* Росташенко О.М.
(підпис) (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Умаров Х.Х. Аналіз динаміки вузлових напорів з урахуванням геодезії місцевості.

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 динаміки вузлових напорів та утворення районів недостатнього тиску у водопровідній мережі з урахуванням геодезичних позначок місцевості. Розроблена методика та рекомендації для визначення розташування вузлів контролю тиску для проєктованих водопровідних мереж.

Ключові слова: ВУЗЛОВІ НАПОРИ; ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК; П'ЄЗОМЕТРИЧНІ ПОЗНАЧКИ; НЕДОСТАТНІ НАПОРИ; КОНТРОЛЬ ТИСКУ.

SUMMARY

Umarov Kh.Kh. Analysis of the dynamics of nodal pressures taking into account the geodesy of the area.

Qualifying 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 dynamics of nodal pressures and the formation of areas of insufficient pressure in the water supply network, taking into account the geodetic markings of the area. Methodology and recommendations for determining the location of pressure control units for the designed water supply networks have been developed.

Keywords: NODAL PRESSURES; HYDRAULIC CALCULATION; PESOMETRIC MARKS; INSUFFICIENT EFFORT; PRESSURE CONTROL.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ДИНАМІКИ НАПОРІВ З УРАХУВАННЯМ РІЗНИХ ФАКТОРІВ.....	10
1.1 Особливості формування динаміки напорів у водопровідній мережі.....	10
1.2 Вплив зношеності трубопроводів на показники напорів у водопровідних мережах.....	11
1.3 Оцінка впливу гідравлічних ухилів на вузлові напори (вплив рельєфу на зони недостатнього напору).....	23
1.4 Аналіз вузлових напорів в умовах відновлення та реконструкції водопровідних мереж.....	25
1.5 Мета та завдання дослідження.....	28
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ.....	29
2.1 Вплив геодезичних позначок місцевості на локалізацію районів з недовідними та надмірними напорами.....	29
2.2. Методика дослідження.....	41
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ВУЗЛОВИХ НАПОРІВ З УРАХУВАННЯМ ГЕОДЕЗІЇ МІСЦЕВОСТІ.....	42
3.1 Характеристика об'єкту дослідження.....	42
3.2 Аналіз результатів гідравлічного розрахунку.....	43
3.3. Розрахунок п'єзометричної карти водопровідної мережі.....	48
3.4 Аналіз динаміки вузлових напорів з урахуванням геодезії місцевості.....	54
3.5 Вибір насосного обладнання.....	61
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	62
4.1 Техніко-економічний розрахунок реконструкції насосної станції.....	62
4.2 Техніко-економічний розрахунок насосної станції без подальшої реконструкції.....	65
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....	68

5.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів на водопровідній насосній станції.....	68
5.2 Заходи з поліпшення умов праці.....	69
5.3 Виробнича санітарія.....	71
5.4 Пожежна безпека.....	73
5.5 Засоби індивідуального захисту.....	74
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	75
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	76
Додаток А.....	79
Додаток Б.....	86

ВСТУП

Актуальність теми кваліфікаційної роботи. Водопровідна мережа – найбільш енергоємкий елемент системи водопостачання. В більшості міст України останнім часом стали частіше виникати перебої у водопостачанні: недостатня кількість води, що зумовлена зниженням напорів нижче необхідних, в одних районах і втратами води внаслідок надмірних напорів в інших. Задача оптимального управління роботою водопровідних мереж – забезпечення подачі води споживачу в достатній кількості та під необхідним напором, якому для свого рішення необхідно знати межі зон недостатнього напору.

Величини зон недостатніх напорів можуть бути кількісним критерієм неякісного водопостачання. Такі зони виникають як при зміні гідравлічних характеристик трубопроводів (зростанні втрат напору в них та зниженні фактичних напорів у вузлах мережі), так і при забудові нових житлових районів багатоповерховими будівлями. Величини цих зон також залежать і від характеру рельєфу місцевості. Аналіз динаміки напорів з урахуванням геодезичних позначок місцевості доцільно виконувати при проектуванні мереж для оптимального розміщення вузлів контролю та регулювання тиску в мережі.

Об’єкт дослідження – кільцева магістральна водопровідна мережа населеного пункту, яка складається з 9 кілець продуктивністю 96500 м³/добу та поверховістю забудови у 5 і 9 поверхів..

Предмет дослідження – моделювання варіантів геодезії місцевості та аналіз динаміки вузлових напорів.

Методи дослідження. Під час проведення досліджень та обробки отриманих результатів використані методи математичного і комп’ютерного моделювання, методи гідравлічних розрахунків водопровідних мереж.

Мета роботи – дослідження розподілу вузлових напорів та утворення районів недостатнього тиску у водопровідній мережі на місцевості з різним рельєфом.

Задачі досліджень. Для досягнення вказаної мети було потрібно:

- розробити розрахункову схему водопровідної мережі;
- виконати гідравлічні розрахунки при нормальній роботі мережі;
- виконати моделювання зміни рельєфу місцевості;
- виконати моделювання зміни опору ділянок;
- виконати гідравлічні розрахунки мережі з урахуванням зміни опору ділянок для місцевості з різним ухилом;
- проаналізувати п'єзометричні карти та зони напорів;
- розробити рекомендації щодо проектування водопровідних мереж з урахуванням геодезії місцевості.

Наукова новизна отриманих результатів. Розроблена методика визначення районів розподілу тиску в мережі з урахуванням трасування мережі в умовах різного рельєфу місцевості.

Практичне значення отриманих результатів. Результати досліджень можуть бути використані проектними філіями комунальних підприємств для вибору оптимального трасування водопровідної мережі та експлуатаційними філіями для визначення розташування вузлів контролю тиску.

Апробація роботи. Головні положення доповідались на XXV Науково-технічній конференції студентів, магістрів, аспірантів і викладачів ЗДІА, яка проходила 24-27 листопада 2020 року [1].

Структура й обсяг роботи. Робота складається зі вступу, 5 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 23 найменувань.

Робота викладена на сторінках, містить таблиць – , рисунків – , додатків – .

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ДИНАМІКИ НАПОРІВ З УРАХУВАННЯМ РІЗНИХ ФАКТОРІВ

1.1 Особливості формування динаміки напорів у водопровідній мережі

Модернізація житлово-комунального господарства є головною умовою відновлення інфраструктури міст [2]. Водопровідна мережа є найбільш енергоємним та впливовим елементом системи водопостачання. Функціонування водопровідних мереж повинно відповідати забезпеченню наступних вимог:

- а) забезпечувати подачу заданої кількості води до місця її споживання під необхідним тиском;
- б) постачати воду до споживачів із достатнім ступенем надійності,
- в) бути економічною, тобто забезпечити найменшу величину приведених витрат на будівництво та експлуатацію мережі.

Конфігурація водопровідної мережі залежить від таких основних факторів:

- а) планування об'єкту водопостачання,
- б) розміщення на території об'єкту окремих споживачів,
- в) рельєфу місцевості,
- г) наявності штучних та природних перешкод для будівництва водопровідних ліній,
- д) джерел живлення водопровідної мережі і їхнього розташування.

Згідно [3, п. 16.5.2] для контролю якості задоволення потреб споживачів на мережі обладнуються вузли контролю тиску. Але в зазначених будівельних нормах не передбачені рекомендації щодо місць розташування таких вузлів. Нерівномірна якість обслуговування споживачів є характерною рисою систем міського водопостачання, які обслуговують велику територію. Процес водоспоживання формується під впливом різних факторів. Водорозбір є величиною вірогідною, тому що формується під дією вірогідних гідравлічних характеристик: втрат напору на ділянках, вільного і п'єзометричного напорів у вузлах. Вода подається в кільцеві мережі різними по довжині шляхами.

Найвіддаленіших від джерела райони мають більш невідгідні умови водопостачання, тому що чим довший шлях транспортування води, тим більші шляхові втрати напору, і тим менші п'єзометричні позначки в найвіддаленіших точках мережі. Тому мешканці найвіддаленіших районів першими за все будуть відчувати недостачу води при збільшенні загального відбору з мережі. При зниженні тиску в мережі знижується можливість інтенсивності відбору води, далі повністю припиняється подача до найвіддаленіших і високо розташованих санітарно-технічних приладів. Вода взагалі може не надходити до верхніх поверхів будинків. З точки зору надійності водозабезпечення найвіддаленіші споживачі знаходяться в найбільш складних умовах. При будь-яких пошкодженнях ліній мережі необхідно забезпечувати в таких „диктуючих” (критичних) точках необхідний мінімальний тиск та обладнувати контрольні вузли. Вибір найбільш оптимальних схем трасування мереж для забезпечення надійності та високої якості подачі води узгоджується з такими нормативними документами як Закон України «Про питну воду та питне водопостачання» [4], Загальнодержавна програма “Питна вода України» на 2006-2020 роки [5, 6], Закон України «Про місцеве самоврядування в Україні» [7], 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» [8].

Головні фактори, які впливають на розташування зон недостатнього напору, можна віднести: часові чинники, рельєф місцевості, структуру розміщення водоспоживачів та водоживлювачів.

1.2 Вплив зношеності трубопроводів на показники напорів у водопровідних мережах

З часом змінюється питомий опір трубопроводів, зростають втрати напору в них та знижуються реальні тиски у вузлах мережі. Ці обставини

впливають на розташування і розміри районів з недостатніми та надмірними напорами.

З досвіду роботи міських комунальних служб відомо, що фактична пропускна здібність трубопроводів змінюється, що приводить до значних збитків. Це пояснюється утворенням надмірної енергії, зменшенням надходження води та скорочення терміну експлуатації трубопроводів. Тому необхідно будувати нові магістральні і розподільні мережі, що пов'язано з витратами матеріалу та додатковими капітальними витратами. Додаткові капітальні витрати досить значні, тому що кошторис водопровідних ліній становить 60 – 70% від вартості всієї водопровідної системи. Для зменшення цих капітальних витрат треба запровадити заходи, які усувають можливість зміни пропускної здатності діючих водопроводів.

Головною причиною зменшення пропускної здатності трубопроводів є утворення на їх внутрішній поверхні різних відкладень, що збільшує внутрішню шорсткість труб та зменшують площу живого перетину водопроводу, тому збільшується гідравлічний опір.

Для врахування майбутнього заростання водопровідних труб окремі дослідники [9] пропонували збільшити розрахунковий гідравлічний опір, для цього застосувати коефіцієнти для збільшення гідравлічного опору трубопроводів під час їх експлуатації.

Так, для „досить забруднених” труб Дарсі пропонував коефіцієнти, отримані за його розрахунками, збільшити на 50% - 100% [10]. Деякі інші дослідники також пропонували збільшити гідравлічний опір шляхом врахування подібних коефіцієнтів. Результати аналізу інформаційного матеріалу та результатів досліджень щодо зміни фактичних втрат напору в трубопроводах були положені в основу розрахунків табличних значень коефіцієнтів опору. Подібні коефіцієнти діляться на 3 основних види:

- по залежності зростання втрат напору від зміни діаметру трубопроводів, тобто при зменшенні діаметру труб збільшується гідравлічний

опір в залежності від терміну експлуатації у порівнянні з розрахунковими даними. За цим принципом розроблені таблиці поправочних коефіцієнтів для визначення гідравлічних опорів труб [11].

- потім була доведена залежність збільшення втрат напору в трубопроводах від терміну їх експлуатації. На основі результатів досліджень збільшення втрат напору було оцінено у розмірі 15 – 25% за кожні 5 років експлуатації (розрахункові коефіцієнти для гідравлічних розрахунків трубопроводів будь-якого діаметру)

- коефіцієнти, що враховують діаметру та тривалість експлуатації.

За результатами досліджень проф. А.А. Саткевичем була доведена доцільність застосування універсальної формули для визначення коефіцієнту C :

$$C = 82,2 - 1,2(2v - n) - \frac{10(7 - v) + 0,4}{4d + 1} \quad (1.1)$$

де v – швидкість руху води, м/с;

n – тривалість експлуатації, років;

d – діаметр трубопроводу, м.

За даними досліджень [13] пропускна здатність чавунних асфальтованих труб середнього діаметру 500 мм змінилась на 52% після 30-ти років функціонування в 19 містах США.

Втрати напору в трубах, з урахуванням збільшення їх опору визначають такими залежностями:

$$h = \lambda \frac{l}{d_p} \cdot \frac{v^2}{2g}, \quad (1.2)$$

$$i = \frac{h}{l} = K \frac{Q^\beta}{d_p^m}. \quad (1.3)$$

При цьому замість λ , d_p і K підставляються їх фактичні значення λ_ϕ , d_ϕ і K_ϕ :

$$\lambda_{\phi} = \left(\frac{a\Delta}{d_{\phi}} + \frac{b}{\text{Re}} \right)^n, \quad (1.4)$$

$$d_{\phi} = d_p - 2\Delta, \quad (1.5)$$

$$K_{\phi} = K_0 K_1 \left(\frac{d_{\phi}}{d_p} \right) = K_0 K_s, \quad (1.6)$$

де a, b, n – емпіричні коефіцієнти, що залежать від характеру шорсткості;

Re – число Рейнольда:

$$\text{Re} = \frac{vd_{\phi}}{\nu}, \quad (1.7)$$

де ν – кінематична в'язкість, $\text{м}^2/\text{с}$;

Δ – геометрична висота виступів шорсткості, м ;

$a\Delta = a_l$ – гідравлічна шорсткість стінок труби, м ;

K_0 – коефіцієнт, який враховує шорсткість стінок нових труб;

K_l – коефіцієнт збільшення опору трубопроводу за рахунок росту шорсткості;

K_s – коефіцієнт збільшення опору трубопроводу за рахунок росту шорсткості і зменшення діаметру труби.

На основі виконаних дослідів було встановлено, що для труб з різним ступенем шорсткості (досліджувались труби, опір яких виріс в $K_l = 1,0 - 100$ разів порівнянні із опором нових труб) має місце залежність:

$$b = ca_1^t, \quad (1.8)$$

для сталевих труб: $c = 30960$; $t = 0,858$; для чавунних труб: $c = 91920$; $t = 0,828$ [10].

На основі формул (1.6) ÷ (1.10) отримані розрахункові залежності для обчислення коефіцієнтів λ_{ϕ} і втрат напору в сталевих:

$$\lambda_{\phi} = K_{\lambda} \frac{0,312}{d_{\phi}^{0,226}} \left(1,9 \cdot 10^{-6} + \frac{\nu}{\nu K_{\lambda}^{0,678}} \right)^{0,226}, \quad (1.9)$$

і чавунних трубах:

$$\lambda_{\phi} = K_{\lambda} \frac{0,863}{d_{\phi}^{0,284}} \left(0,55 \cdot 10^{-6} + \frac{\nu}{\nu K_{\lambda}^{0,606}} \right)^{0,284}, \quad (1.10)$$

$$i = 0,00163 K_s \frac{Q^{1,81}}{d_p^{4,90}}, \quad (1.11)$$

де $K_{\lambda} = K_1^{1,05}$ - для сталевих; $K_{\lambda} = K_1^{1,13}$ - для чавунних труб.

Ці формули справедливі для розрахунку як нових сталевих і чавунних водопровідних труб при $\nu = 0,3 - 2,0$ м/с., так і труб, які були в експлуатації.

Збільшення опору, що враховується коефіцієнтами K_{λ} і K_s в формулах (1.11) – (1.13), відбувається за рахунок росту із часом величин Δ і a , тобто висоти відкладень, їх розташування на внутрішній поверхні труби, форми і взаємного впливу окремих бугорців на величину шорсткості. На основі обробки експериментальних даних отримані наступні розрахункові формули:

для сталевих труб:

$$K_s = K_1 \left(1 - \frac{0,0047 K_1^{0,33}}{d_p} \right)^{-2,54}, \quad (1.12)$$

для чавунних труб:

$$K_s = K_1 \left(1 - \frac{0,0047 K_1^{0,33}}{d_p} \right)^{-2,54}. \quad (1.13)$$

Так як на зміну гідравлічних опорів в процесі експлуатації впливає багато факторів, врахування яких є неможливим, запропонована формула для визначення K_1 , яка з достатньою точністю описує результати натурних дослідів:

$$K_1 = 1 + a_2 \lg(T + 1), \quad (1.14)$$

де T – кількість років експлуатації;

a_2 – безрозмірний коефіцієнт, що враховує вплив основних факторів на зростання опору: якість транспортуємої води; матеріал труб або ступінь його захищеності від внутрішньої корозії; умов експлуатації.

Результати спостереження за роботою розподільних водопровідних ліній показали, що практично неможливо врахувати всі вагомні фактори (існуючі місцеві опори без схем візуалізації мереж, геодезичні ухили трубопроводів, зміни вільних тисків в мережі, тощо.) Також існуюча постійна зміна якості води та умов експлуатації більше впливає на зростання опорів, ніж інші впливаючі чинники разом узяті. Крім того. Зміна опору та заростання труб приводять до погіршення бактеріального середовища, що призводить до вторинного забруднення води. Тобто, якість води погіршується при експлуатації труб, що мають великі питомі опори. Про це свідчать дослідження закордонних фахівців [14-18]. Проблема забруднення води також була піднята в роботі [19], автор цих досліджень пропонує обробляти воду у високочастотних електромагнітних полях.

В комунальних господарствах українських міст, на відміну від європейських, найбільше застосовані сталеві труби. Цим можна пояснити той факт, що стан водопровідної мережі характеризується 2-3 аваріями на 1 км труби. За даними [16] аварійні показники у 5-20 разів перевищують відповідні у містах Західної Європи.

За результатами натурних досліджень [9] на діючих водопроводах можливо рекомендувати наступні показники, які враховують зміни опору трубопроводів:

- а) продуктивність трубопроводу;
- б) матеріал трубопроводів;
- в) робочі режими роботи мереж, тобто умов експлуатації.

З урахуванням режимів роботи всі водопровідні лінії діляться на 3 групи:

а) центральні водоводи і головні магістральні мережі, в яких швидкості руху води залишаються в межах економічно вигідних і майже не змінюються в часі;

б) розподільні мережі, в яких має дуже змінюються швидкості та напрями руху води в трубах на протязі коротких інтервалів часу;

в) тупикові мережі, в яких інтенсивний водозабір змінюється застоєм води в трубах.

Для виконання гідравлічних розрахунків сталевих трубопроводів магістральних водоводів рекомендується застосовувати формули (при дотриманні $Re = \text{const} = 1,5 \cdot 10^6$ для Т до 9 років):

а) Для трубопроводів діаметром 1400 – 1600 мм (зварні стики враховані) рекомендується:

2) гідравлічний ухил:

$$i_{T \leq 9} = 0,001565 \frac{e^{\alpha T} v^2}{d^{1,3}}, \quad (1.15)$$

3) питомий опір ділянки:

$$A_{T \leq 9} = \frac{0,00254 e^{\alpha T}}{d^{5,3}} \quad (1.16)$$

-коефіцієнт гідравлічного опору:

$$\lambda_{T \leq 9} = \frac{0,0307 e^{\alpha T}}{d^{0,3}} \quad (1.17)$$

б) Для труб діаметром 1000 – 1200 мм (із врахуванням зварних стиків):

- гідравлічний ухил:

$$i_{T \leq 9} = 0,001249 \frac{e^{\alpha T} v^2}{d^{1,3}}, \quad (1.18)$$

- питомий опір ділянки:

$$A_{T \leq 9} = \frac{0,00202e^{\alpha T}}{d^{5,3}}, \quad (1.19)$$

- коефіцієнт гідравлічного опору:

$$\lambda_{T \leq 9} = \frac{0,0245e^{\alpha T}}{d^{0,3}}. \quad (1.20)$$

З метою дослідження впливу тривалості експлуатації на гідравлічні опори в чавунних водоводах було досліджено труби діаметром 900 мм. Отримані при цьому дані були порівняні з даними досліджень Ф.А. Шевельова, М.М. Сапожнікова, І.Т. Лознякова [10].

Результати досліджень, проведених фахівцями [] в природних умовах на магістральних водоводах із сталевих та чавунних труб великого діаметру ($d = 900 - 1500$ мм) дозволяють зробити наступні висновки:

- коефіцієнти гідравлічного опору магістральних водопроводів під час експлуатації не є постійними, їх величини змінюються із часом відповідно до залежності:

$$\lambda = f(T). \quad (1.21)$$

- гідравлічні опори сталевих труб з часом експлуатації збільшуються значно швидше, ніж опори чавунних, що пояснюється різними хімічними властивостями труб.

- фізико-хімічні властивості води, хімічна структура металу труби впливають на ступінь інтенсивності утворення інкрустації в дослідних трубах; г) утворенням відкладень на стінках труб, збільшення розрахункових опорів в сталевих та чавунних трубах великого діаметру ($d = 900 - 1500$ мм) враховується розрахунковими залежностями.

- калібрування, центрування, збирання і зварювання стикових з'єднань впливає на зміну загального гідравлічного опору у водоводів, які побудовані зі

сталевих труб, Значні зміни гідравлічних опорів, впливають на величину пропускної здатності трубопроводів.

- якщо не враховувати явища зміни гідравлічних опорів з часом експлуатації, проектні рішення можуть втратити свою ефективність внаслідок того, що проектна пропускна здібність водоводів може виявитися недостатньою ще до закінчення розрахункового періоду експлуатації. Ці обставини повинні враховуватись при проектуванні нових водопровідних мереж та ув'язуванні їх з діючими, пропускна здатність яких може відрізнятись від розрахункової.

При техніко – економічному принципі виборі діаметру труб значення шорсткості враховується як постійна величина для всього строку експлуатації трубопроводів у формулі, що характеризує функціональну залежність експлуатаційних витрат. Фактично шорсткість трубопроводів зростає, що призводить до збільшення опору та збільшенню експлуатаційних витрат. Наслідком цього є матеріальні збитки, що пов'язані з перевитратою енергії, зміна пропускної здатності трубопроводів призводить до цілого ряду негативних наслідків для населення і промислових підприємств. Вільний напір, зменшений через заростання труб, не забезпечить подачу води до верхніх поверхів будинків в підвищених районах міста. Це спричинює значні незручності споживачам води. Якщо дійсні опори в трубопроводах будуть дорівнювати розрахунковим, то розрахунковий розподіл потоків води зберігається в експлуатуємій мережі. У випадку збільшення опорів, а особливо, При неоднаковому збільшенні опору в різних трубопроводах, припустимий розрахунковий розподіл потоків може змінюватись, тоді мережа буде неспроможна забезпечити розрахункове водоспоживання в деяких вузлах і міських районах.

Після розгляду та аналізу вищезазначених даних можна зробити висновок щодо зміни гідравлічних опорів трубопроводів та її впливу на величину зон недостатніх напорів.

Формулу Дарсі – Вейсбаха можна представити у вигляді:

$$h = \lambda \cdot l \cdot \frac{8Q^2}{2g\pi D^5}, \quad (1.22)$$

де h – втрати напору, м;

Q – витрата води, куб.м/с;

D – діаметр ділянки трубопроводу, м;

l – довжина ділянки, м;

g – прискорення сили тяжіння, м/с²;

λ – коефіцієнт втрат напору.

Параметри Q , D , π , l , і g є постійними, значить на втрати напору трубах впливає коефіцієнт втрат напору. Маючи замету визначення зміни місця розташування невідгідної точки з часом, можна зробити допущення, що мінімально необхідний напір є величиною незмінною. Тоді буде змінюватись довжина ділянки наступним чином:

$$l = \frac{hg\pi D^5}{\lambda 8Q^2} \quad (1.23)$$

Подивимось, як може змінюватись положення невідгідної точки, якщо гідравлічні опори не будуть постійними.

Для порівняння візьмемо трубопровід діаметром 200 мм при його експлуатації 20 років:

1) Якщо прийняти значення $\lambda_0 = 1,15$, а $\lambda_{20} = 1,34$, тоді

на початку експлуатації:

$$l_0 = \frac{hg\pi D^5}{1,15 \cdot 8Q^2}, \quad (1.24)$$

а через 20 років експлуатації:

$$l_{20} = \frac{hg\pi D^5}{1,34 \cdot 8Q^2}, \quad (1.25)$$

де l_0, l_{20} – довжина ділянки на початку експлуатації та через 20 років відповідно.

Знайдемо співвідношення цих величин:

$$\frac{l_{20}}{l_0} = \frac{1,15}{1,34} = 0,858, \quad (1.26)$$

тобто $l_{20} = 0,858l_0$, а величина на яку переміститься невігідна точка в бік точки живлення буде:

$$\Delta l = l_0 - 0,858l_0 = 0,142 l_0. \quad (1.27)$$

2) На основі значень $\lambda_0 = 1$, а $\lambda_{20} = 1,8$ [10] визначимо довжину l_0

на початку експлуатації:

$$l_0 = \frac{hg\pi D^5}{\lambda \cdot 8Q^2}, \quad (1.28)$$

а через 20 років експлуатації:

$$l_{20} = \frac{hg\pi D^5}{1,8\lambda \cdot 8Q^2}, \quad (1.29)$$

$$\frac{l_{20}}{l_0} = \frac{1}{1,8} = 0,55, \quad (1.30)$$

тобто $l_{20} = 0,55l_0$, при цьому величина, на яку переміститься невігідна точка в бік точки підключення водоводів до мережі, буде:

$$\Delta l = l_0 - 0,55l_0 = 0,45 l_0. \quad (1.31)$$

3) На основі даних табл. 4 $\lambda_0 = 1$, а $\lambda_{20} = 1,82$.

Тоді

на початку експлуатації:

$$l_0 = \frac{hg\pi D^5}{\lambda \cdot 8Q^2}, \quad (1.32)$$

а через 20 років експлуатації:

$$l_{20} = \frac{hg\pi D^5}{1,82\lambda \cdot 8Q^2}, \quad (1.33)$$

$$\frac{l_{20}}{l_0} = \frac{1}{1,82} = 0,549, \quad (1.34)$$

тобто $l_{20} = 0,549l_0$, а величина на яку переміститься невігідна точка в бік точки живлення буде:

$$\Delta l = l_0 - 0,549l_0 = 0,451 l_0. \quad (1.35)$$

4) На основі даних табл. 6 $\lambda_0 = 1,07$, а $\lambda_{20} = 4,90$.

