

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНИ
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Кафедра Міського будівництва і архітектури
(повна назва)

Кваліфікаційна робота

рівень вищої освіти : Магістр
(рівень вищої освіти)

на тему : Дослідження гідравлічних характеристик водопровідної мережі з
урахуванням структури водорозбору

Виконав студент 2 курсу, групи 8.1921-вв-з
Панкратов Олексій Васильович
(прізвище та ініціали)

спеціальність
192 Будівництво та цивільна інженерія
(шифр і назва напряму підготовки спеціальності)

освітньо-професійна програма
водопостачання та водовідведення
(шифр і назва)

Керівник к.т.н., доц. Добровольська О.Г.
(посада вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент к.т.н., доц. Савін В.О.
(посада вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя 2022р

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Генплан міста. 2. Моделювання дослідження. 3. П'єзометричні карти, п'єзометричні лінії для вихідного варіанту. 4, 5 П'єзометричні карти та п'єзометричні лінії при зміні водорозбору. 6,7 Діаграми вузлових напорів при зміні структури водорозбору.8. План та розрізи насосної станції другого підйому.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Добровольська О.Г., доцент		
2	Добровольська О.Г., доцент		
3	Добровольська О.Г., доцент		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розділ 1. Аналіз впливу різних факторів на гідравлічні характеристики мережі. Листи 1,2.	1 листопада	
2.	Розділ 2. Визначення розрахункових параметрів.3. Методи та методика дослідження. Листи 3,4.	15 листопада	
3.	Розділ 4. Дослідження гідравлічних характеристик водопровідної мережі з урахуванням структури водорозбору. Листи 5, 6.	28 листопада	
4	Розділ 5. Техніко-економічні розрахунки. Лист 7.	1 грудня	
5	Загальні висновки. Лист 8.	10 грудня	
6.	Попередній захист	12 грудня	

Студент

(підпис)

О.В. Панкратов

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)

(підпис)