Тоді на початку експлуатації:

$$l_0 = \frac{hg\pi D^5}{1,07 \cdot 8Q^2}, \quad (1.36)$$

через 20 років експлуатації:

$$l_{20} = \frac{hg\pi D^5}{4,90 \cdot 8Q^2}, \quad (1.37)$$

$$\frac{l_{20}}{l_0} = \frac{1,07}{4,90} = 0,22, \quad (1.38)$$

тобто $l_{20} = 0,22l_0$, а величина на яку переміститься невігідна точка в бік точки живлення буде:

$$\Delta l = l_0 - 0,22l_0 = 0,78 l_0. \quad (1.39)$$

5) На основі даних табл. 7 $\lambda_0 = 1,0$, а $\lambda_{20} = 1,95$. Тоді

На початку експлуатації:

$$l_0 = \frac{hg\pi D^5}{1,0 \cdot 8Q^2}, \quad (1.40)$$

Через 20 років експлуатації:

$$l_{20} = \frac{hg\pi D^5}{1,95 \cdot 8Q^2}, \quad (1.41)$$

$$\frac{l_{20}}{l_0} = \frac{1,0}{1,95} = 0,51, \quad (1.42)$$

тобто $l_{20} = 0,51l_0$, а величина на яку переміститься невідгодна точка в бїк точки живлення буде:

$$\Delta l = l_0 - 0,51l_0 = 0,49l_0. \quad (1.43)$$

Отриманї величини на якї може переміститься невідгодна точка в бїк точки живлення можна усереднити:

$$\frac{0,45l_0 + 0,45l_0 + 0,78l_0 + 0,49l_0}{4} = 0,543l_0, \quad (1.44)$$

Отже, розрахунок показав, що після двадцятирїчної експлуатації водопроводу дїаметром 200 мм, внаслідок змїни гїдравлїчних опорів трубопроводів зона недостатнїх напорів збїльшиться приблизно на вїдстань $0,543l_0$ м в бїк точки пїдключення водоводів до мережї.

1.3 Оцїнка впливу гїдравлїчних ухилїв на вузловї напори (вплив рельєфу на зони недостатнього напору)

При виконаннї натурних дослїдженнь роботи водопровїдної мережї м. Ужгород [20] вїдтворена фактична картина спїльної роботи водопровїдної мережї та її водоживлювачїв. Також визначенї дїлянки, на яких є змїни

пропускної здатності та встановлені причини зниження напорів в мережі нижче потрібних. З цією метою на водопровідній мережі були вибрані декілька вузлів, в яких вимірювалися фактичні напори.

П'езометричні позначки, м, визначені за формулою:

$$Z_{i,j} = Z_{o,i} + H_{i,j}, \quad (1.45)$$

де $Z_{o,i}$ – позначка вісі манометра в i -й точці мережі, м;

$H_{i,j}$ – напір в цьому вузлі, м, для j -ої години доби, отриманий за допомогою манометрів-самописців.

Результати вимірів та їх аналіз показали, що, характер зміни п'езометричних позначок в усіх точках за годинами доби приблизно незмінний, при цьому внаслідок збільшення водоспоживання з мережі в період з 8 до 22год напір значно зменшується. Аналіз таких графіків показує, в яких точках мережі і в які години доби фактичні вільні напори менше потрібних або більше припустимих.

Потім були побудовані лінії рівних п'езометричних позначок для ділянок мережі для години максимального і мінімального водоспоживання за результатами вимірів вільних напорів у вузлах мережі та визначення за ними п'езометричних позначок в цих вузлах. Щільність розташування цих ліній дозволяє встановити, які ділянки мережі і в якому ступені є перевантаженими або недовантаженими. Для цього треба визначити гідравлічні ухили по всіх ділянках водопровідної мережі і порівняти їх граничними економічними значеннями, що визначені по формулах:

$$I_{\min} = \frac{8\lambda Q_{\min}^2}{\pi^2 2gd_p^5}; \quad I_{\max} = \frac{8\lambda Q_{\max}^2}{\pi^2 2gd_p^5}, \quad (1.46)$$

де Q_{\min} і Q_{\max} – граничні економічні витрати води, що приймаються в залежності від матеріалу труб та режимів їх роботи;

λ – коефіцієнт опору тертю по довжині;

d_p – розрахунковий внутрішній діаметр труби, м;

$g = 9,8 \text{ м/с}^2$.

Фактичні гідравлічні ухили по ділянках мережі визначають за формулою:

$$I_{r-b} = \frac{Z_r - Z_b}{L_{r-b}}, \quad (1.47)$$

де Z_r і Z_b – п'єзометричні позначки на початку і кінці ділянки $r - b$, м;

L_{r-b} – довжина цієї ділянки, м.

Для одного з робочих режимів насосних станцій і водопровідної мережі побудовані лінії рівних п'єзометричних позначок. Аналіз результатів досліджень дозволив встановити напрям руху води по кожній ділянці мережі та її гідравлічну навантаженість, що дало можливість виявити ряд істотних недоліків в роботі водопровідної мережі та вжити необхідних заходів по їх усуненню.

1.4 Аналіз вузлових напорів в умовах відновлення та реконструкції водопровідних мереж

В умовах збереження існуючої забудови питання вибору оптимальних схем реконструкції і будівництва водопровідних мереж є серйозною проблемою для інфраструктури будь-якого міста. За результатами гідравлічних розрахунків водопровідної мережі можна встановити чи забезпечуються необхідні напори на початкових по відношенню до точок підключення водоводів ділянках мережі. Зниження необхідних напорів може бути викликано значною перевантаженістю окремих ділянок та значними втратами тиску в них.

В ході подібних аналізів результатів гідравлічних розрахунків можна визначити дуже перевантажені та суттєво недовантажені ділянки з швидкостями руху води в них $v < 1 \text{ м/с}$, ділянки, які не приймають участь у потокорозподілі

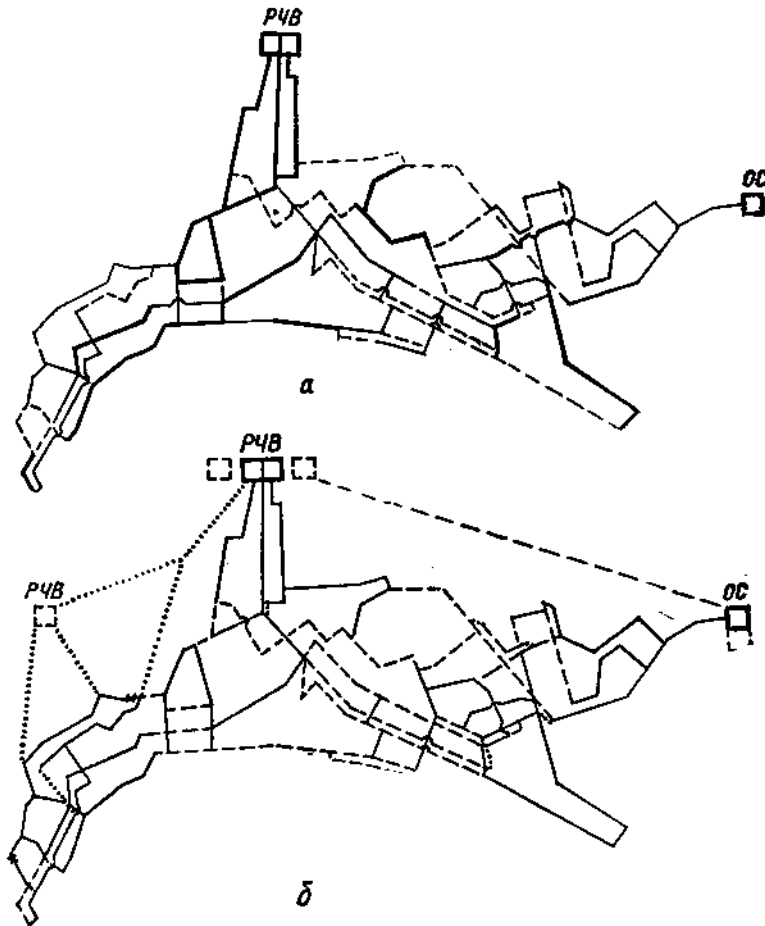
ліній з витратами $Q = 0...5$ л/с. Трапляються випадки, коли, перевантажені і недовантажені трубопроводи є паралельними, також можуть бути такі паралельні ділянки, на яких рух потоків протилежний по напрямку. Це пояснюється недостатньою пропускною здатністю перемичок між такими трубопроводами або їх відсутністю, або недостатньою пропускною здатністю по напрямку руху потоку ділянок.

На схемах мереж за результатами гідравлічного розрахунку можна встановити точно перевантажені і недовантажені ділянки, нанести остаточний потокорозподіл. Результати аналізу розподілу потоків по напрямку, об'єму і взаємному розташуванню перевантажених і недовантажених ліній дозволяє призначити необхідні перемикання, які забезпечують перерозподіл витрат між ділянками різної навантаженості для ефективного їх використання. Враховуючи той факт, що в розрахунковій схемі повторюється конфігурація фактичної мережі, перемички влаштовувалися в місцях, де це можна зробити з мінімальними витратами.

Намічені зміни вносяться до розрахункової схеми, і з їх урахуванням виконується гідравлічний розрахунок.

Результати гідравлічного розрахунку мережі з урахуванням встановлення намічених перемичок, розрахунковій схемі можуть дати значне покращення загального режиму роботи мережі. При умові поновлення участі в загальному потокорозподілі мало навантажені і незадіяних раніше ділянок, навантаження на лінії розподілиться більш рівномірно. Більшість перевантажених ділянок переходять до нормального режиму роботи. Крім того, улаштування перемичок збільшує надійність системи водопостачання в цілому для аврійних режимів.

Подібний алгоритм оптимізації потокорозподілу дозволяє з мінімальними змінами покращити роботу водопровідної мережі, встановити ділянки, що вимагають лише більш раціонального розподілу потоків, та фактично перевантажені ділянки, що вимагають реконструкції (рис. 1.1).



а – на початок експлуатації; *б* – після оптимізації; суцільною лінією показані перевантажені ділянки; штриховою — недовантажені; пунктирною – додаткові ділянки

Рисунок 1.1 – Схема розподілу навантажень на ділянках водопровідної мережі

Таким чином, будуть спостерігатись збільшення вузлових витрат та перевантаження деяких ділянок із значними втратами напору в них при будівництві нових районів та підключенні їх до існуючої водопровідної мережі. Наслідки цього - зміни поточкорозподілу і утворення недовантажених ділянок з напорами меншими за розрахункові, тобто утворяться районів з недостатніми тисками у вузлах мережі.

1.5 Мета та завдання дослідження

Мета роботи – дослідження розподілу вузлових напорів та утворення районів недостатнього тиску у водопровідній мережі на місцевості з різним рельєфом.

Задачі досліджень. Для досягнення вказаної мети було потрібно:

- розробити розрахункову схему водопровідної мережі;
- виконати гідравлічні розрахунки при нормальній роботі мережі;
- виконати моделювання зміни рельєфу місцевості;
- виконати моделювання зміни опору ділянок;
- виконати гідравлічні розрахунки мережі з урахуванням зміни опору ділянок для місцевості з різним ухилом;
- проаналізувати п'єзометричні карти та зони напорів;
- розробити рекомендації щодо проектування водопровідних мереж з урахуванням геодезії місцевості.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Вплив геодезичних позначок місцевості на локалізацію районів з недостатніми та надмірними напорами

Контроль тиску в характерних вузлах водопровідної мережі дозволяє оперативно реагувати на будь-які коливання напорів в цих вузлах, тим самим здійснюється зворотній зв'язок між водоживлювачами і водоспоживачами. Для оперативного керування треба розв'язувати завдання вибору кількості і місць розташування характерних точок на мережі міста. Це досить складна і неоднозначна задача, розв'язання якої має забезпечувати інформаційні та управлінські цілі.

В централізованій системі подачі та розподілу води напір водоживлювачів визначається необхідним напором в невідгідному вузлі мережі. Цього одного вузла недостатньо для розробки системи оперативного керування. Гідравлічні показники в цьому вузлі без врахування інших факторів не відображають фактичний потікорозподіл та наслідки, які відчують на собі водоспоживачі при порушенні цих показників. Треба не тільки контролювати показники напору у невідгідному вузлі, а також аналізувати площі районів недостатніх і надмірних напорів для різних ситуацій. Аналіз вузлових напорів з урахуванням геодезії місцевості дозволить виконати прогнозування утворення таких районів на карті міста із врахуванням існуючого рельєфу.

При виконанні роботи були задіяні результати досліджень [21] щодо утворення зон недостатнього тиску в мережі на місцевості з різним геодезичним ухилом.

Розглянемо водопровідну мережу на місцевості з постійним ухилом i_m , та постійним тиском t в місці розташування водонапірної башти H_6 . На рис. 2.1 показана схема п'єзометричних ліній у водопровідній мережі з гідравлічним ухилом i_1 при нормальній роботі і i_2 при збільшенні опору мережі (по тим чи іншим причинам). Прийнято, що опори в мережі пропорційно змінюються від точки підключення водоводів до кінцевої точки. невідгідний вузол знаходиться

в кінці мережі (т. 1). В ньому, як відомо, має виконуватись умова, щоб фактичний тиск H_1 був рівним потрібному $H_{номр}$. При збільшенні втрат напору в мережі невідгідний вузол переміститься на відстань l в т.3. Відстань цього переміщення буде визначати довжину району недостатнього напору. Якщо прийняти, що:

$$h = i_1 \cdot l_1 \quad \text{і} \quad h = i_2 \cdot l_2. \quad (2.1)$$

Тоді
$$i_1 \cdot l_1 = i_2 \cdot l_2.$$

Звідки довжина зони l_2 , в якій тиск буде більший за необхідний дорівнює:

$$l_2 = \frac{i_1}{i_2} l_1, \quad (2.2)$$

а довжина зони недостатнього напору l буде:

$$l = l_1 - l_2 = l_1 \left(1 - \frac{i_1}{i_2} \right), \quad (2.3)$$

де i_1, i_2 гідравлічні ухили на ділянках при різних втратах тиску в них;

l_1, l_2 – довжини ділянок.

Отже, при $i_m = 0$ довжина району недостатнього тиску визначається ступенем збільшення втрат тиску в мережі.

Якщо невідгідний вузол в мережі знаходиться в її кінці, при забудові з однаковою поверховістю, місцевості з ухилом i_m та підйомом до вузла живлення (рис. 2.1) приймаємо, що $i_m < i_1$. В цьому випадку збільшення втрат напору в мережі призведе до переміщення невідгідного вузла в т.3. Співвідношення між втратами напору на різних ділянках будуть описуватись виразами:

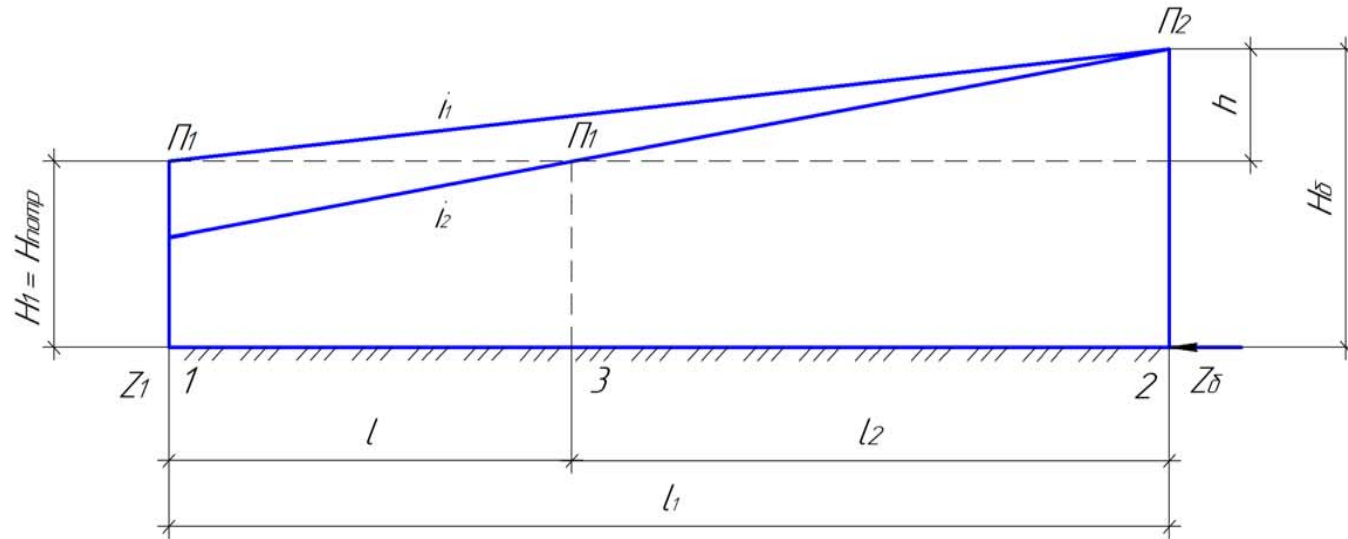


Рисунок 2.1 – Схема з дамбою на початку мережі, горизонтальною місцевістю і невизідною точкою в її кінці

Якщо невідповідний вузол буде між кінцевим і початковим вузлами (рис. 2.2), то зниження п'єзометричної лінії при збільшенні втрат напору приводить до переміщення невідповідного вузла у т. 4. Довжина зони недостатнього напору l_n при забудові будівлями з однаковою поверховістю буде визначатись виразом:

$$l_n = l_1 - l_2, \quad (2.4)$$

де l_1 – загальна довжина мережі від вузла підключення водоводів до невідповідного вузла;

l_2 – відстань від вузла живлення (т.2) до нового положення невідповідного вузла.

Величина l_2 визначається виразом (2.2).

Якщо мережа забезпечує місто з будівлями неоднакової поверховості, то в результаті падіння напорів на ділянці від т.1 до т.3 можуть появитись додаткові райони недостатніх напорів (рис. 2.3).

В цьому випадку справедливе співвідношення:

$$i_2 l_2' = i_1 l_1' + \Pi_1 - H'_{номр} - Z_1, \quad (2.5)$$

де Π_1 – п'єзометрична позначка в т.1 при нормальній роботі мережі;

Z_1 – абсолютна позначка місцевості в т.1.

Враховуючи, що:

$$i_2 l_2' = H_{\sigma} - H'_{номр}, \quad (2.6)$$

отримаємо:

$$l_2' = \frac{H_{\sigma} - H'_{номр}}{i_2}. \quad (2.7)$$

Тоді довжина зони недостатнього напору l_0 на ділянці від т.1 до т.3 буде рівною:

$$l' = l_1' - l_2', \quad (2.8)$$

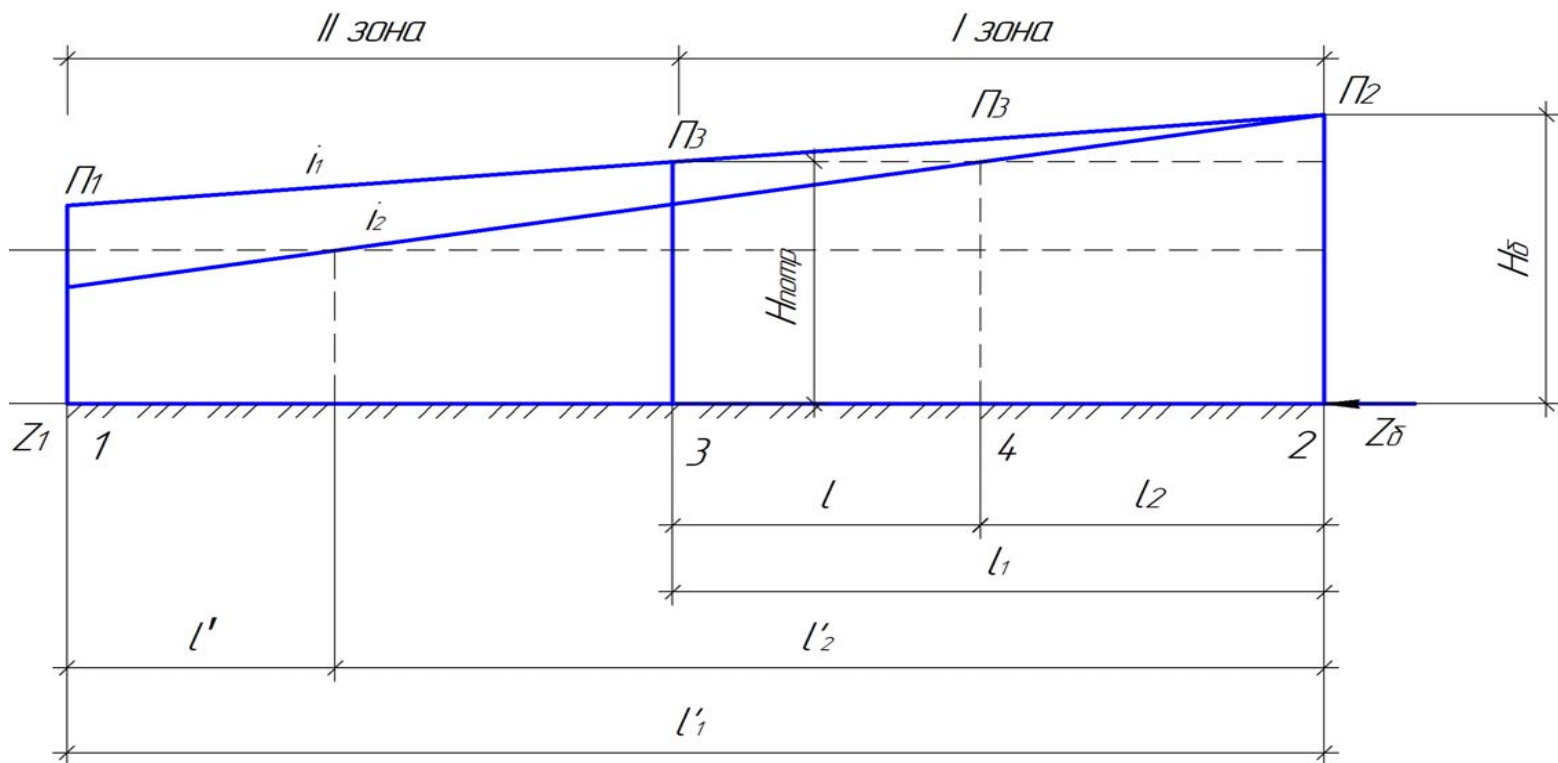


Рисунок 2.2. – Схема з баштою на початку мережі, горизонтальною місцевістю і невідгідною точкою в її середині

оммерческая версия)

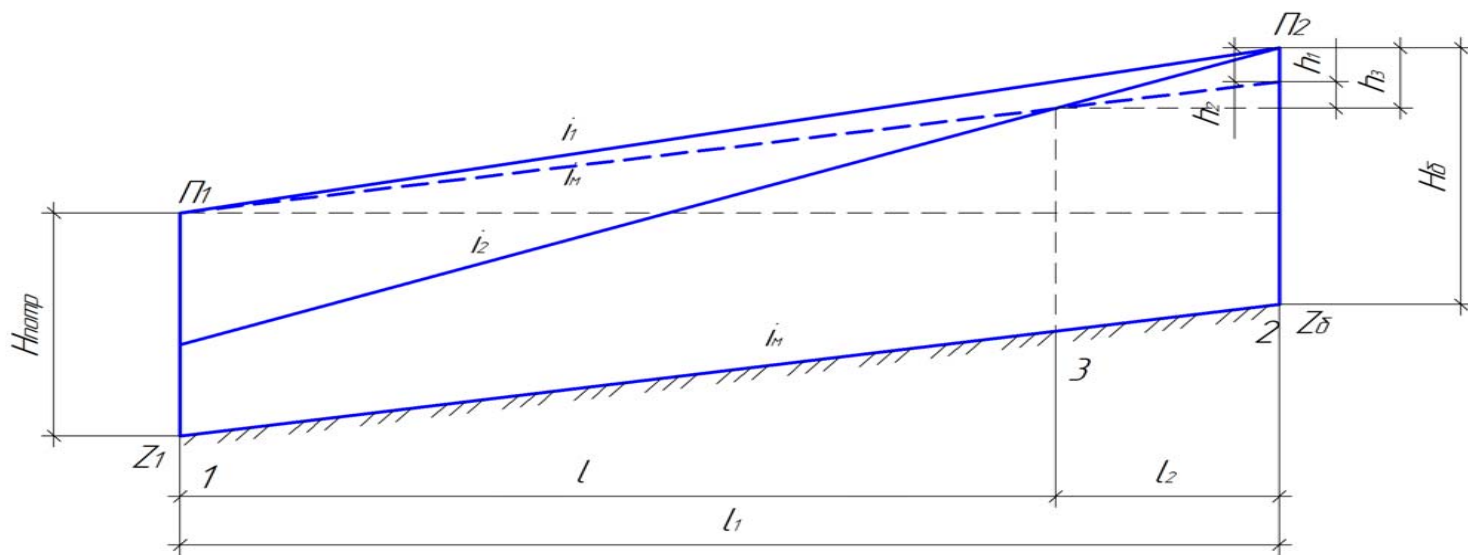


Рисунок 2.3. – Схема з дамбою на початку мережі, місцевість має ухил і невигідною точкою в її кінці

Загальна довжина районів з недостатнім тиском в цьому випадку:

$$l_0 = l + l' = l_1 \left(1 - \frac{i_1}{i_2} \right) + l_1' - \frac{H_2 - H'_{номр}}{i_2}, \quad (2.9)$$

де l_1 – відстань від невідного вузла в I зоні до вузла живлення;

l_1' – відстань від невідного вузла в II зоні до вузла живлення.

Із останнього виразу можна зробити висновок, що довжина зони недостатнього напору визначається гідравлічними характеристиками мережі В першому випадку, довжина району недостатнього напору визначається гідравлічними характеристиками мережі. Залежності між між втратами напору на різних ділянках можна виразити через рівняння:

$$\Delta h_1 = i_m l_2, \quad \Delta h_3 = i_2 l_2, \quad \Delta h_2 = \Delta h_3 - \Delta h_1 = \Pi_{\delta} - Z_{\delta} - H_{номр}, \quad (2.10)$$

де Π_{δ} – п'єзометрична позначка рівня води в башті;

Z_{δ} – абсолютна позначка поверхні землі в т.2;

Δh_1 – падіння місцевості на ділянці від т.2 до т.3;

Δh_3 – втрати напору в мережі на ділянці від нового положення невідного вузла (т.3) до вузла підключення водоводів до мережі (т.2).

Із співвідношення (2.5) маємо:

$$i_2 l_2 - i_m l_2 = \Pi_{\bar{o}} - Z_{\bar{o}} - H_{номр} \quad \text{або} \quad i_2 l_2 - i_m l_2 = H_{\bar{o}} - H_{номр}. \quad (2.11)$$

Звідки:

$$l_2 = \frac{\Pi_{\bar{o}} - Z_{\bar{o}} - H_{номр}}{i_2 - i_m} = \frac{H_{\bar{o}} - H_{номр}}{i_2 - i_m} \quad (2.12)$$

а довжина зони недостатнього напору буде рівною:

$$l = l_1 - l_2 = l_1 - \frac{H_{\bar{o}} - H_{номр}}{i_2 - i_m}. \quad (2.13)$$

При виконанні умови $i_m \geq i_l$, розташування невідного вузла в кінці мережі можливо тільки при забудові з неоднаковою поверховістю. При цьому довжина району недостатнього напору буде рівною відстані від т.1 до першого невідного вузла в зоні з забудовою з меншою поверховістю.

Якщо невідний вузол знаходиться в т.3 між т.1 і т.2 при $i_m < i_l$ (рис. 2.4), то умови переміщення положення невідного вузла характеризуються наступними особливостями:

- для району мережі, в якому напори визначаються початковим невідним вузлом, залежностями (2.4 – 2.7);
- для районів, в яких з'являються свої невідні вузли, додаткові до початкових, справедливі відношення:

$$i_2 l'_2 = H_{\bar{o}} - \Delta h_4, \quad \Delta h_4 = H'_{номр} - \Delta h_5, \quad (2.14)$$

$$\Delta h_5 = i_m l'_2, \quad i_2 l'_2 = H_{\bar{o}} - (H'_{номр} - i_m l'_2) \quad (2.15)$$

Отже маємо

$$l'_2 = \frac{H_{\bar{o}} - H'_{номр}}{i_2 - i_m}, \quad (2.16)$$

Виходить, що загальна довжина районів недостатнього напору буде:

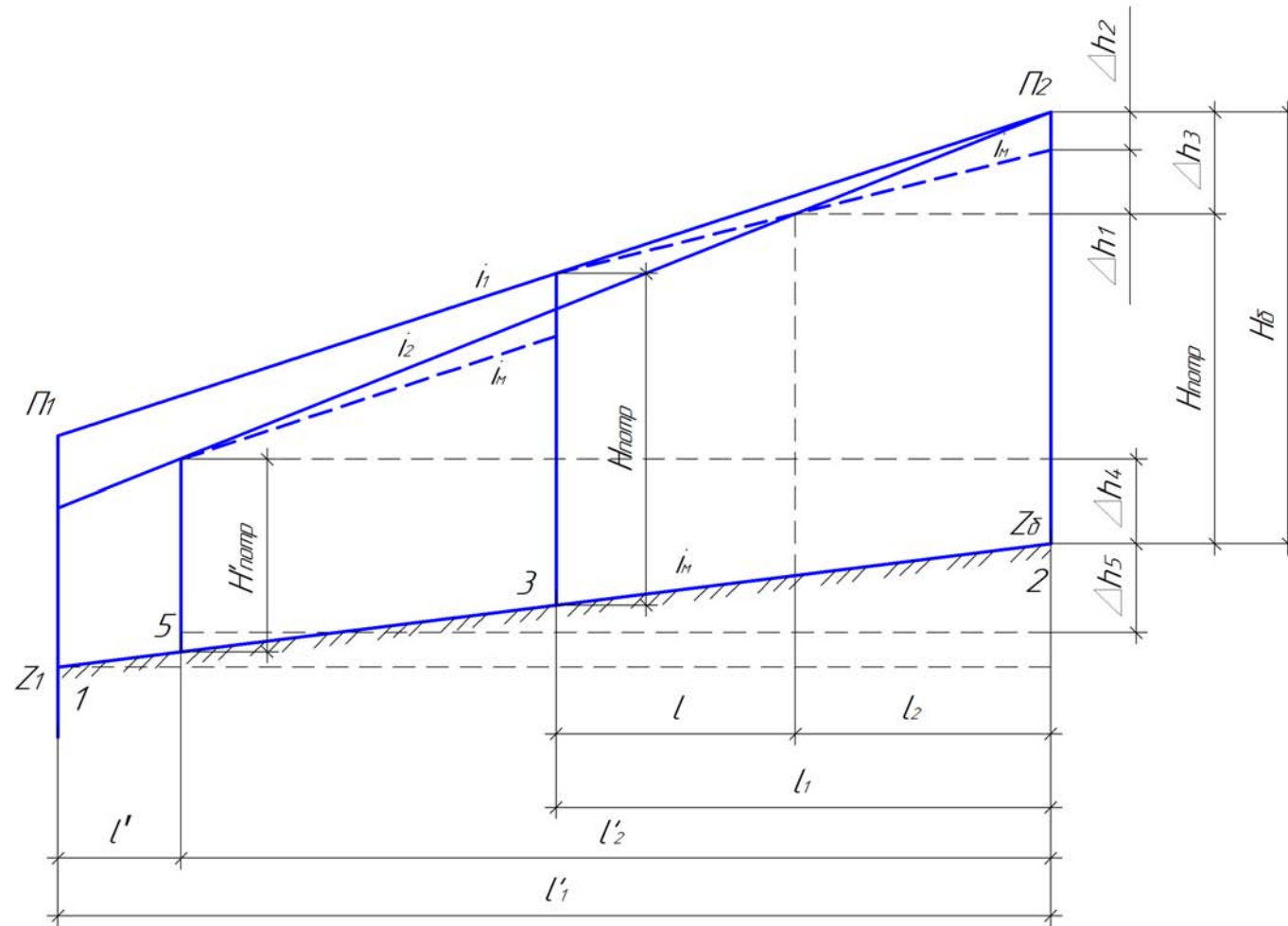


Рисунок 2.4 – Схема з баштою на початку мережі, місцевість має ухил і невигідною точкою в її середині

$$l_0 = l + l' = l_1 - \frac{H_{\delta} - H_{номп}}{i'_2 - i_m} + l'_1 - \frac{H_{\delta} - H_{номп}}{i_2 - i_m} . \quad (2.17)$$

В мережі з водонапірною баштою в кінці мережі невідгідний вузол в мережі знаходиться на межі зон живлення. Тому збільшення втрат напору в мережі призводить до утворення районів недостатнього напору також, як

правило, на межі зон живлення (рис. 2.5). Тоді в зоні живлення башти невідгідний вузол переміщується в т.4, а в зоні живлення насосної станції – в т.5.

Для зони живлення башти справедливі співвідношення:

$$\Delta h_1 = i_m l_2, \quad \Delta h_3 = i'_2 l_2, \quad \Delta h_1 = \Delta h_3 - \Delta h_2, \quad \Delta h_2 = H_{\delta} - H_{номп}, \quad (2.18)$$

$$\Delta h_1 = i'_2 l_2 - H_{\delta} + H_{номп}, \quad i_m l_2 = i'_2 l_2 - H_{\delta} + H_{номп}, \quad (2.19)$$

$$l_2 = \frac{H_{\delta} - H_{номп}}{i'_2 - i_m}, \quad (2.20)$$

де i'_1 – гідравлічний ухил в зоні живлення башти після збільшення опору в мережі;

l_2 – відстань від нового розташування невідгідної точки до башти;

$H_{номп}$ – потрібний напір в початковій невідгідній точці.

Довжину зони недостатнього напору в тій частині мережі, яка живиться від башти:

$$l = l_1 - l_2 = l_1 - \frac{H_{\delta} - H_{номп}}{i'_2 - i_m} . \quad (2.21)$$

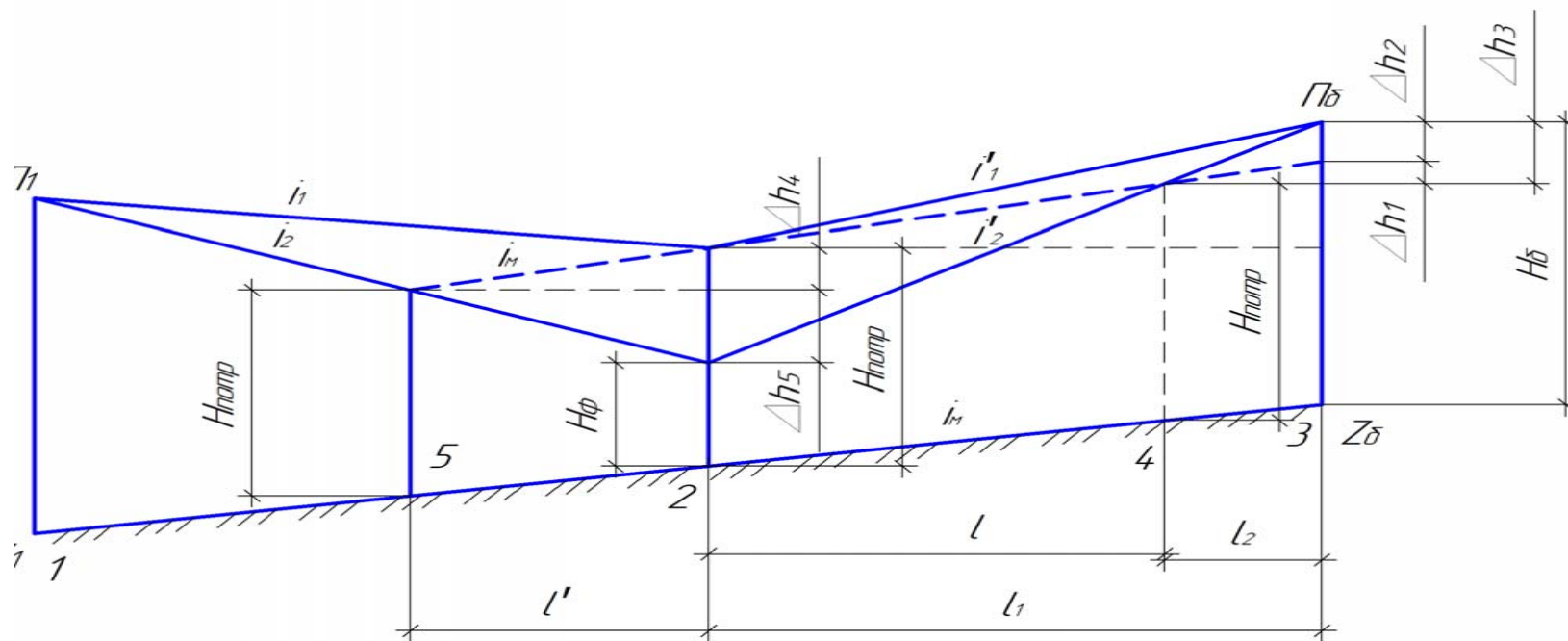


Рисунок 2.5. – Схема з баштою в кінці мережі, місцевість має ухил і невідгінною точкою в її середині

(некоммерческая версия)

Але в зоні живлення насосної станції недостатній напір буде спостерігатись на довжині l' (ділянка від т.2 до т.5) за рахунок того, що в бік насосної станції поверхня землі буде знижуватись з ухилом i_m . В цьому випадку між втратами напору і довжинами будуть справедливі співвідношення:

$$\Delta h_4 = i_m l' \quad ; \quad \Delta h_5 = i_2 l' \quad (2.22)$$

З іншого боку сумарна втрата напору при збільшенні опору мережі становить:

$$\Delta h_4 + \Delta h_5 = H_{номр} - H_{\phi} , \quad (2.23)$$

де $H_{номр}$, H_{ϕ} – відповідно потрібний і фактичний напори в початковому невідгідному вузлі.

Із співвідношень (2.23) і (2.22) отримаємо:

$$i_m l' + i_2 l' = H_{номр} - H_{\phi} .$$

$$(2.24)$$

Звідки:

$$l' = \frac{H_{номр} - H_{\phi}}{i_m + i_2} .$$

Загальна довжина зони недостатнього напору для схеми з контррезервуаром буде визначатись виразом:

$$l_0 = l + l' = l_1 - \frac{H_{\phi} - H_{номр}}{i_2 - i_m} + \frac{H_{номр} - H_{\phi}}{i_m + i_2} . \quad (2.25)$$

Результати аналізу впливу рельєфу місцевості на розміри зон недостатнього напору у водопровідній мережі:

- при горизонтальній місцевості розмір цих районів залежить лише від гідравлічних характеристик мережі;

- із збільшенням ухилу місцевості довжина районів недостатнього напору зменшується;
- при розташуванні невігідних вузлів в середині мережі в системах з баштою на її початку в залежності від характеру забудови можливе утворення декількох районів недостатнього напору;
- визначити розміри районів недостатнього напору можна за формулами (2.2), (2.3), (2.7), (2.8), (2.9), (2.12).

-

2.2. Методика дослідження

Для досягнення поставленої мети була використана наступна методика досліджень:

- вибір об'єкту дослідження – схеми водопровідної мережі із 9 контурів, 18 вузлів, 26 ділянок;
- гідравлічний розрахунок мережі за вибраною схемою та аналіз його результатів;
- розрахунок вихідної п'єзометричної карти;
- моделювання рельєфу шляхом зміни ухилу місцевості від 0 до 100% по напрямленню від вузла живлення до невігідного вузла мережі із кроком 20 %;
- моделювання зміни пропускної здатності ділянок шляхом зменшення діаметру на 40 %;
- гідравлічний розрахунок мережі для кожного варіанту моделювання рельєфу;
- аналіз розміщення та площі районів з недостатнім напором.

РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ВУЗЛОВИХ НАПОРІВ З УРАХУВАННЯМ ГЕОДЕЗІЇ МІСЦЕВОСТІ

3.1 Характеристика об'єкту дослідження

Для аналізу динаміки вузлових напорів з урахуванням рельєфу місцевості вибрано об'єкт дослідження – схему водопровідної мережі населеного пункту із двох районів (рис. 3.1). Поверховість будинків в першому районі – 9, в другому – 5. Ступінь благоустрою міста: внутрішній водопровід, каналізація, додатково для першого району – централізоване гаряче водопостачання, для другого району – ванни з місцевими водонагрівачами. В місті є 2 промислових підприємства, які знаходяться в обох районах. Витрати води на промислові потреби підприємства №1 – 2904 м³/доб, підприємства №2 – 2516 м³/доб.

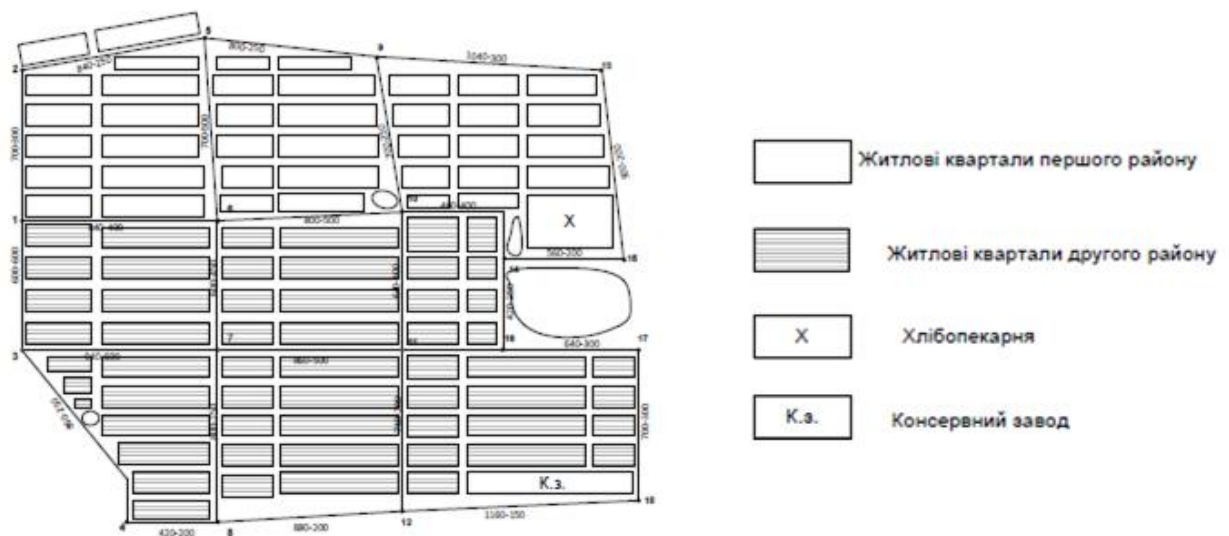


Рисунок 3.1 – Схема водопровідної мережі міста

Кількість населення в кожному районі міста визначено за формулою:

$$N_i = P_i \cdot F_i, \quad (3.1)$$

де P^i – густина населення, люд./га (за завданням)

F^i – площа i -го району міста, га (визначено за генпланом)

$$N_I = 525 \times 175,30 = 92020 \text{ чол.}$$

$$N_{II} = 794 \times 222,16 = 182615 \text{ чол.}$$

Витрати води на господарсько – питні потреби міста, поливку вулиць та зелених насаджень складають: для I району – 41869 м³/доб, для II району – 54601 м³/доб. Загальна добова витрата води містом – 96470 м³/доб.

3.2 Аналіз результатів гідравлічного розрахунку

Схема водопровідної мережі є кільцевою із 9 контурів, 18 вузлів та 26 ділянок, з водонапірною баштою на початку мережі і невідгінним вузлом в кінці мережі – вузол 15. Перед розрахунком виконано початковий поточкорозподіл для режиму максимального водоспоживання із забезпеченням умови:

$$\sum q_{i-k} - Q_{\text{вуз.}} = 0, \quad (3.2)$$

де $\sum q_{i-k}$ – алгебраїчна сума витрат води на ділянках, які відносяться до даного вузла;

$Q_{\text{вуз.}}$ – відбір води з вузла, який розглядається.

Результати початкового поточкорозподілу приведені на графіку рис. 3.2.

Для визначення дійсного поточкорозподілу по ділянкам мережі було виконано гідравлічну ув'язку за програмою Gidrast. При цьому враховувалася умова другого закону Кірхгофа:

$$\sum h_{i-k} = 0, \quad (3.3)$$

де h_{i-k} – втрата напору в лініях, які утворюють контур.

Результати розрахунків приведені в табл. 3.1 та на графіку рис. 3.3.

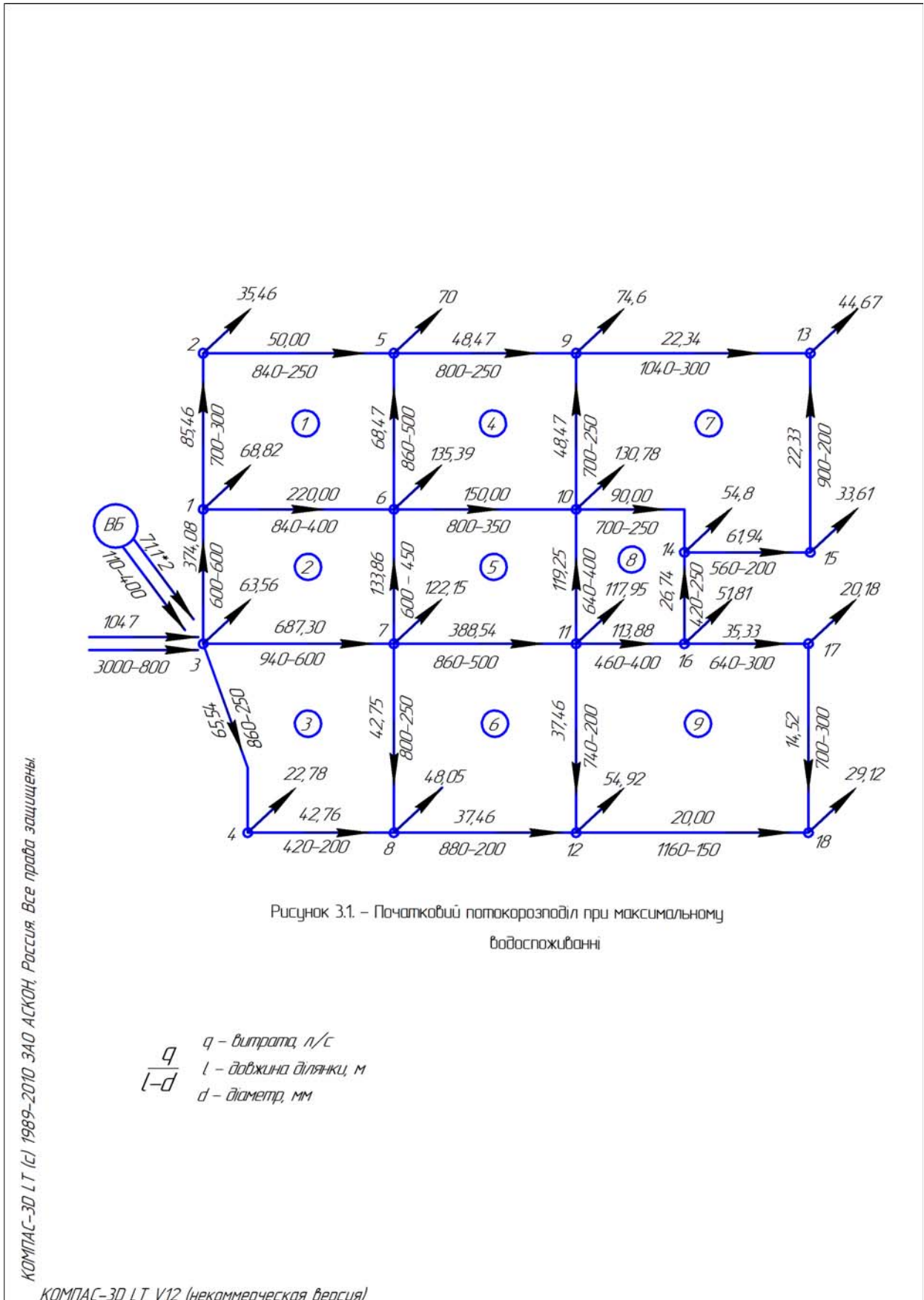


Рисунок 3.1. – Початковий потікорозподіл при максимальному водоспоживанні

Рисунгок 3.2– Початковий потікорозподіл при максимальному водоспоживанні

Таблиця 3.1. – Результат гідравлічного розрахунку водопровідної мережі на ЕОМ при максимальному водорозборі (на початку розрахунків)

Номер ділянки	Код ділянки	Діаметр труби, мм	Довжина ділянки, м	Витрата води, л/с	Швидкість води, м/с	Втрати напору, м
1	0 – 1	250	840	49,34	1,01	5,66
2	0 – 4	250	800	70,05	1,43	10,57
3	0 – 7	300	1040	36,82	0,52	1,65
4	0 – 1	300	700	84,80	1,20	5,18
5	1 – 4	500	860	90,71	0,46	0,57
6	4 – 7	250	700	41,38	0,84	3,40
7	0 – 7	200	900	36,81	1,17	10,80
8	1 – 2	400	840	234,20	1,86	10,28
9	4 – 5	350	800	146,17	1,52	7,74
10	7 – 8	250	700	49,67	1,01	4,78
11	7 – 0	200	560	47,46	1,51	11,08
12	0 – 2	600	600	387,62	1,37	2,34
13	2 – 5	450	600	138,07	0,87	1,43
14	5 – 8	400	640	75,66	0,60	0,91
15	8 – 0	250	420	52,59	1,07	3,19
16	2 – 3	600	940	676,46	2,39	11,19
17	5 – 6	500	860	374,93	1,91	8,26
18	8 – 9	400	460	156,16	1,24	2,50
19	0 – 9	300	640	51,76	0,73	1,89
20	3 – 0	250	860	62,84	1,28	9,15
21	6 – 3	250	800	41,32	0,84	3,88
22	9 – 6	200	740	25,16	0,80	4,38

23	0 – 9	300	700	30,95	0,44	0,81
24	3 – 0	200	420	40,06	1,28	5,92
25	6 – 0	200	880	33,33	1,06	8,77
26	9 – 0	150	1160	3,57	0,20	0,84

В роботі виконано моделювання зміни опорів ділянок мережі на 15%, для цього випадку також був виконаний гідравлічний розрахунок мережі, результати якого приведені в табл.3.2 та на схемі рис. 3.3.