О. Г. Добровольська

(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

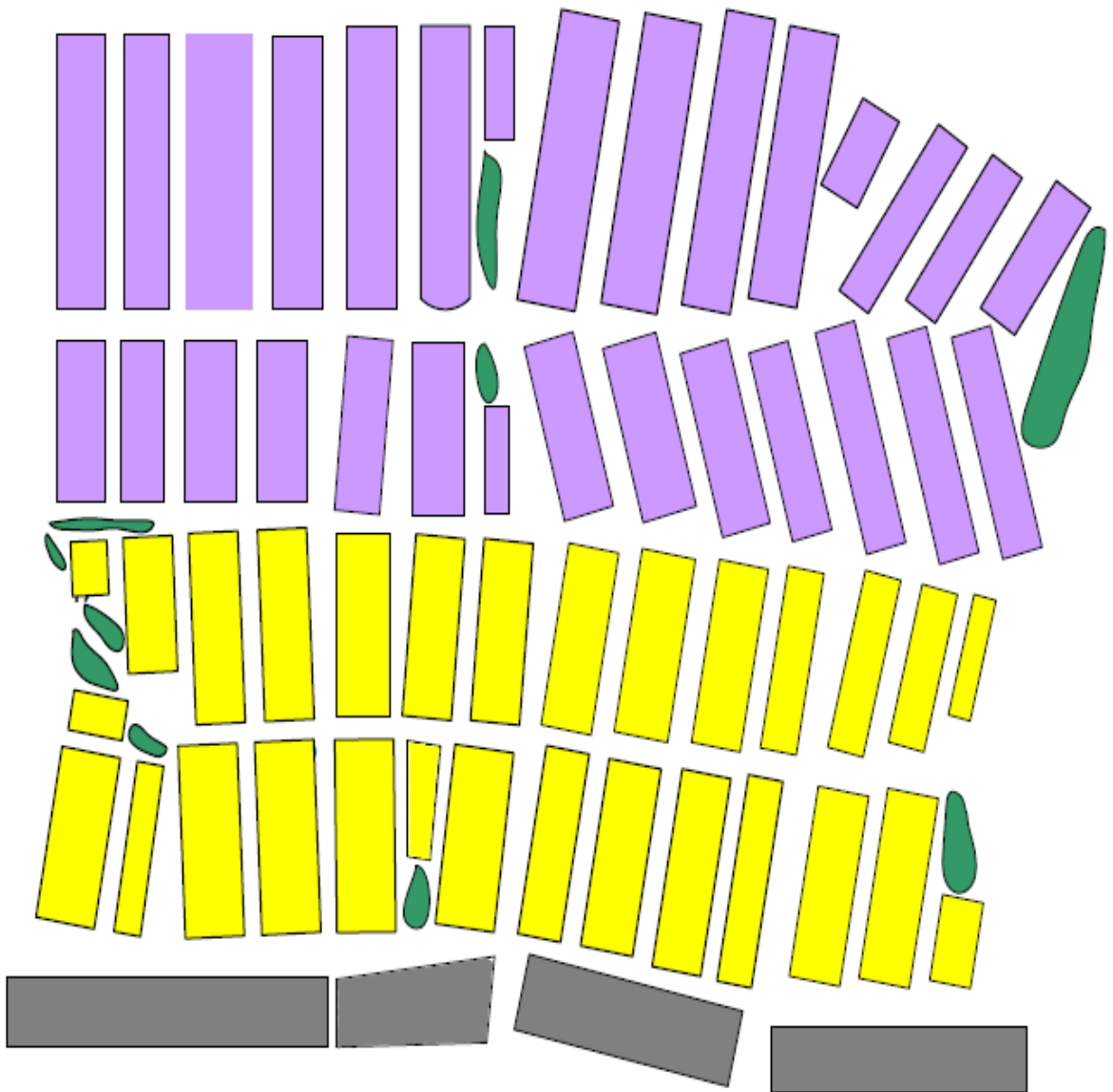
Нормоконтролер

(підпис)

І.В. Гребенюк

(ініціали та прізвище)

M 1:10000



АНОТАЦІЯ

Панкратов О.В. Дослідження гідравлічних характеристик водопровідної мережі з урахуванням структури водорозбору

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 ім. Ю.М. Потебні. Кафедра міського будівництва і архітектури, 2022 р.

Виконано аналіз динаміки вузлових напорів та утворення районів недостатніх та надмірних напорів у водопровідній мережі з урахуванням структури водоспоживання. Розроблені рекомендації для визначення розташування контрольних вузлів при експлуатації водопровідних мереж.

Ключові слова: СТРУКТУРА ВОДРОЗБОРУ; ВІЛЬНІ НАПОРИ; ПОТОКОРОЗПОДІЛ; П'ЄЗОМЕТРИЧНІ ПОЗНАЧКИ; КОНТРОЛЬНІ ВУЗЛИ

SUMMARY

Pankratov O.V. Study of the hydraulic characteristics of the water supply network taking into account the water distribution structure

Qualifying thesis for obtaining a master's degree in the specialty 192 - construction and civil engineering. Academic supervisor – O. G. Dobrovolska, Zaporizhzhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Desired Department of Urban Construction and Architecture, 2022

The analysis of the dynamics of nodal pressures and the formation of regions of insufficient and excessive pressures in the water supply network, taking into account the structure of water consumption, was performed. Recommendations have been developed for determining the location of control nodes during the operation of water supply networks.

Keywords: STRUCTURE OF WATER DISTRIBUTION; FREE PRESSURES; POWER DISTRIBUTION; PIEZOMETRIC MARKS; CONTROL NODES.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ВПЛИВУ РІЗНИХ ФАКТОРІВ НА ГІДРАВЛІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕРЕЖІ.....	9
1.1 Особливості водопостачання в умовах воєнного стану.....	9
1.2 Формування структури водорозбору сучасних міст.....	11
1.3 Вплив забудови на динаміку напорів у водопровідній мережі	14
1.4 Аналіз вузлових напорів в умовах відновлення та реконструкції водопровідних мереж.....	16
1.5 Мета та завдання дослідження.....	19
РОЗДІЛ 2 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ПАРАМЕТРІВ.....	20
2.1 Характеристика забудови міста і визначення розрахункової кількості мешканців.....	20
2.2 Визначення розрахункового добового водоспоживання міста.....	20
2.3 Режим водоспоживання міста.....	21
2.4 Вибір режиму роботи насосної станції II підйому і розрахунок регулюючих ємностей у системі.....	25
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ.....	33
3.1 Вплив структури водорозбору на розташування районів з недостатніми та надмірними напорами.....	33
3.2. Методика дослідження.....	34
РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ З УРАХУВАННЯМ СТРУКТУРИ ВОДРОЗБОРУ.....	35
4.1 Визначення розрахункових витрат на ділянках мережі.....	35
4.2 Розрахунок діаметрів ділянок.....	44
4.3 Гідравлічна ув'язка водопровідної мережі.....	46
4.4 Визначення п'єзометричних позначок та вільних напорів у вузлах мережі та визначення висоти стовбуру водонапірної башти.....	50
4.5 Визначення п'єзометричних позначок та вільних напорів у вузлах мережі з урахуванням змінення структури водоспоживання.....	69
4.6 Аналіз гідравлічних розрахунків мережі при змінній структурі розміщення споживачів.....	69
4.7 Розрахунок об'єму резервуару чистої води.....	70
4.8 Розрахунок насосної станції II-го підйому.....	70
4.8.1 Визначення діаметрів всмоктуючих і напірних водоводів.....	71
4.8.2 Визначення розрахункового напору насосів.....	71
4.8.3 Підбір насосів та електродвигунів до них.....	72

4.8.4 Розрахунок режиму роботи насосної станції при пожежогасінні.....	73
4.8.5 Визначення позначок осі насосу і підлоги насосної станції.....	74
4.8.6 Визначення висоти машинної зали і підбір вантажопідйомного обладнання.....	74
4.8.7 Аналіз режиму роботи насосів і уточнення їх робочих характеристик.....	75
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ.....	78
5.1 Аналіз динаміки напорів у вузлах мережі при зміні структури водорозбору.....	78
5.2 Розрахунок витрат на електроенергію.....	79
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	82
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	83

ВСТУП

Актуальність теми кваліфікаційної роботи. Водопровідні мережі населених міст – складна гідравлічна система, технічні показники функціонування якої формуються під впливом різних факторів. Частина факторів носить імовірний характер, що навіть при нормальному її функціонуванні вимагає оперативного управління її роботою. До таких факторів слід віднести зміну структури водорозбору. Тому доцільним буде розробка методики, яка б дозволяла на стадії проектування мережі та під час її експлуатації встановити найбільш проблемні ділянки та обладнати їх обладнанням для контролю тиску.

Об'єкт дослідження – кільцева магістральна водопровідна мережа населеного пункту, яка складається з 16 кілець, 28 вузлів та 43 ділянок продуктивністю 91085 м³/добу та поверховістю забудови у 9 поверхів.

Предмет дослідження – моделювання зміни структури водорозбору та аналіз динаміки напорів у вузлах водопровідної мережі.

Методи дослідження. Для виконання досліджень та аналізу отриманих результатів використані методи математичного та комп'ютерного моделювання, методи гідравлічних розрахунків водопровідних мереж.

Мета роботи – дослідження гідравлічних характеристик водопровідної мережі з урахуванням структури водорозбору.

Задачі досліджень. Для досягнення вказаної мети було потрібно:

- сформулювати вихідні дані та розробити схему водопровідної мережі;
- виконати гідравлічні розрахунки за основними режимами роботи мережі;
- виконати моделювання структури водорозбору шляхом зміни вузлових напорів;
- виконати гідравлічні розрахунки мережі з урахуванням зміни структури водорозбору;
- за результатами розрахунків визначити значення п'єзометрів та вільних напорів у вузлах мережі;
- виконати аналіз динаміки вузлових напорів з урахуванням зміни водорозбору;
- розробити рекомендації щодо використання отриманих результатів для проектування водопровідних мереж та їх експлуатації.

Наукова новизна отриманих результатів. Розроблена методика визначення районів розподілу тиску в мережі з урахуванням зміни водорозбору під час експлуатації.

Практичне значення отриманих результатів. Результати досліджень можуть бути використані проектними філіями комунальних підприємств для вибору оптимального режиму експлуатації водопровідних мереж.

Апробація роботи. Головні положення доповідались на II Всеукраїнській науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України», яка проходила 18-20 жовтня 2022 року в Інженерному навчально-науковому інституті ім. Ю.М. Потебні Запорізького національного університету [21].