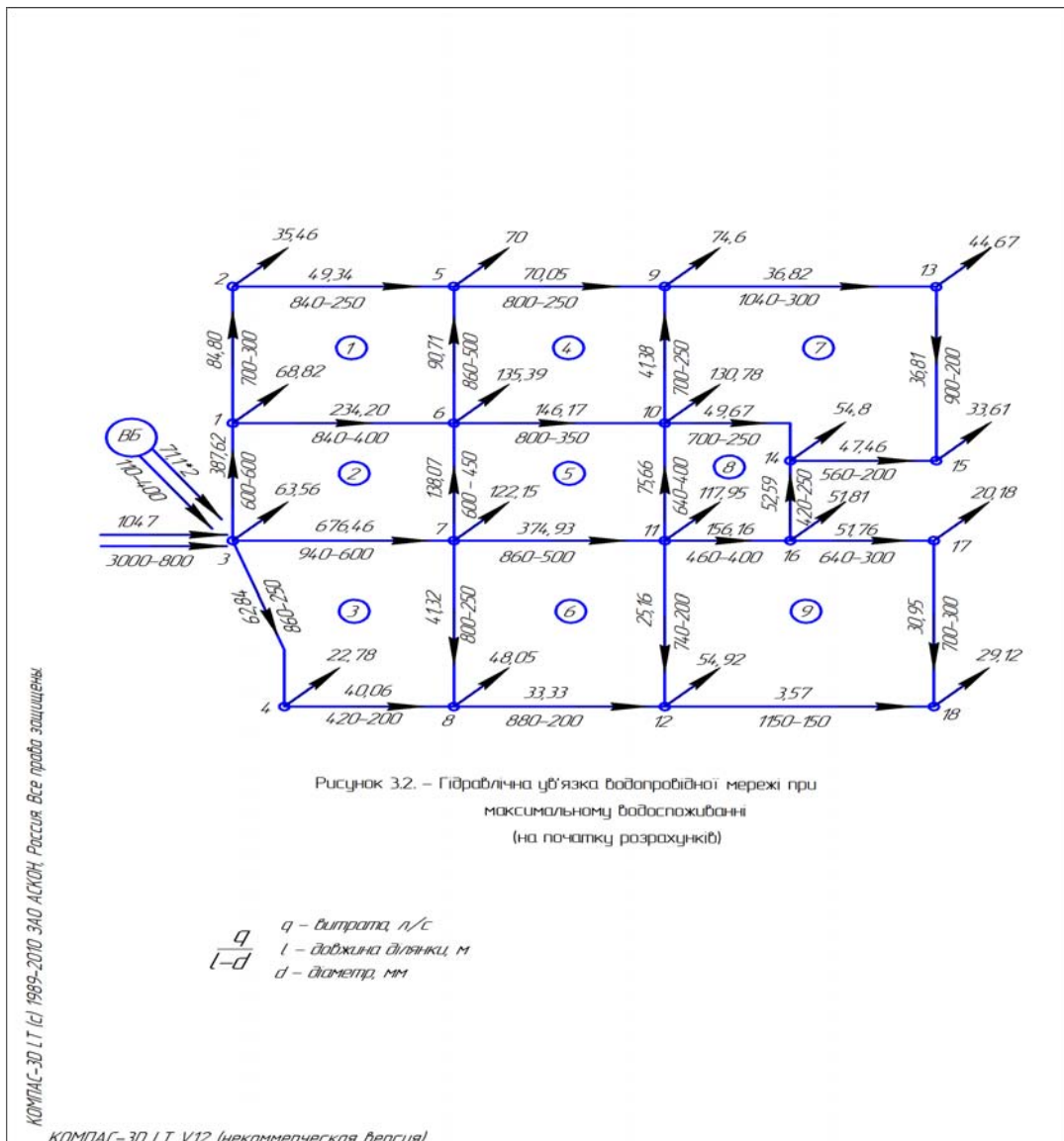


Рисунок 3.3. – Результати гідравлічного розрахунку мережі

Таблиця 3.2. – Результат гідравлічного розрахунку водопровідної мережі на ЕОМ при збільшенні опорів окремих ділянок

Номер ділянки	Код ділянки	Діаметр труби, мм	Довжина ділянки, м	Витрата води, л/с	Швидкість води, м/с	Втрати напору, м
1	2	3	4	5	6	7
1	0 – 1	250	840	56,88	1,16	7,38
2	0 – 4	250	800	82,56	1,68	14,68
3	0 – 7	300	1040	38,89	0,55	1,83
4	0 – 1	300	700	92,34	1,31	6,12
5	1 – 4	500	860	95,68	0,49	0,62
6	4 – 7	250	700	30,94	0,63	1,99
7	0 – 7	200	900	38,88	1,24	11,96
8	1 – 2	400	840	184,04	1,91	12,88
9	4 – 5	350	800	127,47	1,80	13,32
10	7 – 8	250	700	54,33	1,11	5,65
11	7 – 0	200	560	45,39	1,44	10,14
12	0 – 2	600	600	345,00	1,22	1,86
13	2 – 5	450	600	174,49	1,10	2,22
14	5 – 8	400	640	88,58	0,70	1,22
15	8 – 0	250	420	45,86	0,93	2,47
16	2 – 3	600	940	715,62	2,53	12,52
17	5 – 6	500	860	373,43	2,35	14,33
18	8 – 9	400	460	145,25	1,51	4,39
19	0 – 9	300	640	47,58	0,67	1,62
20	3 – 0	250	860	66,30	1,35	10,18
21	6 – 3	250	800	45,55	0,93	4,65
22	9 – 6	200	740	21,65	0,69	3,32

1	2	3	4	5	6	7
23	0 – 9	300	700	26,77	0,38	0,63
24	3 – 0	200	420	43,52	1,39	6,99
25	6 – 0	200	880	41,01	1,31	13,01
26	9 – 0	150	1160	7,75	0,44	3,33

3.3. Розрахунок п'єзометричної карти водопровідної мережі

Починаючи з невідного вузла (вузол 15 рис. 3.3) визначені необхідні п'єзометричні позначки у всіх вузлах мережі та вільні напори в них,

$$H_{\text{вільн.необх.н.т.}} = 6 + 4n, \quad (3.4)$$

де n – кількість поверхів у будівлях району, де знаходиться невідний вузол.

$$H_{\text{вільн.необх.і.}} = 6 + 4 \cdot 9 = 42 \text{ м.}$$

Послідовно з врахуванням суміжних вузлів визначені п'єзометричні позначки в них за формулою:

$$P_i = P_e \pm h_{i-e}, \quad (3.5)$$

де P_e – п'єзометрична позначка вузла, відносно якого визначається позначка суміжного i -го вузла;

P_i – п'єзометрична позначка i -го вузла, суміжного з вузлом, у якого така позначка визначена;

h_{i-e} – втрати напору на ділянці i -в.

Знак “+” чи “-” приймаються з урахуванням напрямку руху води.

Визначаємо вільні напори в усіх вузлах:

$$H_{ei} = P_i - z_i, \quad (3.6)$$

де z_i – абсолютна позначка землі в i -й точці.

На початку розрахунків п'єзометричні позначки і втрати у вузлах визначені для режиму максимального водорозбору.

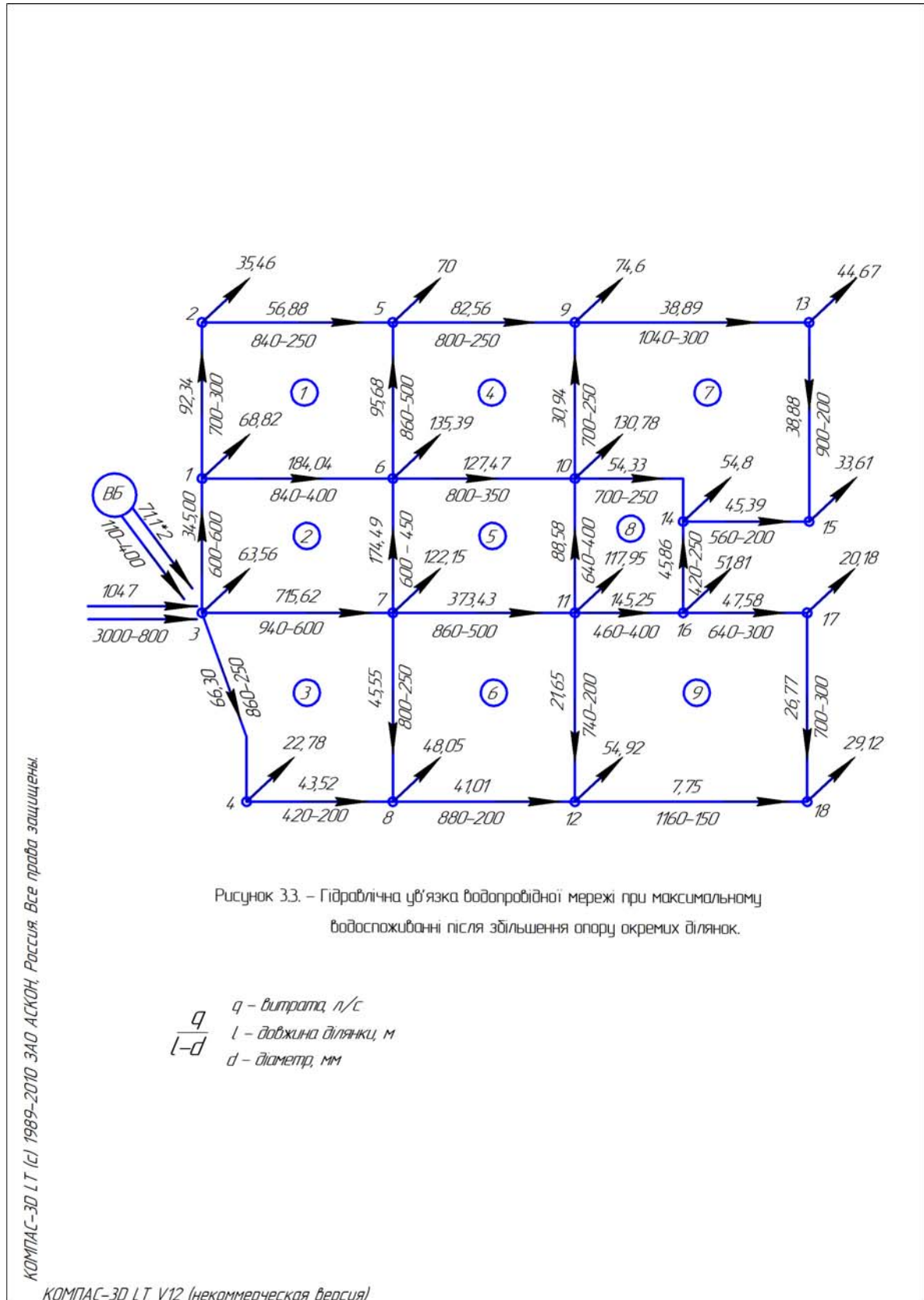


Рисунок 3.3. – Результати гідравлічного розрахунку мережі
після збільшення опору ділянок

Враховуючи, що насосна станція працює в одному режимі, а втрати напору у мережі збільшені, як видно із табл. 3.2, тому необхідно проаналізувати відображення цих змін на якості водоспоживання. Тому перераховуємо п'єзометричні позначки і втрати у вузлах за тією ж методикою, що описана раніше, але розрахунок починаємо не з невідного вузла, а з точки підключення водоводів до мережі – т. 3 на рисунку 3.6, тому що п'єзометрична позначка в цьому вузлі залишиться незмінною. З розрахунків видно, що в невідному вузлі – вузол 15 буде недолік потрібного напору на 7,65 м, також і в сусідніх вузлах: вузол 13 на 1,69 м, вузол 9 – 5,89 м, вузол 14 – 4,51 м, вузол 10 – 6,86 м. За отриманими даними п'єзометричних позначок і втратах у вузлах будемо п'єзометричні лінії для ділянок 3–1–2–5–9–13–15 і 3–1–6–10–14–15, на яких опори були збільшені, результати приведені на рис. 3.5 , 3.6. З рисунків видно, що утвориться зона недостатнього напору, графічним способом знаходимо її довжині та площі. На магістралі 3–1–2–5–9–13–15 утвориться ділянка довжиною $l_n^I = 2\ 400$ м, яка залишиться без води і на магістралі 3–1–6–10–14–15 утвориться ділянка довжиною $l_n^{II} = 1\ 600$ м.

Для порівняння довжин ділянок, що залишаться без води визначимо їх довжину за формулою 2.7:

а) для магістралі I – 3–1–2–5–9–13–15:

$$l_n^I = 4990 - \frac{46,88 - 42}{0,008 - 0,0061} = 2422 \text{ м.}$$

б) для магістралі II – 3–1–6–10–14–15:

$$l_n^{II} = 3610 - \frac{46,88 - 42}{0,011 - 0,0086} = 1577 \text{ м.}$$

Загальну площу зони недостатнього напору визначаємо графічним способом (рис. 3.7) після нанесення довжин недостатніх напорів на план міста по рис. 3.6 $S_0 = 105,5$ га, за формулою 3.1 визначаємо кількість населення, що залишиться без води:

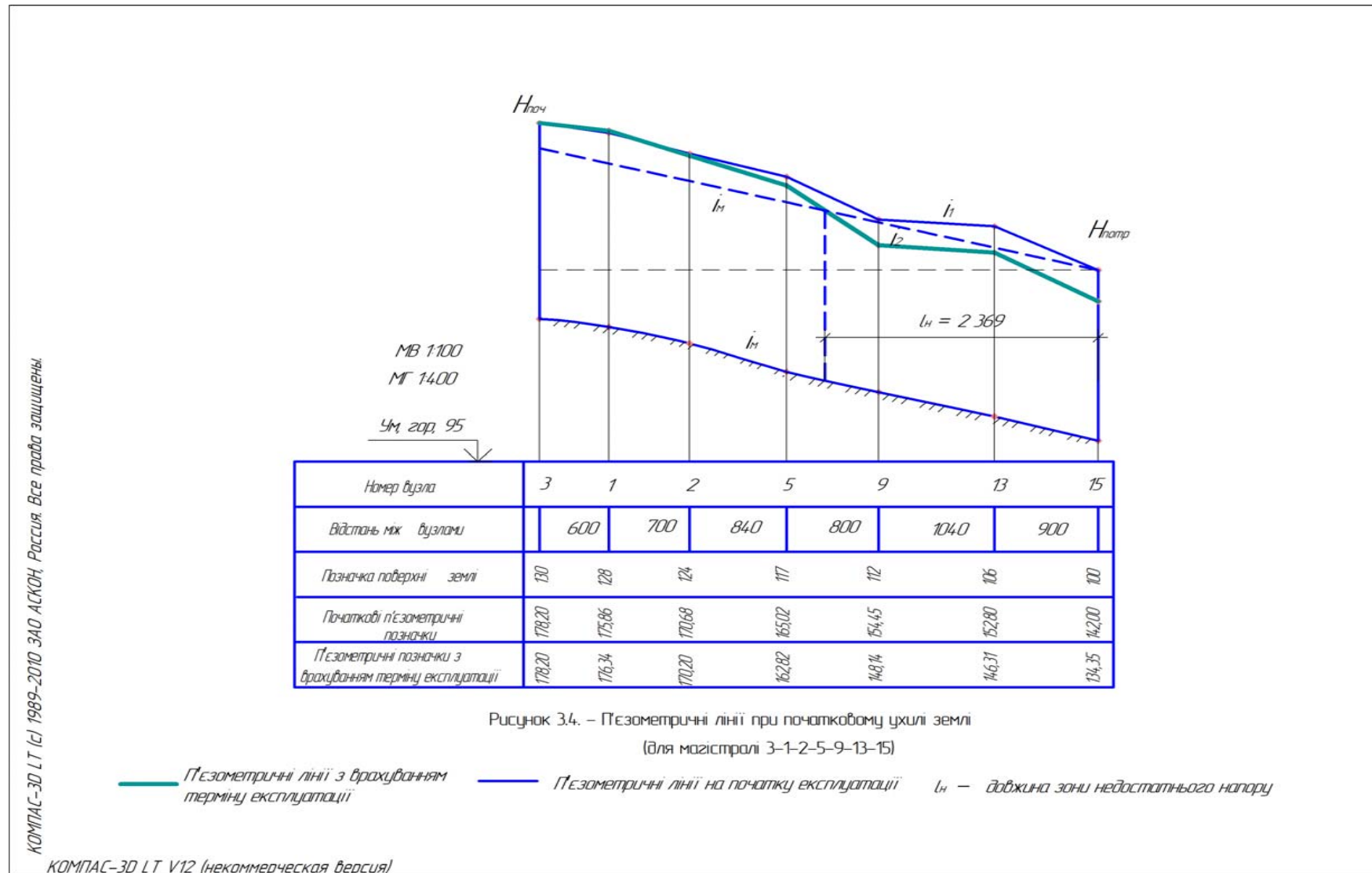


Рисунок 3.5 – П'єзометричні лінії для магістралі 3-1-2-5-9-13-15 (для початкового ухилу землі)

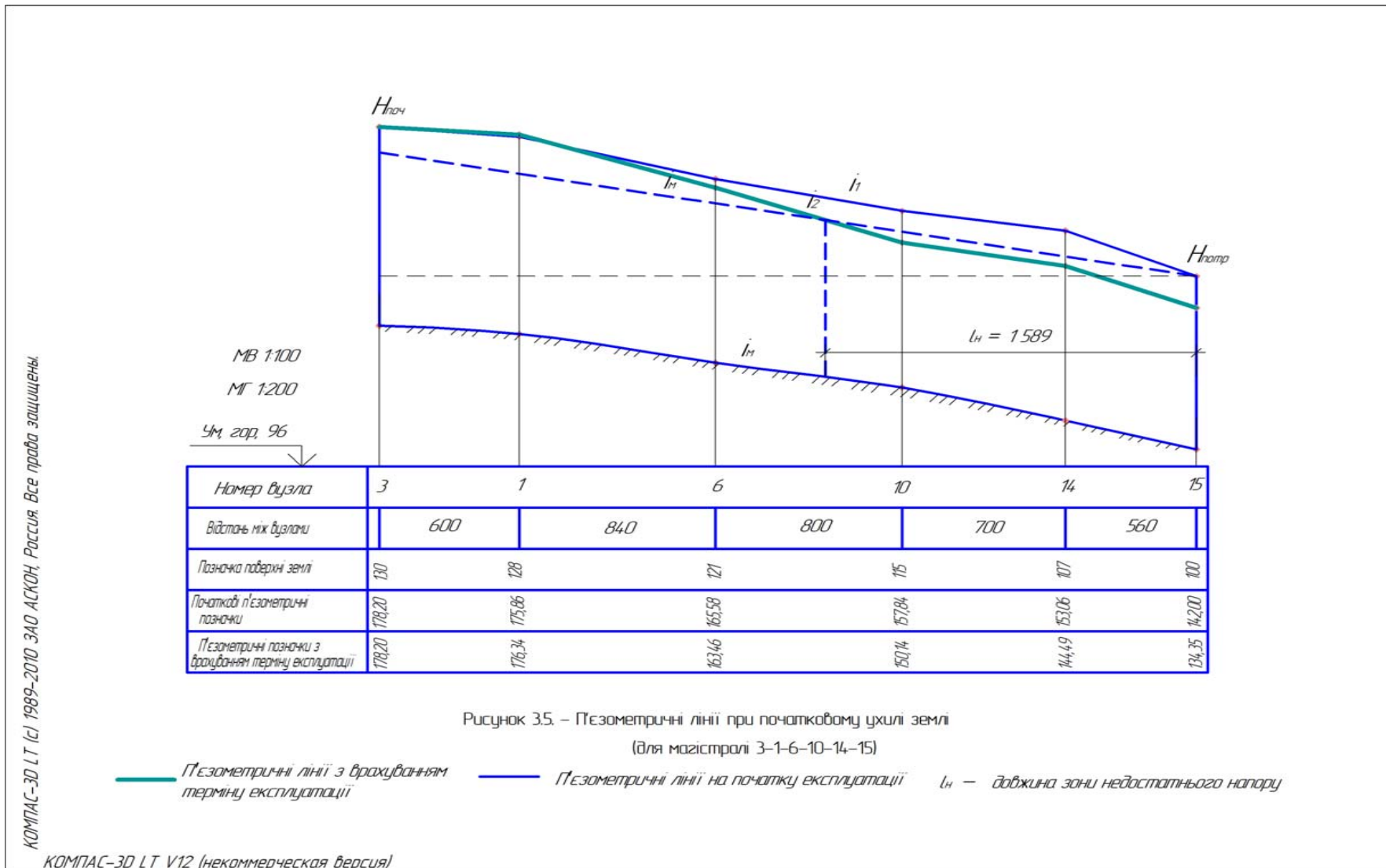


Рисунок 3.6 – П'єзометричні лінії для магістралі 3-1-6-10-14-15 (для початкового ухилу землі)

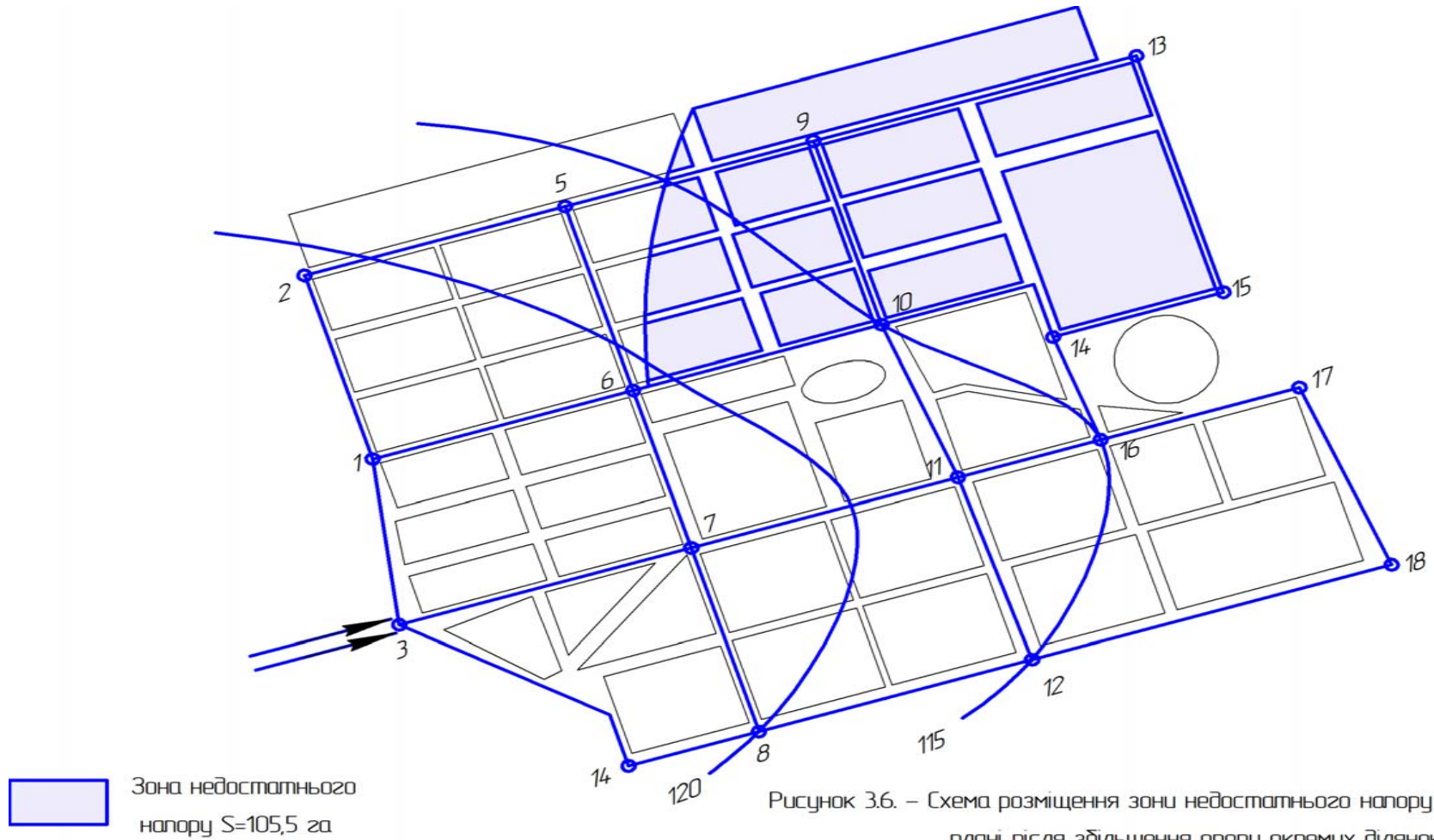


Рисунок 3.6. – Схема розміщення зони недостатнього напору на плані після збільшення опору окремих ділянок

Рисунок 3.7 схема розміщення району з недостатнім напором після збільшення опору ділянок (ухил рельєфу не змінено)

$$N_0 = 105,5 \cdot 525 = 55\,400 \text{ чол.}$$

В цілому мешканці міста недоотримають 19 400 м³/доб води.

3.4 Аналіз динаміки вузлових напорів з урахуванням геодезії місцевості

Для аналізу динаміки вузлових напорів з урахуванням геодезії місцевості промодельовано зміну початкового ухилу місцевості до нульового (рівнина). Направлення зміни ухилу місцевості - від точки підключення водоводів до мережі до невивідної точки, крок зміни ухилу $\Delta i = 20\%$. При відомих п'єзометричних позначках рельєфу місцевості визначені уточнені вільні напори у вузлах (додаток А). За розрахунковими даними накреслені п'єзометричні лінії для ділянок 3-1-2-5-9-13-15 і 3-1-6-10-14-15 (додаток Б), кінцеві результати показані на рис. 3.8. Виконуємо розрахунок площі зон недостатніх напорів та кількості мешканців, які залишаться без води.

За результатами розрахунків:

а) При зменшенні ухилу рельєфу місцевості на 20% довжин ділянок, що залишаться без води за графічним методом: $l'_{n,1} = 2\,600$ м $l''_{n,1} = 1\,900$ м, розрахунковим:

1) для магістралі I – 3-1-2-5-9-13-15:

$$l'_{n,1} = 4990 - \frac{46,88 - 42}{0,008 - 0,0049} = 3416 \text{ м.}$$

2) для магістралі II – 3-1-6-10-14-15:

$$l''_{n,1} = 3610 - \frac{46,88 - 42}{0,011 - 0,0068} = 2448 \text{ м.}$$

Площа зони недостатнього напору складе $S_I = 114$ га (рис. 3.9), кількість населення, що залишиться без води:

$$N_1 = 114 \cdot 525 = 59\,900 \text{ чол.}$$

В цілому мешканці міста недоотримають 20 944 м³/доб води.

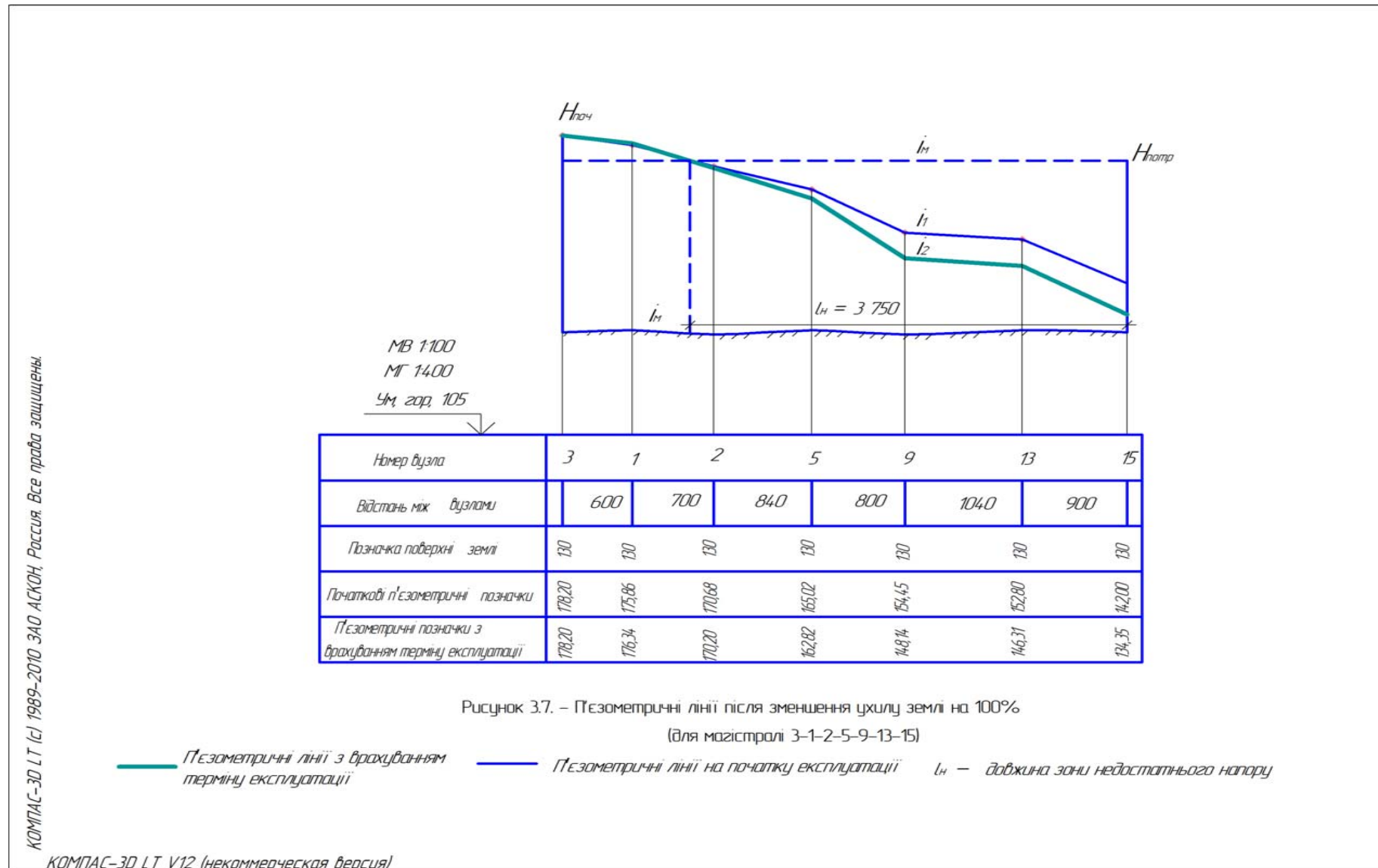


Рисунок 3.8 – П'єзометричні лінії для магістралі 3-1-2-5-9-13 (абсолютно плоский рельєф)

На рис. 3.9 показано схему утворення району з недостатнім напором.

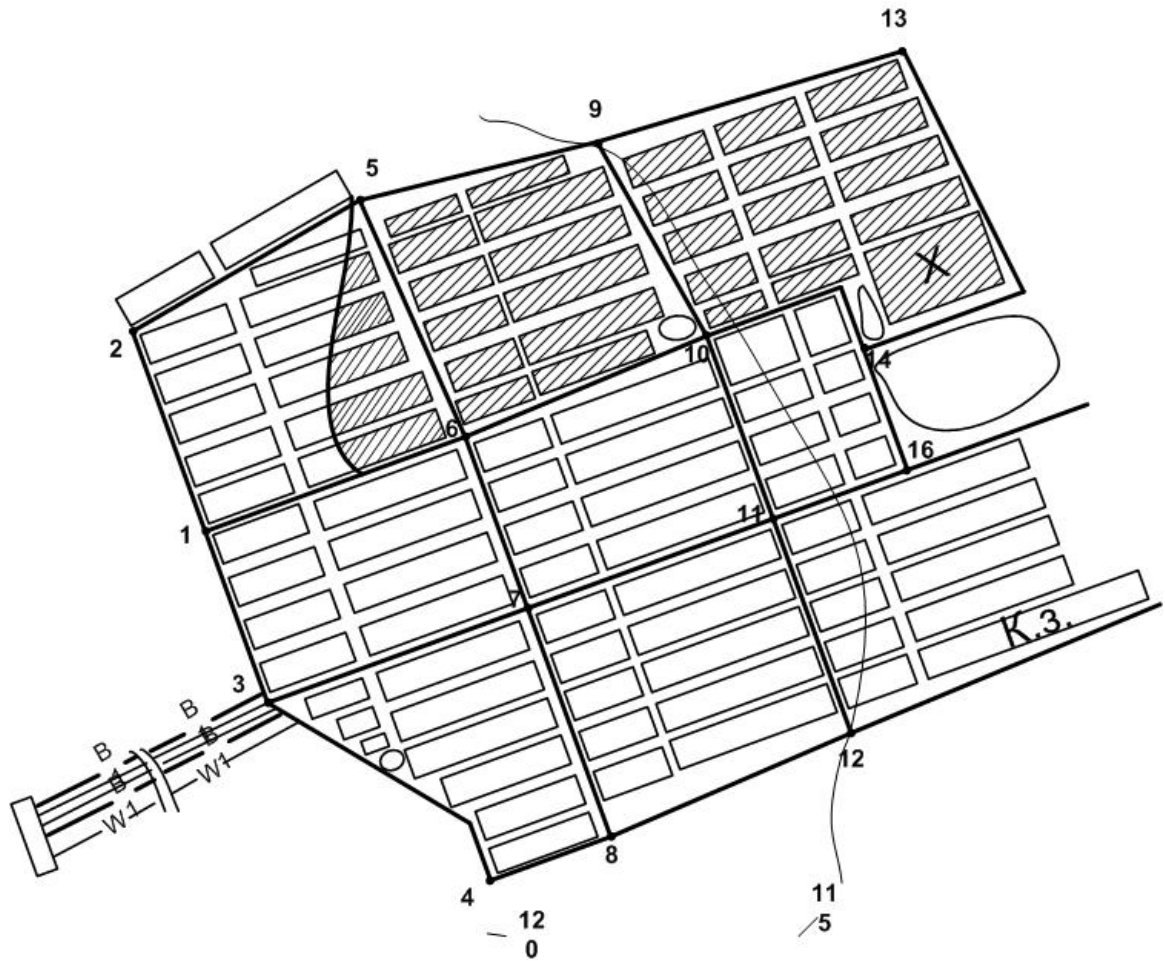


Рисунок 3.9 – Площадний графік району з недостатнім напором
(геодезичний ухил зменшено на 20%)

б) При зменшенні геодезичного ухилу місцевості на 40% довжин ділянок, що залишаться без води за графічним методом: $l'_{n,2} = 2\ 946$ м $l''_{n,2} = 2\ 172$ м, розрахунковим:

1) для магістралі I – 3–1–2–5–9–13–15:

$$l'_{n,2} = 4990 - \frac{46,88 - 42}{0,008 - 0,0037} = 3855 \text{ м.}$$

2) для магістралі II – 3–1–6–10–14–15:

$$l''_2 = 3610 - \frac{46,88 - 42}{0,011 - 0,0051} = 2783 \text{ м.}$$

Тоді площа зони недостатнього напору складе $S_2 = 129,8$ га(рис. 3.10), кількість населення, що залишиться без води:

$$N_2 = 129,8 \cdot 525 = 68\,145 \text{ чол.}$$

В цілому мешканці міста недоотримають $23\,851 \text{ м}^3/\text{доб}$ води.

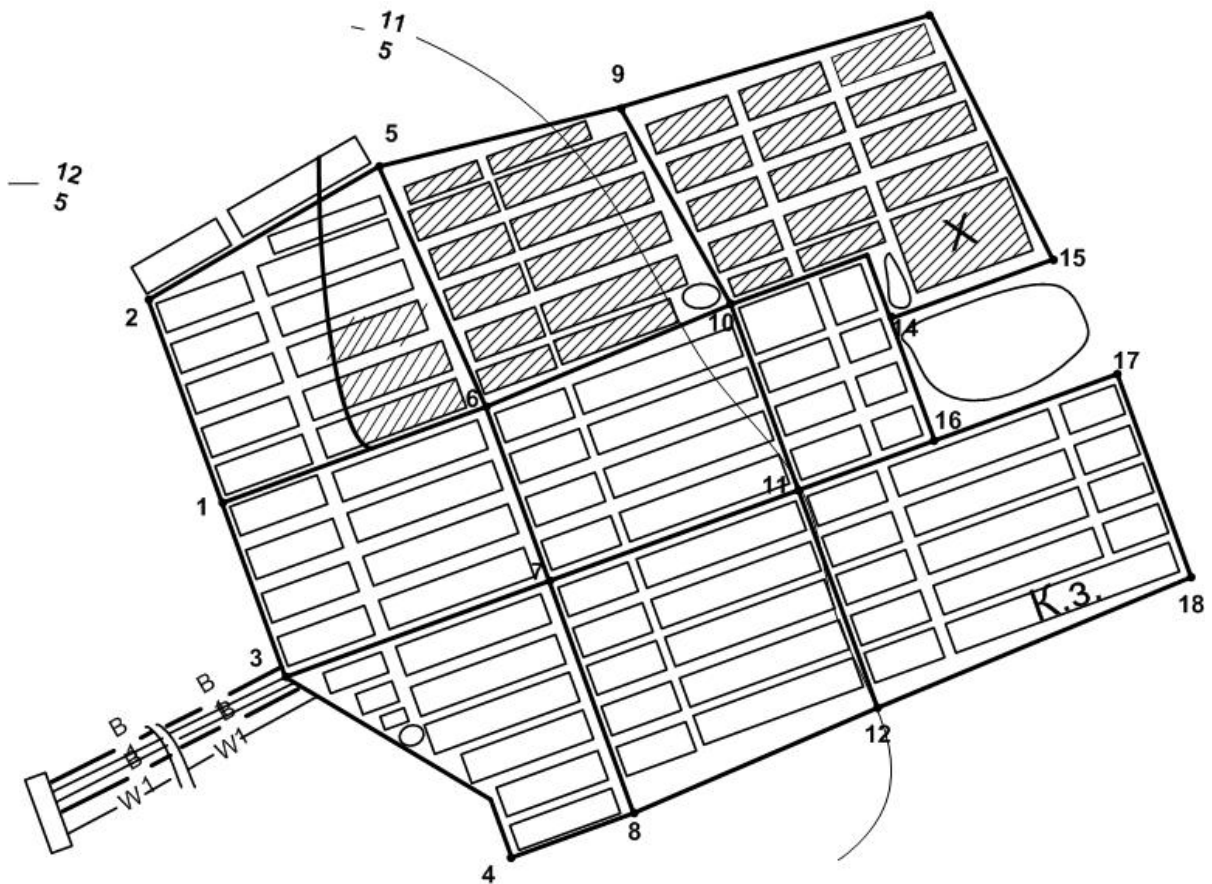


Рисунок 3.10 – Площадний графік району з недостатнім напором
(геодезичний ухил зменшено на 40%)

в) При зменшенні ухилу рельєфу місцевості на 60% довжин ділянок, що залишаться без води за графічним методом: $l'_{н,3} = 3\,320 \text{ м}$ $l''_{н,3} = 2\,362 \text{ м}$, розрахунковим:

1) для магістралі I – 3–1–2–5–9–13–15:

$$l'_{н,3} = 4990 - \frac{46,88 - 42}{0,008 - 0,0025} = 4103 \text{ м.}$$

2) для магістралі II – 3–1–6–10–14–15:

$$l_{n,3}^{II} = 3610 - \frac{46,88 - 42}{0,011 - 0,0034} = 2968 \text{ м.}$$

За результатами розрахунків площа зони недостатнього напору буде $S_3 = 136,9$ га (рис. 3.11), кількість населення, що відчуватиме недолік подачі води:

$$N_3 = 136,9 \cdot 525 = 71\,873 \text{ чол.}$$

В цілому мешканці міста недоотримають $25\,156 \text{ м}^3/\text{доб}$ води.

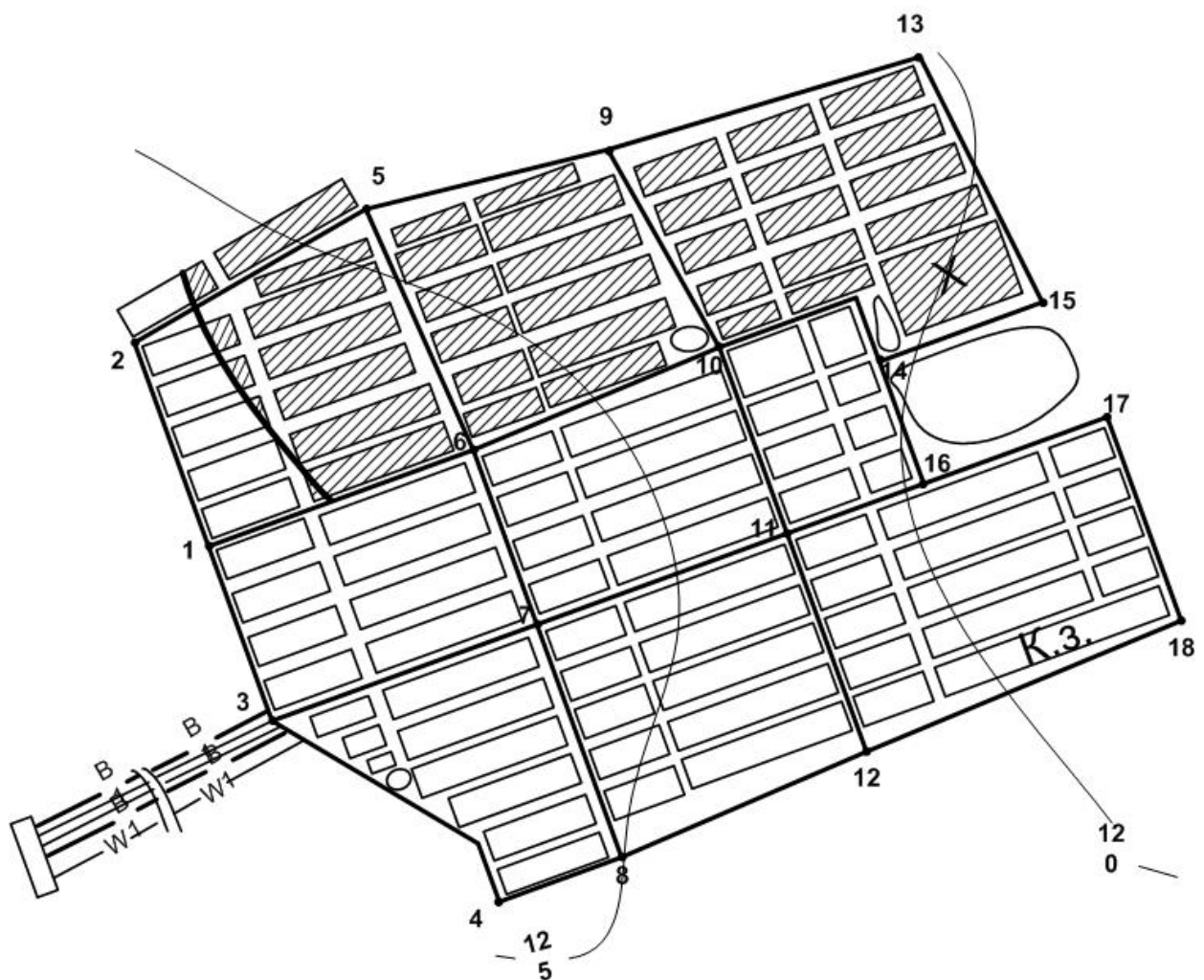


Рисунок 3.11 – Площадний графік району з недостатнім напором
(геодезичний ухил зменшено на 60%)

г) При зменшенні ухилу рельєфу місцевості на 80% довжин ділянок, що залишаться без води за графічним методом: $l'_{н,4} = 3\ 570$ м $l''_{н,4} = 2\ 500$ м, розрахунковим:

1) для магістралі I – 3–1–2–5–9–13–15:

$$l'_{н,4} = 4990 - \frac{46,88 - 42}{0,008 - 0,0012} = 4272 \text{ м.}$$

2) для магістралі II – 3–1–6–10–14–15:

$$l''_{н,4} = 3610 - \frac{46,88 - 42}{0,011 - 0,0017} = 3085 \text{ м.}$$

Тоді площа зони недостатнього напору буде складати $S_4 = 251,5$ га(рис. 3.12), кількість населення, що залишиться без води:

$$N_4 = 170,2 \cdot 525 + 81,32 \cdot 794 = 153\ 907 \text{ чол.}$$

В цілому мешканці міста недоотримають $46\ 121$ м³/доб води.

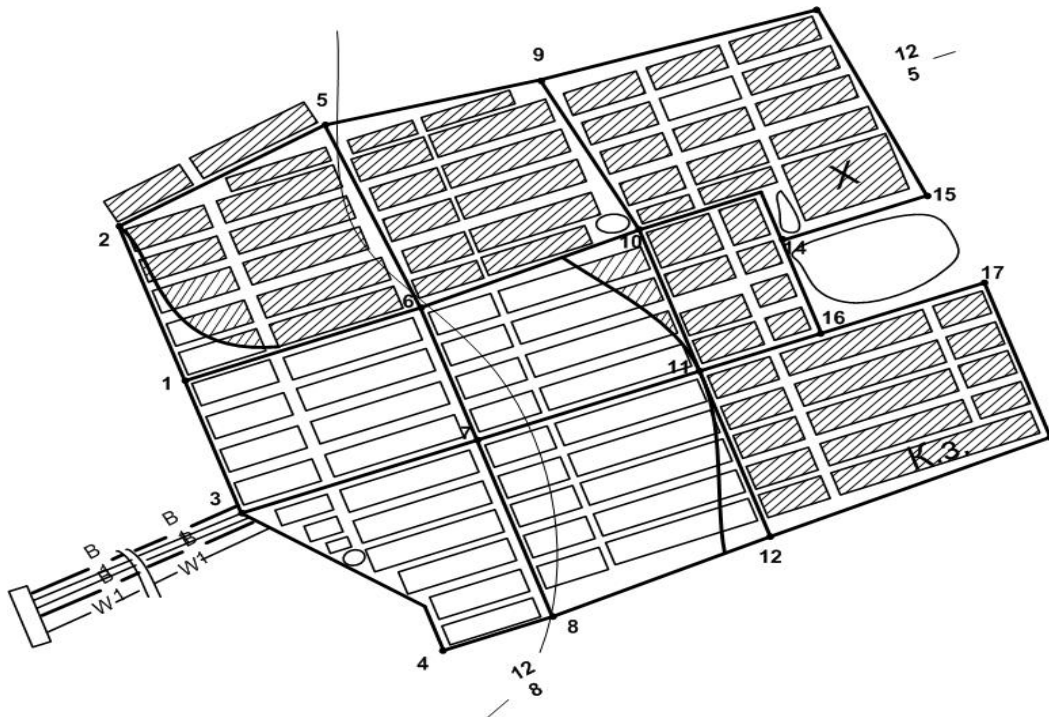


Рисунок 3.12 – Площадний графік району з недостатнім напором
(геодезичний ухил зменшено на 80%)

д) При зменшенні ухилу рельєфу місцевості на 100% довжин ділянок, що залишаться без води за графічним методом: $l'_{н,5} = 3750$ м $l''_{н,1} = 2\ 617$ м, розрахунковим:

1) для магістралі I – 3–1–2–5–9–13–15:

$$l'_{н,5} = 4990 - \frac{46,88 - 42}{0,008 - 0,0000} = 4380 \text{ м.}$$

2) для магістралі II – 3–1–6–10–14–15:

$$l''_{н,5} = 3610 - \frac{46,88 - 42}{0,011 - 0,0000} = 3166 \text{ м.}$$

Площа зони недостатнього напору буде дорівнювати $S_5 = 263,5$ га(рис. 3.13), кількість населення, що залишиться без води:

$$N_5 = 170,2 \cdot 525 + 93,3 \cdot 794 = 163\ 435 \text{ чол.}$$

В цілому мешканці міста недоотримають $48\ 313$ м³/доб води.

Відмінність у розрахунках довжин ділянок районів недостатнього напору при використанні графічного методу і формул виникає внаслідок нерівномірної зміни ухилу рельєфу на окремих ділянках магістралей.

За результатами аналізу динаміки напорів з урахуванням геодезії місцевості 3 можна зробити висновок, що чим менший ухил місцевості, тим більший район недостатнього напору і тим більша кількість мешканців залишиться без води.

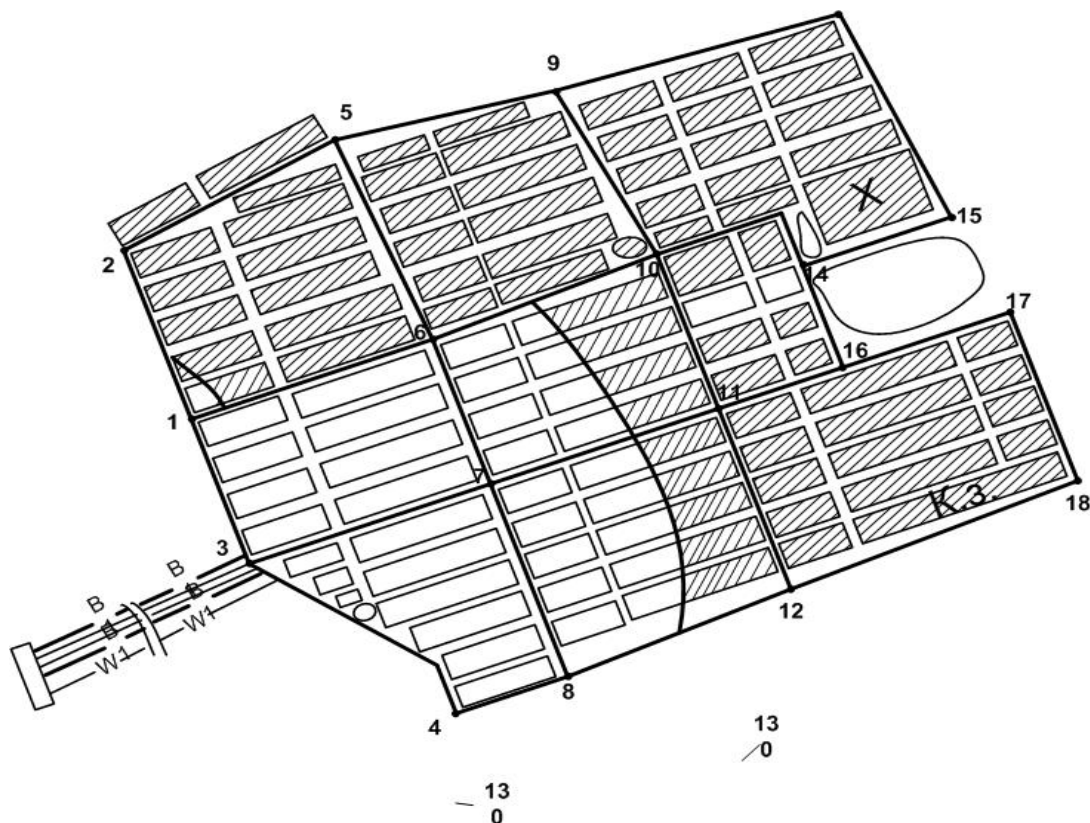


Рисунок 3.13 – Площадний графік району з недостатнім напором
(геодезичний ухил зменшено на 100%)

3.5 Вибір насосного обладнання

Водозабезпечення населення здійснює водопровідна насосна станція другого підйому з першою категорією надійності, на момент початку експлуатації на ній встановлено 3 робочі і 2 резервні насоси марки Д 500–65. Із врахуванням можливого збільшення втрат напору на 50% ці насоси вже не зможуть забезпечити необхідні напори, тому потрібна реконструкція насосної станції шляхом заміни насосів на більш потужні Д 630–90 в кількості 3 робочих і 2 резервних.

РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

4.1 Техніко-економічний розрахунок реконструкції насосної станції

Насосна станція є одним з головних елементів системи водопостачання. Необхідно враховувати, що із часом виникають зміни в умовах експлуатації водопровідної мережі (збільшується опір трубопроводів). Для того, щоб мешканці міста не залишились без води, необхідно передбачити збільшення потужностей насосної станції.

Крім того, результати проведених досліджень впливають на вибір рішення щодо реконструкції цього елемента. У кваліфікаційній роботі розглянуто два варіанти:

- насосна станція проектується для мережі з напорами необхідними на початку експлуатації, а з часом буде реконструйована з врахуванням збільшення втрат напорів, тобто, насосна станція комплектується насосним обладнанням за результатами розрахунку вихідного варіанта мережі без врахування майбутніх змін у гідравлічних режимах її роботи, але з часом виникне необхідність її реконструкції, що потребує додаткових витрат коштів для встановлення більш потужного насосного обладнання;
- насосна станція на початку проектується з більшою потужністю щоб уникнути реконструкції з часом, тобто, насосна станція на період початку експлуатації водопровідної мережі укомплектовується насосним обладнанням, враховуючи необхідний запас його потужності (внаслідок змін у гідравлічних режимах роботи мережі)

Для забезпечення мешканців міста водою в необхідній кількості води під заданим напором на початку експлуатації насосну станцію слід укомплектувати насосним обладнанням: у кількості 3 робочих та 2 резервних насосів марки Д 500–65. Враховуючі зростання втрат напорів в середньому на 50%, в майбутньому буде проведена реконструкція насосної станції шляхом заміни

насосів на більш потужні: Д 630–90 в кількості 3 робочих і 2 резервних. Реконструкція будівля насосної станції проводиться не буде тому що суттєві зміни у розмірі машинного залу не буде. Для встановлення насосного обладнання типу Д 500–65 і Д 500–65 достатньо будівлі розміром 6х36 м у плані і висотою 6м.

Виходячи з цього, основні техніко-економічні показниками для проведення реконструкції:

- витрати на обладнання і його устаткування;
- витрати на реконструкцію насосної станції з часом;
- витрати на електроенергію;
- амортизаційні витрати;
- витрати на поточний ремонт;

Таблиця 4.1. – Вартість насосів

Марка насосу	Коротка технічна характеристика				Оптова ціна за штуку, грн.	Заготовчо-складські витрати	Витрати на монтаж, грн.	Всього, грн.
	Продуктивність, м ³ /год	Напір, м	Потужність електродвиг, кВт	Маса, кг				
Д500–65	500	65	160	2103	30000	580	2000	32580
Д630–90	630	90	250	2652	40000	740	2600	43340

Річна витрата електроенергії:

$$A = \frac{\sum P_{\text{мех}} \cdot t \cdot n}{\eta_{\text{ел}}}, \quad (4.1)$$

де $P_{\text{мех}}$ – потужність електродвигуна, $P_{\text{мех}} = 160$ кВт;

t – число годин роботи агрегату протягом року, 8760 год;

n – кількість агрегатів;

$\eta_{ел}$ – КПД електродвигуну.

$$A = \frac{2 \cdot 160 \cdot 8760 + 160 \cdot 6570}{0,8} = 3854400 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Подача насосної станції не рівномірна на протязі доби, а ступенева: на першому ступені працює 2 насоси (6 год.), а на другому – 3 насоси (включається додатково ще один насос).

Додаткова витрата електроенергії на потреби станції в цілому становить 8% від основної витрати:

$$A_{дод} = 0,08 \cdot 3854400 = 308\,352 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Загальна витрата електроенергії становить:

$$A_{повн} = 3854400 + 308352 = 4\,162\,752 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Вартість електроенергії становить 3,00 грн, тоді вартість електроенергії за рік:

$$D_{ел} = 3,00 \cdot 4\,162\,752 = 12\,488\,256 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію за рік:

$$12\% \text{ від вартості обладнання } - 0,12 \times 162\,900 = 19\,548 \text{ грн}$$

Вартість поточного ремонту складає 1% від вартості насосів за рік:

$$0,01 \times 162900 = 1629 \text{ грн}$$

Таблиця 4.2. Загальні витрати для насосної станції з реконструкцією

№п/п	Найменування основних статей витрат	Витрати за рік, грн.	Витрати за 20 років, грн
1	Витрата на електроенергію	12 488 256	249 765 120
2	Витрати на амортизацію	19 548	390 960
3	Витрати на поточний ремонт	1629	32580
Всього		12 509 433	250 188 660

4.2 Техніко-економічний розрахунок насосної станції без подальшої реконструкції

Для забезпечення мешканців міста необхідною кількістю води не лише на початку експлуатації, але і протягом тривалого часу, для виключення майбутньої реконструкції насосної станції треба встановити 3 робочі і 2 резервні насоси марки Д 630–90. Таким самим чином, як і для першого варіанту розраховуємо основні техніко-економічні показники.

Річна витрата електроенергії:

$$A = \frac{2 \cdot 250 \cdot 8760 + 250 \cdot 6570}{0,8} = 7528125 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Додаткова витрата електроенергії на потреби станції в цілому:

$$A_{\text{доп}} = 0,08 \cdot 7528125 = 602250 \text{ кВт} \cdot \text{год.} \quad (119)$$

Загальна витрата електроенергії становить:

$$A_{\text{повн}} = 7528125 + 602250 = 8130375 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Вартість електроенергії за рік:

$$D_{el} = 3,00 \cdot 8\,130\,375 = 24\,391\,125 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію за рік:

$$12\% \text{ від вартості обладнання } -0,12 \times 216\,700 = 26\,004 \text{ грн.}$$

Вартість поточного ремонту складає 1% від вартості насосів за рік:

$$0,01 \cdot 216\,700 = 2\,167 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.3. Загальні витрати для насосної станції без реконструкції в майбутньому

№п/п	Найменування основних статей витрат	Витрати за рік, грн.	Витрати за 20 років, грн
1	Витрата на електроенергію	24 391 125	487 822 500
2	Витрати на амортизацію	26004	520 080
3	Витрати на поточний ремонт	2 167	43 340
Всього		24 419 296	488 385 920

Для обох варіантів залишається постійною кількість обслуговуючих робітників. Капітальні витрати для обох варіантів будуть однаковими, витрати на заробітні плати і власне будівництво будуть однаковими, тому ці витрати не враховані.

Результати аналізу розглянутих варіантів показали, що для усунення проблеми утворення районів з недостатнім тиском більш дешевим буде спосіб із заміною насосних агрегатів на більш потужні через 20 років, ніж весь час залишати в експлуатації насоси з потужнішим двигуном, який споживає багато електроенергії і цим самим збільшує вартість подачі води. Отже при збільшенні потужності насосної станції на 36% витрати зростуть на 48%.

Також суттєвою перевагою впровадження першого варіанту є те, що не буде в системі водопостачання великих надлишкових напорів, так як вони негативно впливають на систему трубопроводів в будинках.

Варіант заміни систем трубопроводів не розглядався, так як це великі капітальні витрати. Також немає явно виражених ділянок мережі з великими втратами напорів, які можна було б замінити на більший сортамент труб, з метою зменшення втрат напорів і збільшення вільних напорів в мереж. Тому більш економічним способом недопущення утворення зон недостатніх напорів буде спосіб з реконструкція насосної станції.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

В технологічних будівлях ситеми водопостачання не існує Повністю безпечних та нешкідливих виробничих процесів. Задача охорони праці звести до мінімальної вірогідності ураження або захворювання працівника з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці.

В дипломному проекті запроектована насосна станція II підйому, з корисною продуктивністю 96500 м³/доб, призначення якої подача води водоспоживачам. Насосна станція II підйому належить до I категорії надійності і подає воду із резервуарів чистої води у водопровідну мережу населеного пункту.

У машинному залі розміщуються п'ять робочих насосів марки Д 500-65. На першому рівні працює два насоси, а на другому до них підключаються ще один насос. На насосній станції окрім насосів встановлюється ще два резервних насоса цієї ж марки.

У приміщенні шахти встановлена місцева витяжна вентиляція. Вентиляція забезпечує відповідність повітря робочої зони вимогам діючих нормативних документів.

5.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів на водопровідній насосній станції

Водопровідні насосні станції (ВНС) є одним із найважливіших елементів в системах водопостачання та водовідведення і, з погляду безпеки праці, є акумуляторами ряду специфічних небезпечних і шкідливих виробничих чинників. Відповідно до [21] на ВНС присутні наступні небезпечні і шкідливі виробничі чинники:

- рухомі елементи устаткування – вали електродвигунів і насосів, вантажопідйомні крани;

- падаючі предмети та інструмент - обслуговування устаткування на висоті;
- небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі, замикання в якому може відбутися через тіло людини, електророзподільні пристрої, електродвигуни;
- знижена температура повітря у виробничих приміщеннях;
- підвищена вологість повітря у виробничих приміщеннях;
- підвищеного рівня шуму і вібрацій (в машинних залах ВНС та в інших приміщеннях і спорудах, де встановлено технологічне устаткування);
- недостатньої освітленості робочої зони;

5.2 Заходи з поліпшення умов праці

Територія ВНС огорожена, упорядкована, забезпечена зовнішнім освітленням. До всіх споруд організовано безпечний доступ як у нормативних умовах експлуатації, так і у випадках занесення споруд снігом або їх затоплення.

Заглиблені приміщення сполучаються з наземними частинами і виходами з будівель по відкритих драбинах шириною не менше 0,7м з кутом нахилу не більше 45 градусів. Для приміщень завдовжки 12м і менше допускається кут нахилу драбин не більше 60 градусів.

Ширина робочих проходів, розташованих на висоті 0,8м над підлогою, або майданчиків для обслуговування ємностей складає не менше 0,6 м. Проходи і майданчики захищені на висоту не менше 1 м із зашиванням знизу на висоту 0,1м.

Висота приміщень від підлоги до низу виступаючих конструкцій перекриття є не менше 2,2м. Висота приміщень від підлоги до низу виступаючих частин комунікацій і устаткування в місцях регулярного проходу

людей є не менше 2м. Ширина проходів складає не менше 1м, коридорів – 1,4м, дверей 0,8м, сходових маршів і майданчиків -1,05м.

У насосних станціях при висоті агрегатів і електроприводів засувки більше 1,4м від підлоги передбачено майданчики, містки або розширення фундаменту для їх обслуговування з огорожами.

Мінімальна ширина проходів між нерухомими виступаючими частинами устаткування складає: 1м між агрегатами при установці електродвигунів з напругою до 1000В; 1,2м – з напругою більше 1000В; 0,7 м між агрегатами і стіною в шахтних станціях; 1м – в інших станціях; 1,5м між компресорами; 2м-перед розподільчим щитом; 0,7м між нерухомими виступаючими частинами устаткування.

Експлуатація насосних станцій, проведення ремонтних або аварійних робіт організовуються відповідно до вимог Правил технічної експлуатації систем водопостачання.

Категорично заборонено знімати запобіжні кожухи та інші захисні пристрої під час роботи насосних агрегатів, користуватися для освітлення факелами, ремонтувати агрегати під час роботи і гальмувати вручну рухом їх частини.

При ремонтах будь-яких агрегатів знеструмлюється устаткування, вживаються необхідні заходи проти їх мимовільного пуску і вивішуються застережливі плакати.

Перед пуском агрегатів черговий машиніст переконується у справності всіх частин та запобіжних пристроїв. Про несправності робиться запис в оперативному журналі.

5.3 Виробнича санітарія

Для досягнення необхідного рівня освітлення ВНС суміщується природне і штучне освітлення. Згідно до вимог [22] Природне освітлення передбачено бічне - через отвори в зовнішніх стінах приміщення. Коефіцієнт природної освітленості % КЕО=1,15.

На ВНС передбачені наступні значення висвітлення:

- при періодичному спостереженні за виробничим процесом - 50 лк;
- для допоміжних приміщень - 6лк
- здравпункт -200 лк;
- гардероб - 75 лк;
- душові - 50 лк;
- панелі приладів - 300лк.

В проходах аварійне освітлення складає 0,5-1 лк.

Для підтримки необхідної температури повітря в холодний період року в приміщеннях +18⁰С, передбачена тупикова однотрубна система опалювання.

Джерелами шуму й вібрації є насосні агрегати. Шум негативно впливає на здоров'я людини, посилює стомлюваність працюючого, сприяючи тим самим виникненню травм і помилок в роботі, а також зниженню працездатності людини.

Заходи щодо зниження шуму в робочій зоні:

- вибір обладнання з мінімальними шумовими характеристиками;
- своєчасний профілактичний ремонт і обслуговування устаткування;
- дистанційне керування шумним устаткуванням;
- використання звукопоглинаючих і відображають матеріалів (штукатурки, пористий цегла, деревина, пінопласт, гіпсові матеріали);

- звукоізоляційні kabіни та екрани.

Медико-профілактичні:

- навушники (понад 95 дБА)
- шлемофон (понад 120 дБА)
- біруши (знижують рівень шуму на 10-15 дБА)

Заходи щодо зниження вібрації в стаціонарному обладнанні.

1. Технологічні способи зниження вібрації:

- зменшення вібрації у джерелі виникнення за рахунок удосконалення конструкції устаткування і проведення своєчасних профілактичних ремонтів;
- віброізоляція - зменшення коливань по шляху передачі від джерела до об'єкта, за допомогою установки гумових або пружинистих амортизаторів.

Таблиця 5.1– Санітарні норми мікроклімату [23]

Період року	Категорія робіт	Температура, °C				Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с		
		Оптимальна	Допустима				Оптимальна	Допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш	Оптимальна	Допустима на робочих місцях постійних і непостійних
			Верхня межа		Нижня межа					
			На робочих місцях							
Постійних	Непостійних	Постійних	Непостійних							
Холодний	Середньої важкості П-б	7-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	Не більше 0
Теплий	Середньої важкості П-б	0-22	27	29	16	15	40-60	70 (при 25°C)	0,3	0,2-0,5

Враховуючи, що при обслуговуванні обладнання, роботи, виконувани персоналом, зазвичай відносять до категорії 2б (роботи середньої тяжкості) параметри мікроклімату повинні знаходитися в наступних межах:

Температура =21

Відносна вологість - до 75%

Швидкість руху повітря - до 0.4 м / с.

5.4 Пожежна безпека

Основні завдання пожежної безпеки вирішуються в процесі проектування, будівництва та експлуатації будівель і споруд. Вони зводяться до комплексу профілактичних заходів, спрямованих на попередження пожеж, обмеження сфери розповсюдження вогню в разі загоряння, створення умов для евакуації людей і матеріальних цінностей з палаючого будинку, а також для дій підрозділів пожежної охорони з гасіння пожеж.

Заходи протипожежної безпеки – встановлення вогнегасників :

- пінні та водні вогнегас-ники місткістю 10л – в кількості одна одиниця;
- порошкові вогнегасники місткістю, 5 л – в кількості дві одиниці;

Бочки для зберігання води для цілей пожежогасіння у відповідності з ДЕСТ 12.4.009-83 повинні мати місткість не менше 0.2 м³ і бути укомплектовані пожежним відром, місткістю не менше 0,008 м³.

Пожежні загородки (стенди) встановлюються на території об'єкту з розрахунку одна загородка (стенд) на площу до 5000 м².

В комплект засобів пожежогасіння, слід включати: вогнегасники - 3 шт., ящик з піском - 1 шт., покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу теплоізоляції або з повсті розміром до 2×2 м - 1 шт., ломи - 2 шт., багри - 3 шт., сокири - 2 шт., лопати - 2 шт.

Ящики для піску повинні мати місткість 0,5; 1,0 або 3,0 м³ і бути укомплектовані совковою лопатою.

5.5 Засоби індивідуального захисту

Обслуговування агрегатів і устаткування з елементами, що обертаються, проводиться робочими, одягненими в спецодяг, жінки працюють в комбінезонах або брюках.

Спецодяг обслуговуючого персоналу, що контактує із стічною рідиною або сміттям, перуть і дезінфікують кожного тижня.

Для проведення робіт на ВНС обслуговуючий персонал отримує такий спецодяг:

- костюм бавовняний;
- рукавиці бавовняні;
- черевики кирзові;
- рукавички гумові;
- взуття спеціальне;
- куртка ватна.

Черговий комплект: рукавички діелектричні -2 пари.

Додатково видаються : чоботи гумові чергові – по 1 парі, плащ прогумлений черговий – по 1 шт.

Для захисту від шуму використовуються заглушки, протиповітряні навушники, маски або тампони зі стерилізованої вати.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В результаті аналітичного аналізу літературних джерел встановлено, що сучасні державні будівельні норми не враховують застосування результатів гідравлічних розрахунків можливих режимів роботи водопровідної мережі для оптимізації поточкорозподілу в них для діючих та проєктованих водопровідних мереж.
2. Гідравлічний опір в сталевих і чавунних трубах з часом експлуатації збільшується. При цьому інтенсивність утворення інкрустації в сталевих трубах значно більша, ніж в чавунних (внаслідок різної хімічної властивості труб). В сталевих трубопроводах в середньому за 5 років коефіцієнт втрат напору збільшується на 40 – 60%.
3. Аналіз впливу рельєфу на розмір зон недостатніх напорів показав, що в водопровідній мережі на довжину зон недостатнього напору, при місцевості з постійним ухилом, впливатимуть лише втрати напору на ділянці (гідравлічних ухил в мережі) і власне довжина ділянки. При зміні ухилу місцевості, з підйомом до точки живлення, на довжину зони недостатнього напору впливатимуть також величини вільних напорів в мережі.
4. Результатів дослідження впливу зміни рельєфу місцевості на розмір зон недостатніх напорів видно, що при зменшенні ухилу місцевості від точки підключення водоводів до не вигідної точки в межах від $i = 10-100\%$ по відношенню до початкового ухилу розмір зони недостатнього напору збільшується від 10 до 80%.
5. Моделювання ситуацій, що зумовлюються змінами стану водопровідних мереж та умовами їх функціонування на стадії їх проєктування, дозволяє оптимізувати роботу мережі при її експлуатації, визначити місця для обладнання вузлів контролю тиску в мережі.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Умаров Х.Х., Добровольська О.Г. Про вплив рельєфу місцевості на динаміку вузлових напорів. Матеріали XXIV науково-технічної конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів. ІННІ ЗНУ. Запоріжжя: ЗНУ. 2020 р. С.272.
2. Крисько Ж. Аналіз середовища реструктуризації підприємств будівельної галузі / // Економічний аналіз. 2012. Т. 10(4). С. 203-207.
3. 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. 2019).
4. Закон України «Про питну воду та питне водопостачання URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2918-14#Text>.
5. 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>.
6. 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: http://icccwc.org.ua/docs/dstu_7525_2014.pdf (дата звернення: 28.09. 2019).
7. 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>.
8. 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>.

9. Петросов В. А. Устойчивость водоснабжения / В. А. Петросов. – Х.: Фактор, 2007. – 360 с.
10. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: Справ.пособие. М. : Стройиздат, 1984. 116с.
11. Грабовський П.О., Ларкіна Г.М., Прогульний В.І., Карпов І. П. Зниження собівартості водопровідної води. Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: Науково-технічний збірник. Випуск 27. К.: КНУБА, 2016. С. 99–105 с.
12. Ткачук О. А. Удосконалення систем подачі і розподілення води населених пунктів / О. А. Ткачук. – Рівне: НУВГП, 2008. – 301с.
13. Tchorzewska-Cieslak, B. (2014). Water supply of urban agglomeration in crisis situation. Journal of Polish Safety and Reliability Association Vol.5. P. 143–155.
14. Olsińska U., Olsiński A., 2006. Zapobieganie nadmiernemu wzrostowi stężenia produktów korozji w wodzie wodociągowej. XIX Krajowa, VII Międzynarodowa konferencja naukowo – techniczna „Zaopatrzenie w wodę, jakość i ochrona wód”, Zakopane, 845 – 861.
15. Szuster-Janiaczyk A. 2006. Zarządzanie jakością wody w systemach wodociągowych. XIX Krajowa, VII Międzynarodowa konferencja naukowo – techniczna „Zaopatrzenie w wodę, jakościochrona wód”, Zakopane, 862 – 883.
16. 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.
17. 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 wòd, 177 – 186.

18. 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.

19. Zhuravska N., Malkin E., 2015. Energy-saving technologies with the use of water treat the magnetic fields. Підводні технології, Вип.02, 79– 83.

20 Хоружий П.Д., Шарков М.В. Реконструкция систем водоснабжения: Расчет и проектирование. – К.: Будівельник, 1983. – 144с.

21.ДСТУ 7239:2011 Система стандартів безпеки праці.

URL:http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=51051

22. 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).

23. 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).

Додаток А. П'єзометричні карти водопровідної мережі

Додаток А. – П'єзометричні карти водопровідної мережі

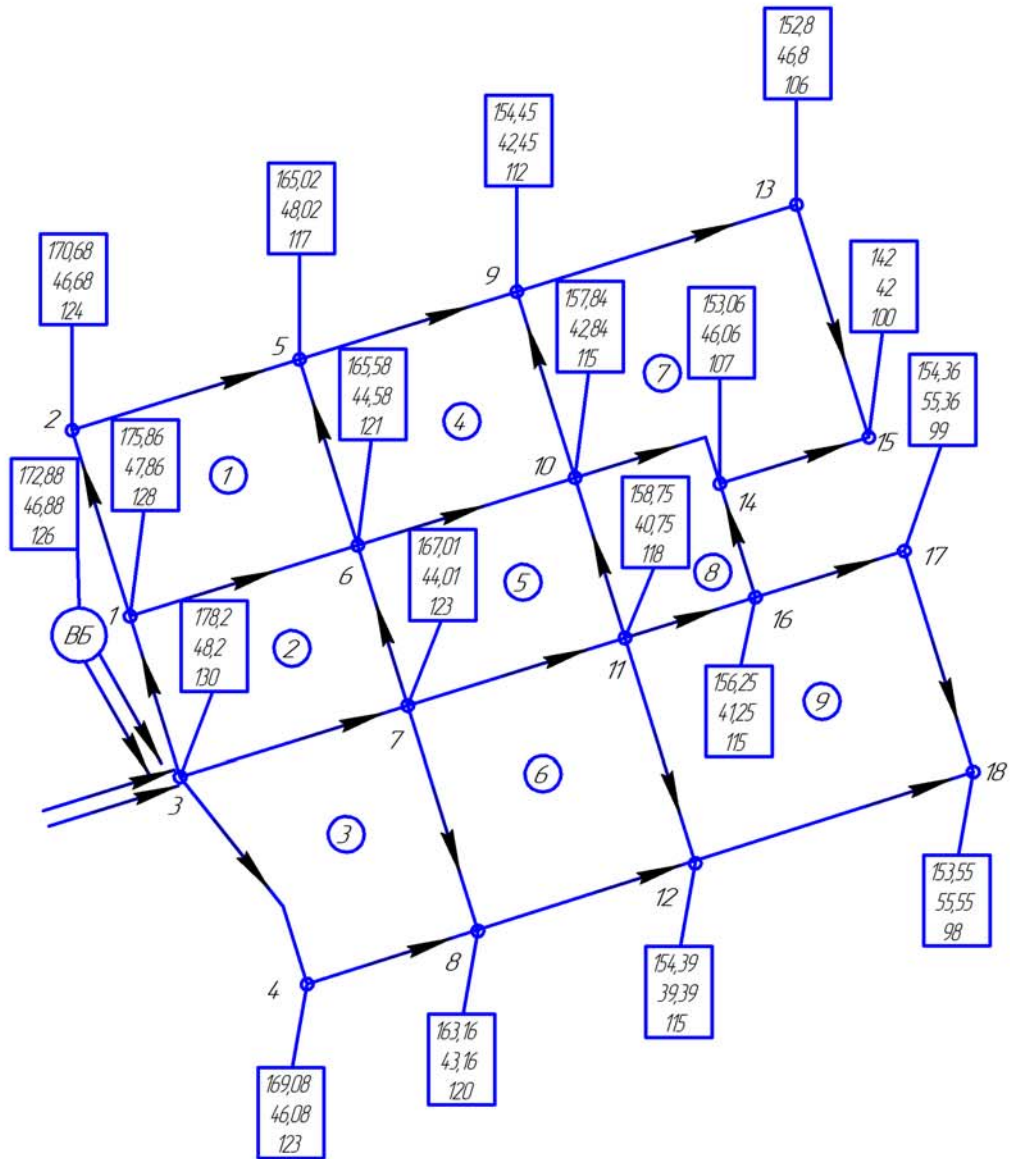


Рисунок А1. – П'єзометрична карта водопровідної мережі
при максимальному водоспоживанні
(на початку розрахунків)

П	П – п'єзометрична позначка, м
Н	Н – вільний напір, м
З	З – геодезична позначка, м

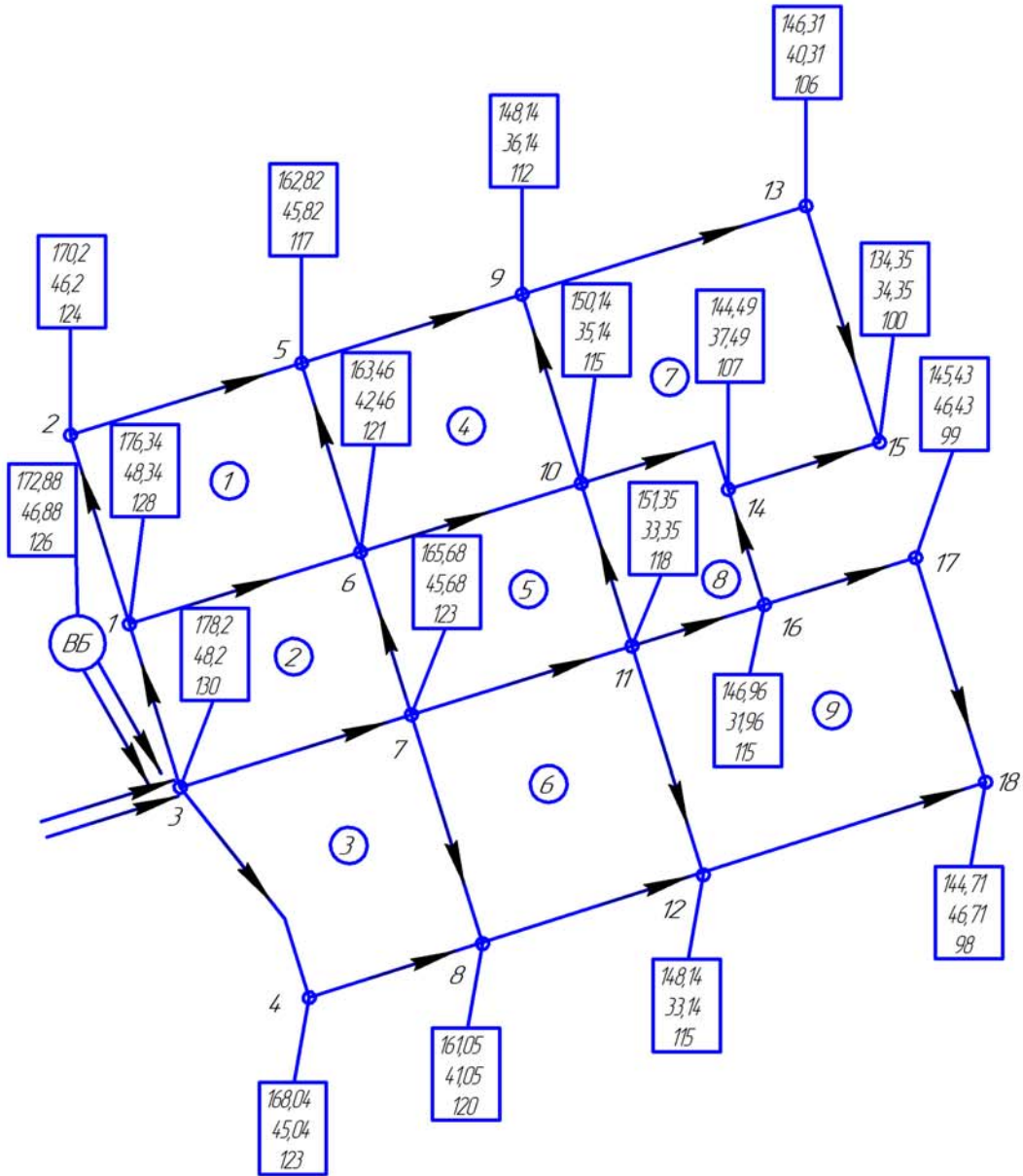


Рисунок А2 – Гієзометрична карта водопровідної мережі
після збільшення опору окремих ділянок

P	P – гієзометрична позначка, м
H	H – вільний напір, м
Z	Z – геодезична позначка, м

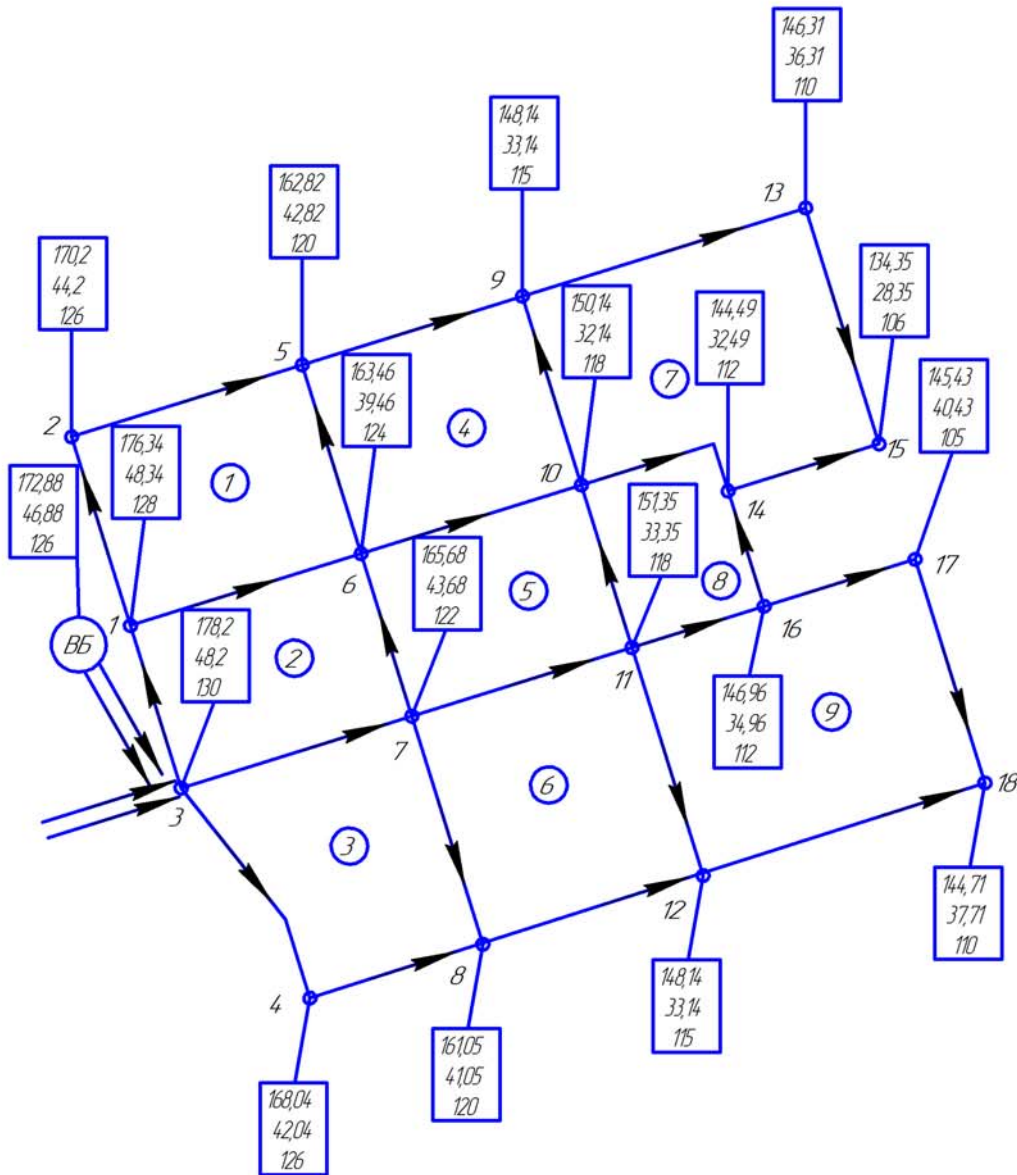


Рисунок А3 – П'єзометрична карта водопровідної мережі після збільшення опору окремих ділянок і зменшення ухилу землі на 20%

П	П – п'єзометрична позначка, м
Н	Н – вільний напір, м
z	z – геодезична позначка, м

КОМПАС-3D LT (с) 1989-2010 ЗАО АСКОН, Россия. Все права защищены.

КОМПАС-3D LT V12 (некоммерческая версия)

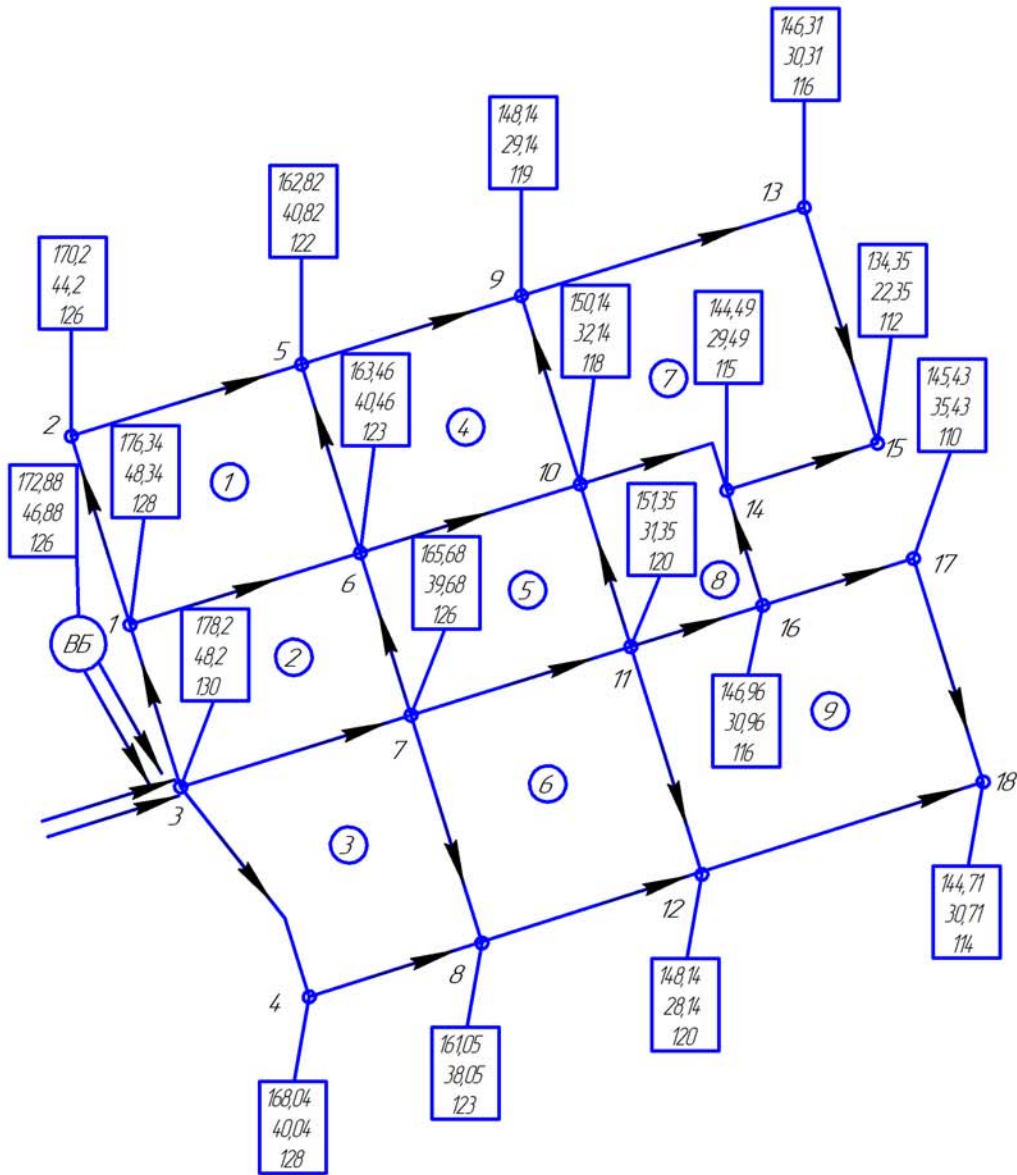


Рисунок А4 – П'єзометрична карта водопровідної мережі після збільшення опору окремих ділянок і зменшення ухилу землі на 40%

П	П – п'єзометрична позначка, м
Н	Н – вільний напір, м
З	З – геодезична позначка, м

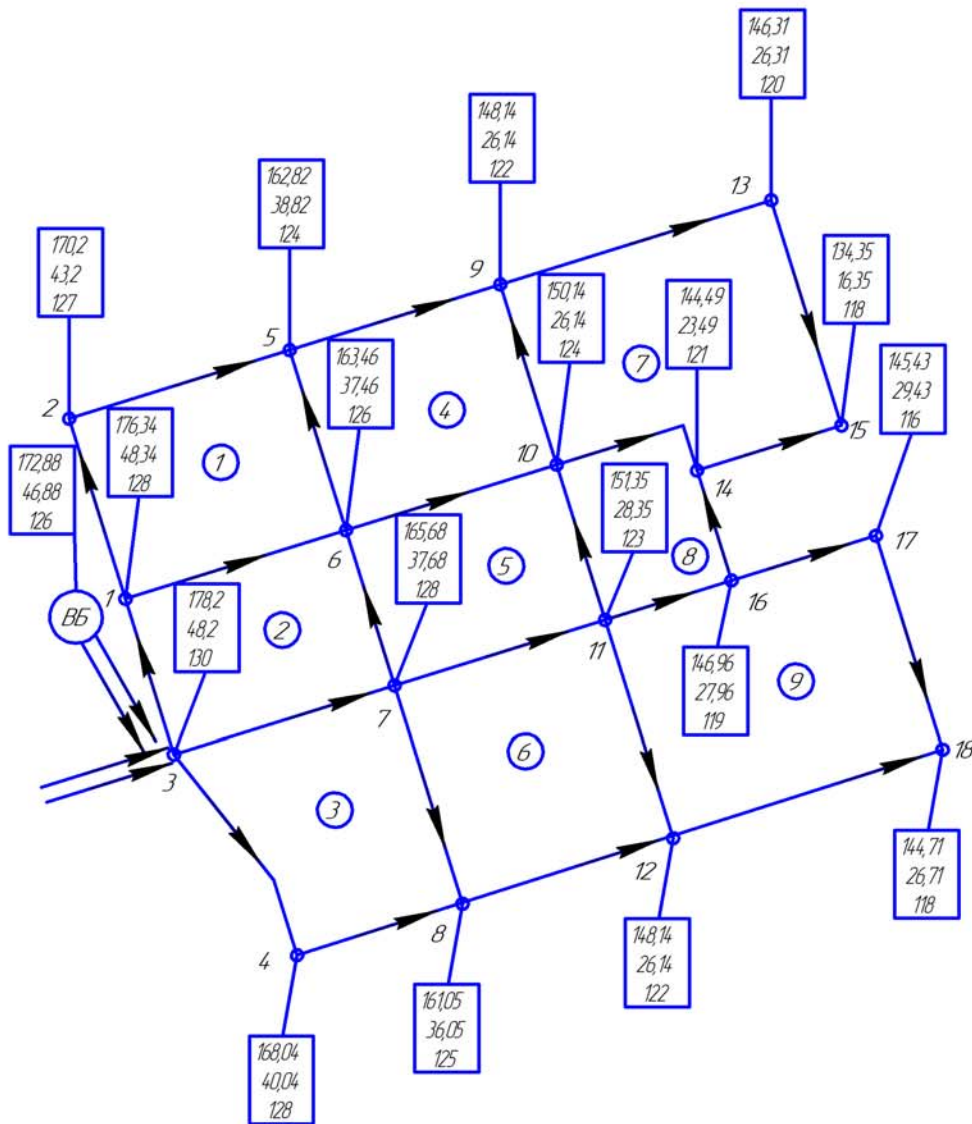


Рисунок А5 – П'єзометрична карта водопровідної мережі
після збільшення опору окремих ділянок і
зменшення ухилу землі на 60%

П	П – п'єзометрична позначка, м
Н	Н – вільний напір, м
z	z – геодезична позначка, м

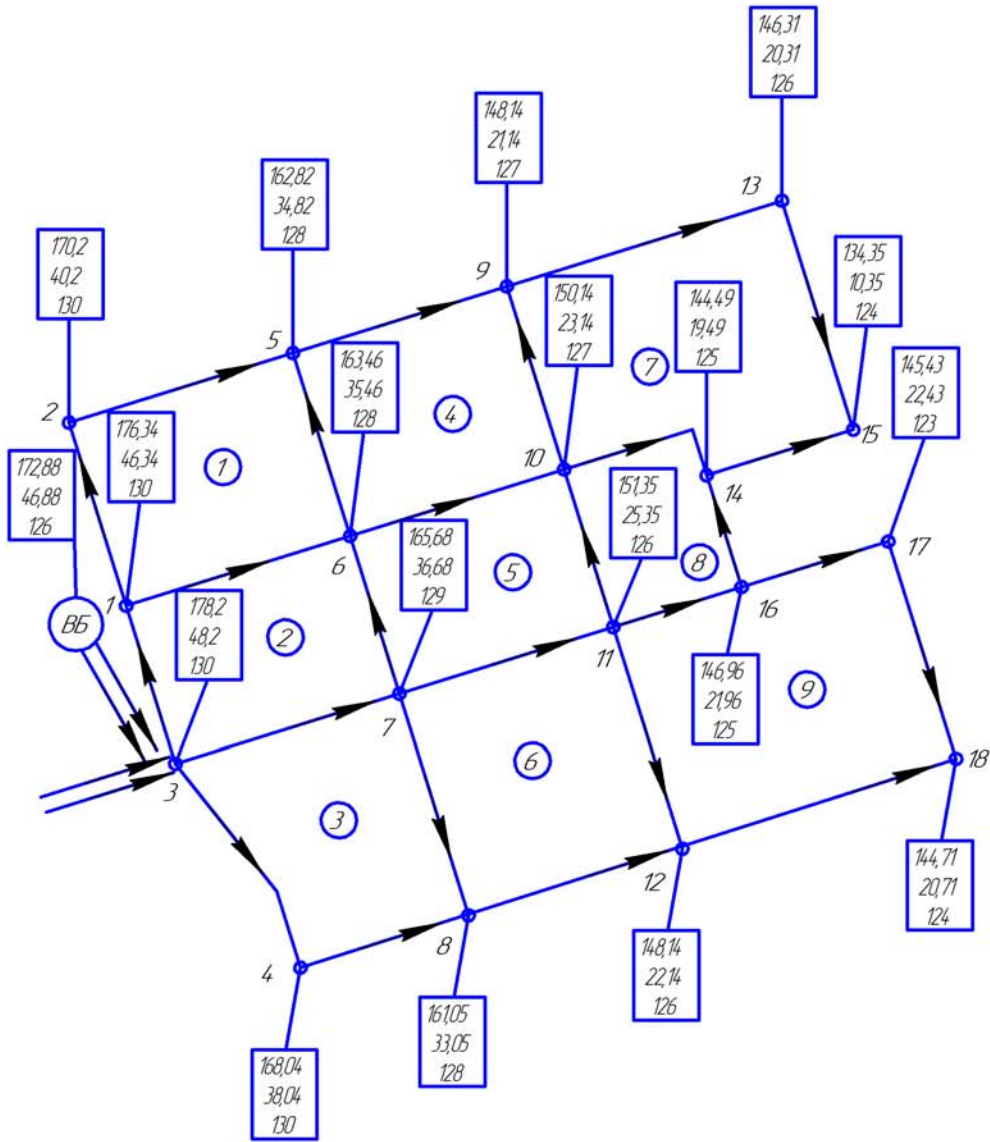


Рисунок А6 – П'єзометрична карта водопровідної мережі після збільшення опору окремих ділянок і зменшення ухилу землі на 80%

- | | |
|---|------------------------------|
| П | П – п'єзометрична позначка м |
| Н | Н – вільний напір, м |
| z | z – геодезична позначка м |

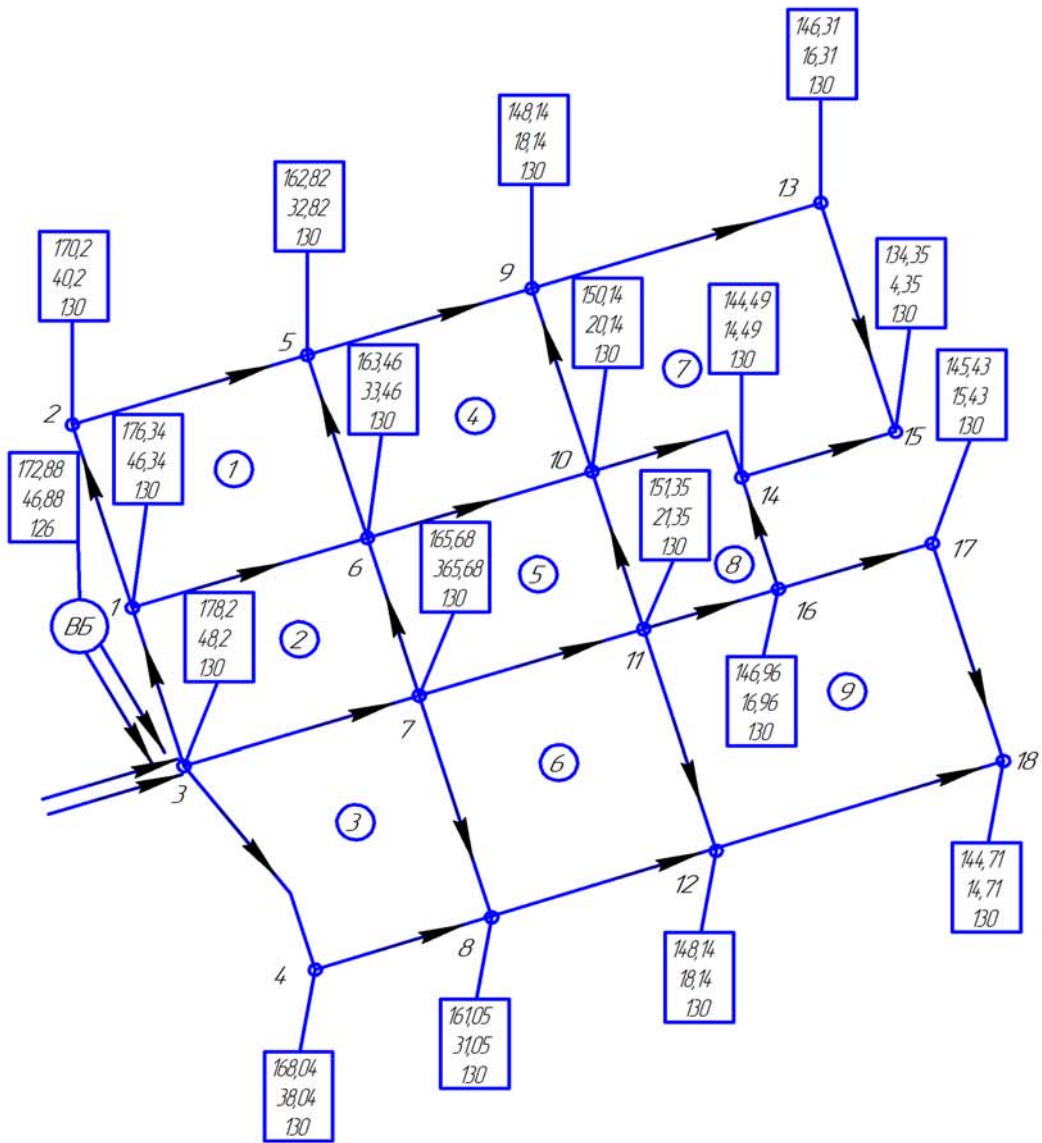


Рисунок А7 – П'єзометрична карта водопровідної мережі після збільшення опору окремих ділянок і зменшення ухилу землі на 100%

P	П – п'єзометрична позначка, м
H	H – вільний напір, м
Z	Z – геодезична позначка, м

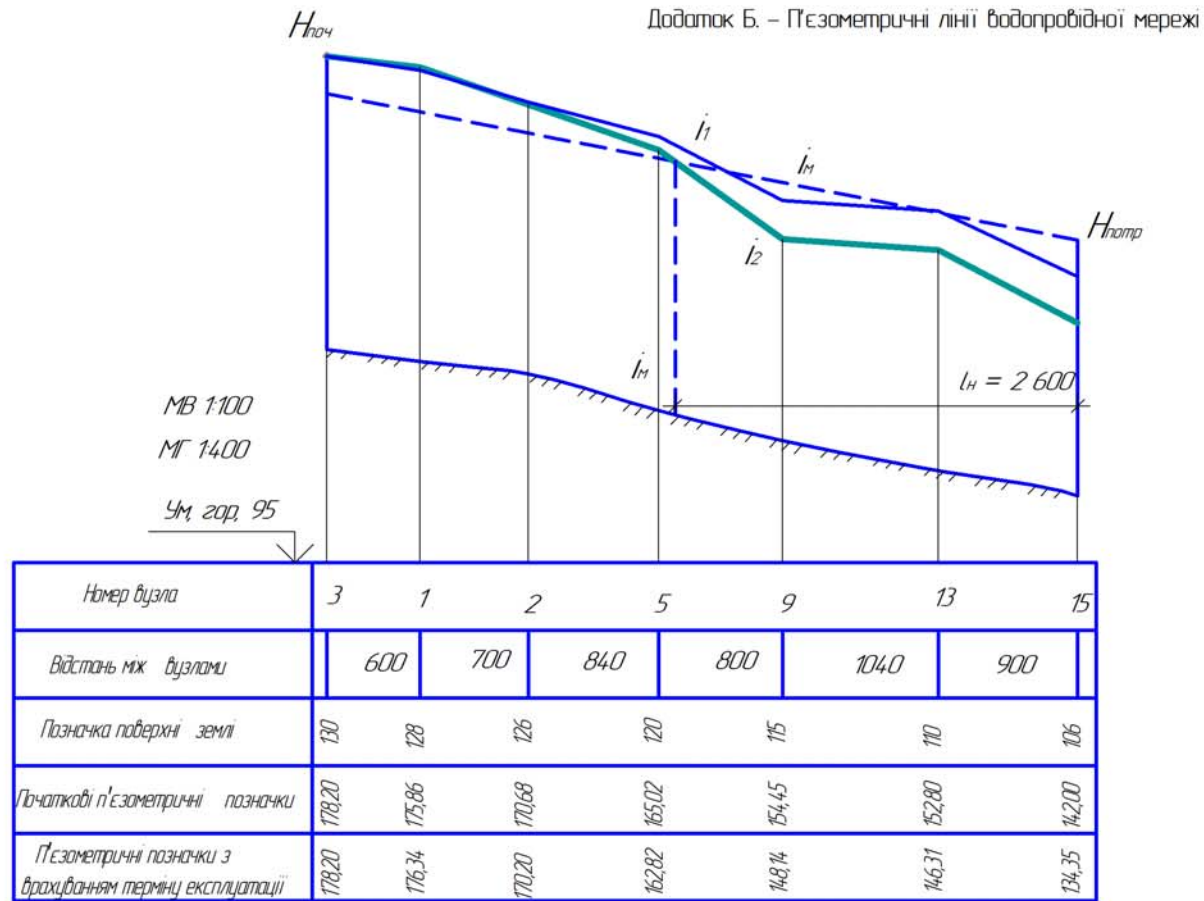


Рисунок Б1. – Гієзометричні лінії після зменшення ухилу землі на 20%

(для магістралі 3-1-2-5-9-13-15)

— Гієзометричні лінії з врахуванням терміну експлуатації
 — Гієзометричні лінії на початку експлуатації
 l_n – довжина зони недостатнього напору

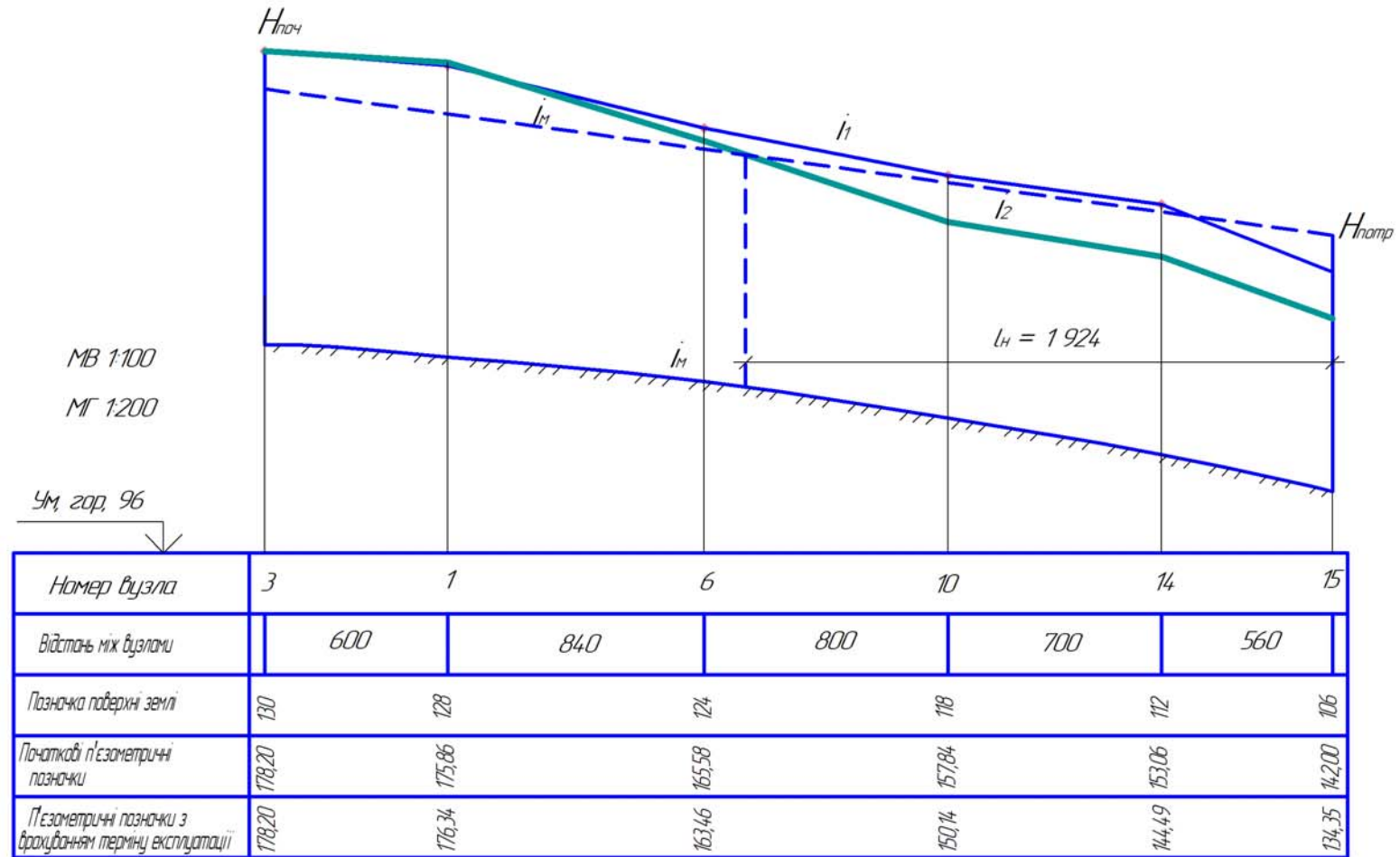


Рисунок Б2. – П'єзометричні лінії після зменшення ухилу землі на 20%
(для магістралі 3–1–6–10–14–15)

— П'єзометричні лінії з врахуванням терміну експлуатації
 — П'єзометричні лінії на початку експлуатації
 l_H – довжина зони недостатнього напору

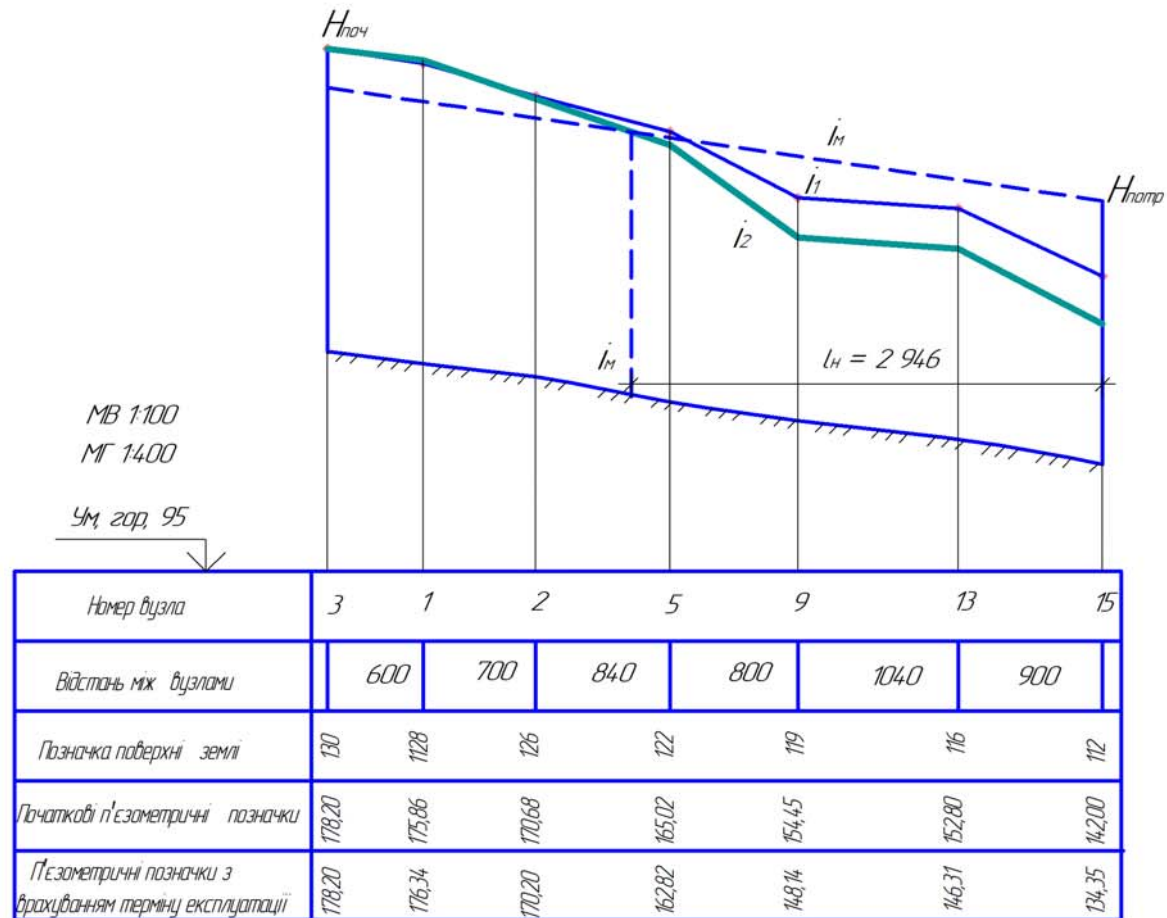


Рисунок Б3. – П'єзометричні лінії після зменшення ухилу землі на 40%
 (для магістралі 3-1-2-5-9-13-15)

— П'єзометричні лінії з врахуванням терміну експлуатації

— П'єзометричні лінії на початку експлуатації l_n – довжина зони недостатнього напору

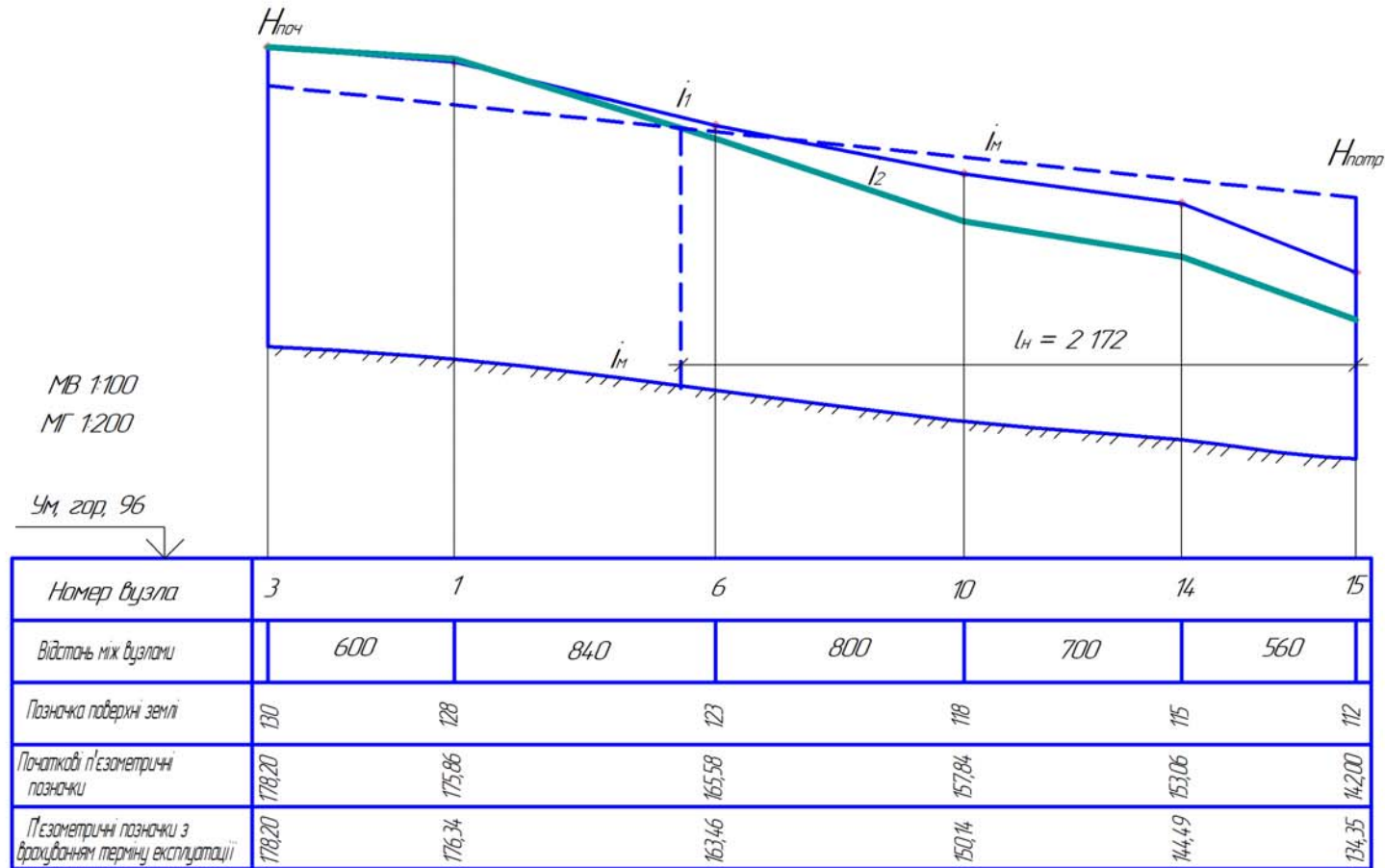


Рисунок Б4. – П'езометричні лінії після зменшення ухилу землі на 40%
 (для магістралі 3-1-6-10-14-15)

— П'езометричні лінії з врахуванням терміну експлуатації
 — П'езометричні лінії на початку експлуатації
 l_n – довжина зони недостатнього напору

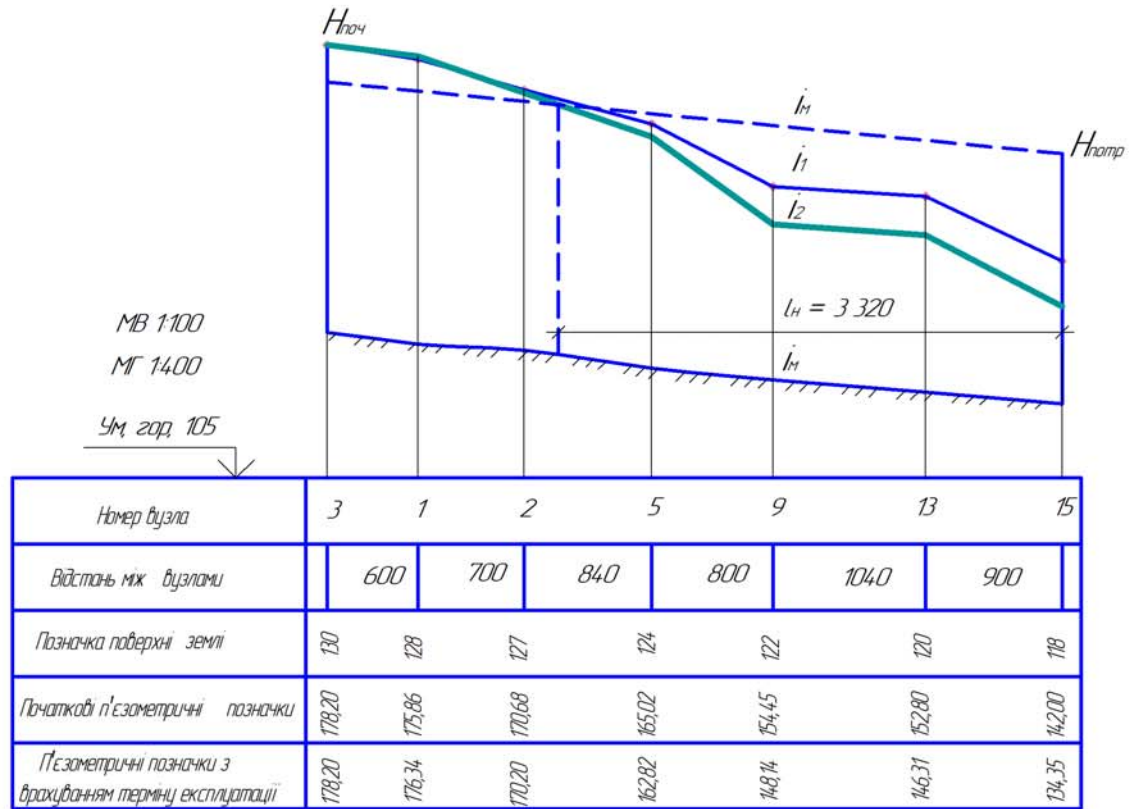


Рисунок Б5. – П'єзометричні лінії після зменшення ухилу землі на 60%
(для магістралі 3-1-2-5-9-13-15)

— П'єзометричні лінії з врахуванням терміну експлуатації
 — П'єзометричні лінії на початку експлуатації
 l_n – довжина зони недостатнього напору

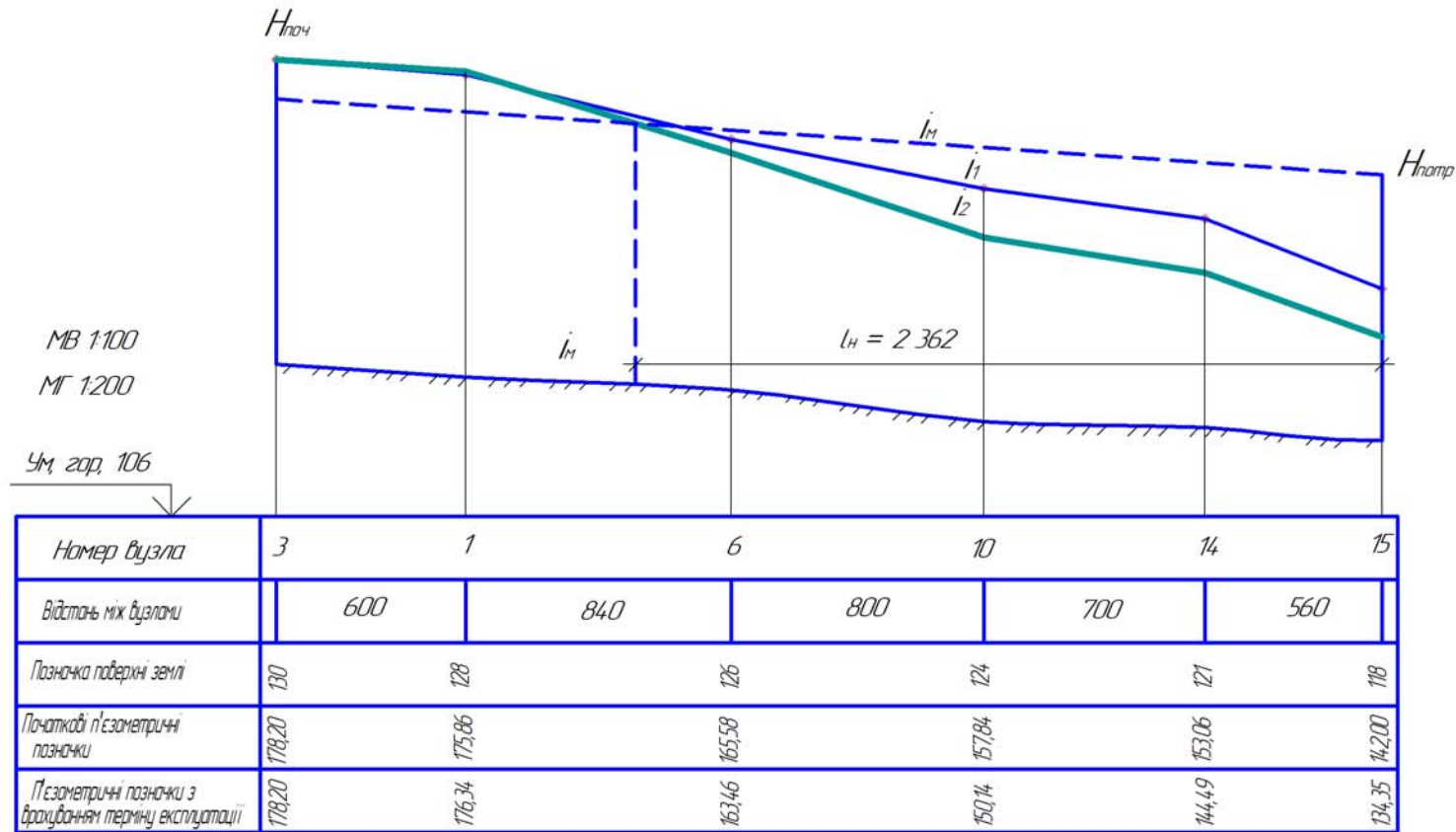


Рисунок Б6. – П'єзометричні лінії після зменшення ухилу землі на 60%
(для магістралі 3-1-6-10-14-15)

— П'єзометричні лінії з врахуванням терміну експлуатації
 — П'єзометричні лінії на початку експлуатації
 $L_{н}$ – довжина зони недостатнього напору

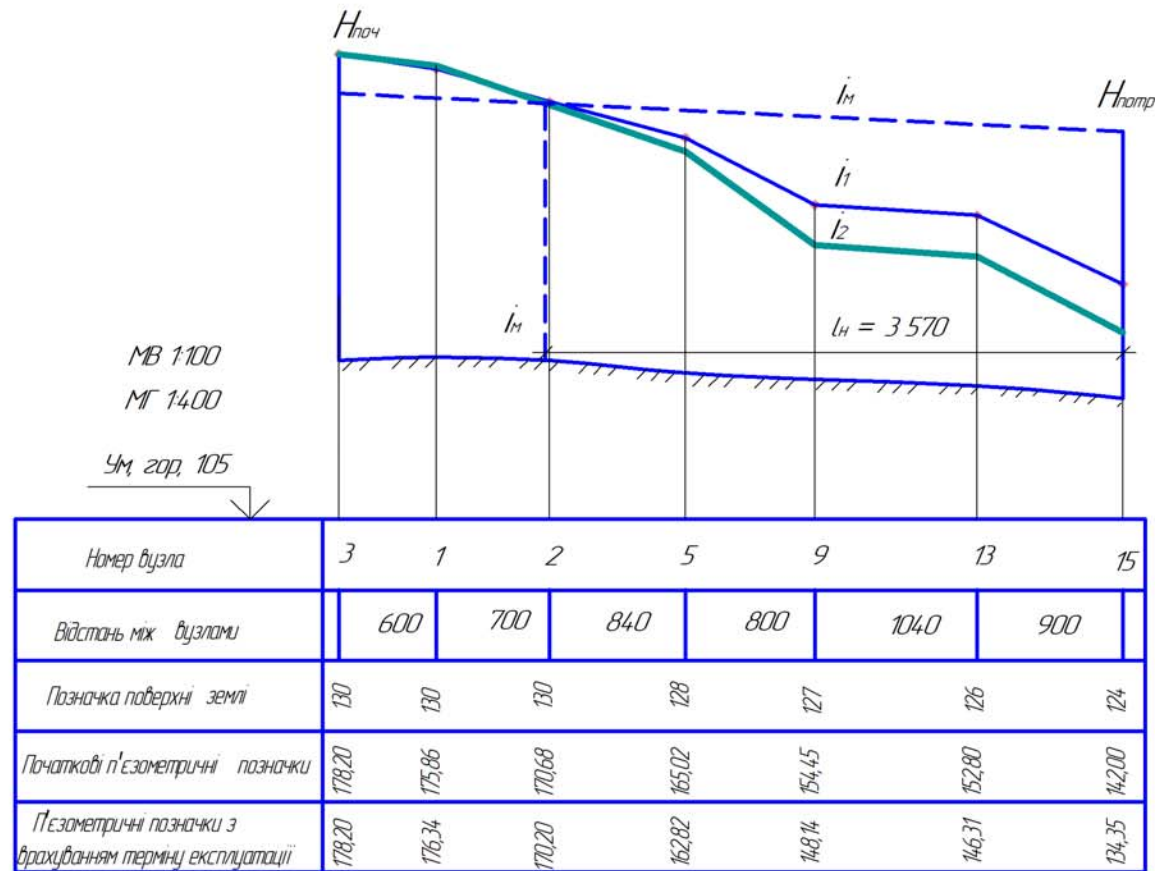


Рисунок Б7. – П'єзометричні лінії після зменшення ухилу землі на 80%

(для магістралі 3-1-2-5-9-13-15)

— П'єзометричні лінії з врахуванням терміну експлуатації

— П'єзометричні лінії на початку експлуатації l_n – довжина зони недостатнього напору

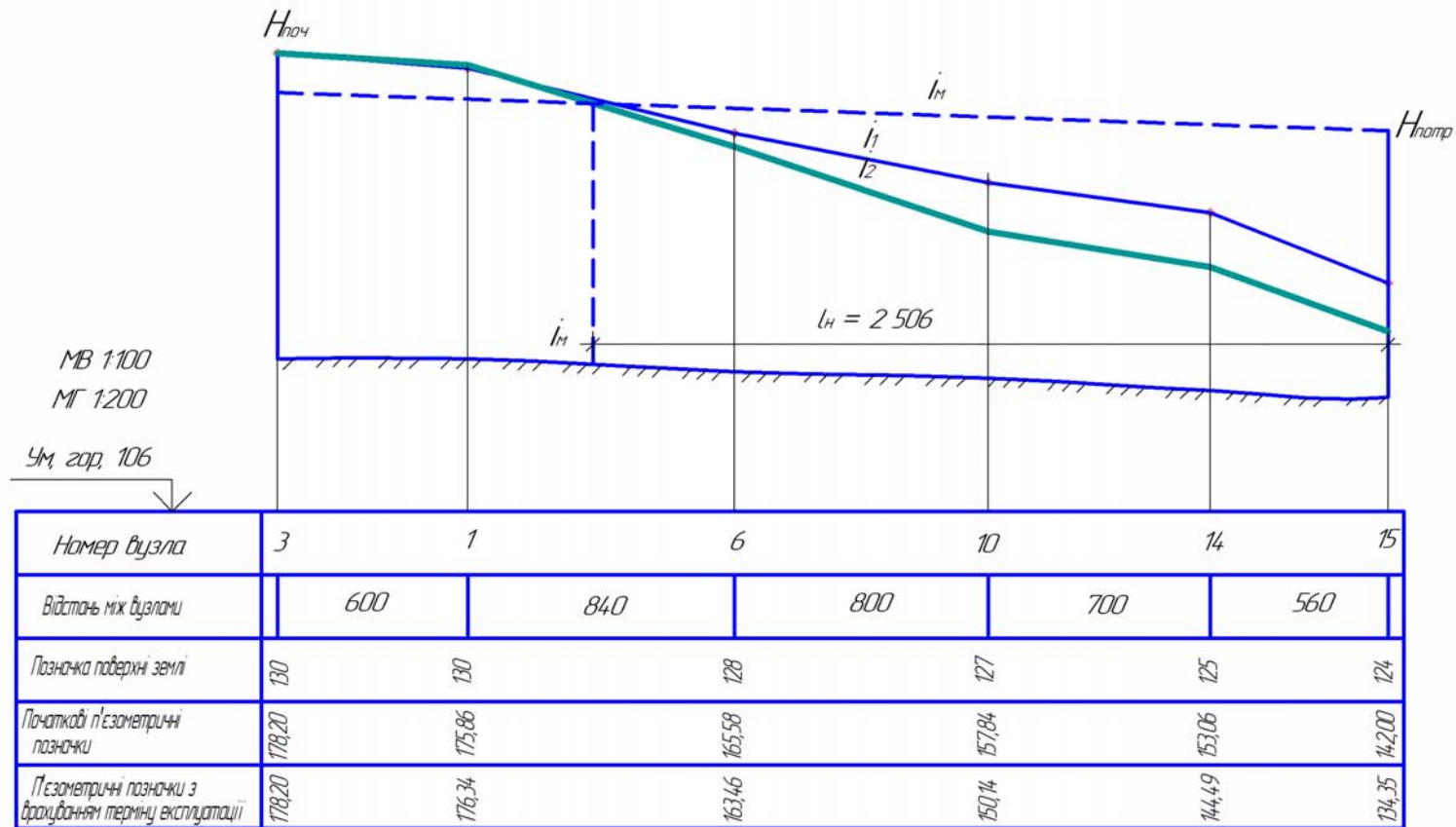


Рисунок Б8. – П'езометричні лінії після зменшення ухилу землі на 80%
(для магістралі 3-1-6-10-14-15)

— П'езометричні лінії з врахуванням терміну експлуатації
 — П'езометричні лінії на початку експлуатації
 l_n – довжина зони недостатнього напору

Рецензія

на магістерську роботу здобувача ступеня вищої освіти «магістр» Гмарова

Сабігара Хазратбеєва
на тему Аналіз великих вузлових мереж з урахуванням теорії лінійності

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

містить 8 листів графічного матеріалу і пояснювальну записку з 93 сторінок.

1. Актуальність теми (повнота постановки проблеми, формування проблеми та її значимість, постановка завдань досліджень) Проблема визначення розташування важливіх районів з недостатнім тиском є актуальною тому, що величезна кількість міських критеріїв нинішнього водопостачання.

2. Ступінь науковості роботи (широта вивчення результатів досліджень за проблемою, методика дослідження, наявність елементів наукової новизни та ступінь їх розробки) Аналіз результатів досліджень, проведений в роботі, також показує значимість проблеми забезпечення необхідних напорів у водопровідній мережі; методика дослідження орієнтована на поєднання методів математичного моделювання та гідравлічних розрахунків водопровідних мереж.

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 загальної, спеціальної частини логічно взаємоув'язані; при виконанні гідравлічних розрахунків; оформлення результатів дослідження використані комп'ютерні технології, що дозволило чітко і технічно грамотно представити результати роботи.

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

результатом досліджень можуть бути використані при вирішенні питань з оптимізації поточного зношу; результатом висомашо роботи доповідався на XXV науково технічній конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів, результати мають практичне значення в ряді проєктних відділів колективних підприємств

5. Недолки магістерської роботи

перелік використаних джерел достатньо було б доповнити роботами закордонних фахівців

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 Запорізького національного університету

(посада, місце роботи)

д.т.н. проф. В.А. Бакач

(П.І.Б.)



ВІДГУК

керівника на магістерську роботу

здобувача ступеня вищої освіти «магістр» Умарова Хайдаре
(П.І.Б.) Хазратовича

Магістерська робота на тему Аналіз динаміки вузлових
напорів з урахуванням геодезії місцевості

виконана згідно до завдання, відповідає темі, містить 8 листів
(не) згідно (не) відповідає
графічного матеріалу і пояснювальну записку з 93 сторінок, підписана консультантами і має рецензію.

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

Аналіз динамічних напорів з урахуванням
геодезичних, гідрологічних факторів є актуальною
темою, тому що величини напорів є важливими
критерієм якості водопостачання.

2. Глибина обґрунтувань прийнятих рішень (повнота розрахунків, наявність багато-варіантності) В роботі представлена багатоваріантність
моделюванням геодезичних умов; в повному
обсязі представлені результати гідрологічних
розрахунків по кожному варіанту.

3. Загальний рівень підготовки та ерудиції здобувача ступеня вищої освіти «магістр» рівень підготовки по ерудиції здобу-
вача високий

4. Творчий потенціал і ступінь самостійності студента у вирішенні поставлених задач у вирішенні поставлених задач проявлені
творчий потенціал та самостійність

5. Науковий рівень (для робіт дослідницького характеру) та глибина експериментальних досліджень розроблено методичку виконання
робіт розподілу тиску з урахуванням рельєфу.

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

в роботі застосовані методи математичного моделювання, застосовано програму ігрового розрахунку "відраст", використано інформаційні технології при виконанні основних розділів та оформленні графічної частини.

7. Відповідність оформлення до вимог діючих стандартів роботи отримано відповідно до вимог діючих стандартів.

8. Дотримання студентом графіка виконання роботи отримано

9. Наукова цінність роботи, практична значимість отримано
результати досліджень можуть бути використані в роботі проектних фізичних кафедральних підприємств для вибору оптимального варіанту траєкторії мережі.

10. У магістерській роботі можна відмітити такі недоліки:

у першому розділі відсутні результати аналізу досліджень замовником з теми з теми дослідження.

Магістерська робота у цілому виконана на високому рівні

і при відповідному захисті заслуговує на оцінку відмінно

Керівник доцент, канд. техн. н. Олена Добровольська О.І.
(посада, науковий ступінь) (підпис) (ПІБ)