Структура та обсяг роботи. Робота складається зі вступу, 6 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 26 найменувань. Робота викладена на 84 сторінках, містить таблиць – 34, рисунків – 8.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ВПЛИВУ РІЗНИХ ФАКТОРІВ НА ГІДРАВЛІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕРЕЖІ

1.1 Особливості водопостачання в умовах воєнного стану

В теперішній час в Україні вода також може використовуватися як причина конфлікту між державами, що траплялося в ході інших історичних подій. Накопичення великих об'ємів води у штучних водосховищах під час таких конфліктів є дуже небезпечним фактором. Зруйновані греблі українських водосховищ можуть затопити значні території вниз за течією. Така небезпека для України існує для великої місцевості, яка охоплює тисячі населених пунктів, для мешкають сотні тисяч громадян.

У березні 2022 року під час російської агресії зафіксовано обстріли та руйнування насосних станцій, мереж водопостачання та водовідведення, станцій водопідготовки, що призводить до аварійних ситуацій та позбавляє людей доступу до питної води. Наприклад, без води залишилися жителі Маріуполя, яким прийшлося навіть застосовувати воду з калюж. У березні 2022 року жителі Чернігова не мали можливості отримувати питну воду та користувалися водою з Десни, а у квітні з аналогічна проблема виникла у мешканців Миколаєва.

В умовах обстрілів водної інфраструктури, мінування гребель, проведення військових операцій на території Чорного та Азовського морів актуальним є питання збереження водопостачання для населення. Так, внаслідок обстрілу очисних споруд Васильківського експлуатаційного цеху водопостачання та водовідведення було зруйновано будівлю каналізаційної насосної станції. Внаслідок таких дій зворотні води без будь-якої очистки потрапляють у річці Дніпро.

За два місяці війни стратегічними цілями стали нафтобази у Харкові, Чернігові, Луганську, Житомирі, Калинівці, Львові, Дубні, Луцьку Василькові та ін. Такі вибухи та спровоковані ними пожежі призводять до забруднення як ґрунту, так і водних ресурсів [26].

Детальний опис загрози гідродинамічної небезпеки на річках і водосховищах України наведено у [26].

Наприклад, якщо розглянути основні джерела водної небезпеки на найбільшій річці Дніпро, то необхідно зазначити наступне. В Придніпровському економічному районі є 3 водосховища (Кам'янське, Карачунівське, Кременчуцьке), при виникненні аварійних ситуацій на греблях можуть бути катастрофічні наслідки для населення Дніпропетровської, Запорізької та Кіровоградської областей. При руйнуванні греблі Кам'янського водосховища опинитися під водою територія загальною площею 769 км², в яку потрапляють 5 міст (Кам'янське, Дніпро, Новомосковськ, Марганець і Нікополь) та 43 сільських населених пунктів 8 районів

Дніпропетровщини. Може затопити і частину території Запорізької області загальною площею 342 км², на якій розташовані м.Запоріжжя та 33 населених пункти. Із зони катастрофічного затоплення необхідно буде евакуювати близько 500 тис. чоловік [1].

У Кіровоградській області значну небезпеку для населення становить водосховище Кременчуцької ГЕС (об'єм 13500 млн. м³). При зруйнуванні її греблі в межах області затопленою може бути територія загальною площею 116 км², на якій проживає 28 тис. осіб.

У Східному економічному районі основним джерелом великої небезпеки населення є водосховище Кременчуцької ГЕС об'ємом 13500 млн. м³. При зруйнуванні його греблі в Полтавській області виникне зона катастрофічного затоплення загальною площею 1200 км², на території якої розташовані 68 населених пунктів (в т.ч. й міста Кременчук і Горішні Плавні) з населенням понад 256 тис. осіб.

За даними [26] для населення Центрального економічного регіону основними джерелами гідродинамічної небезпеки є два великих водосховища, що розміщені на Дніпрі. В Київській області основним джерелом цієї небезпеки для населення є водосховище Київської ГЕС (об'єм 3730 млн. м³). При зруйнуванні його греблі в межах області виникне зона небезпечного затоплення загальною площею 1130 км². В зоні ймовірного затоплення розташовані м.Київ і 50 населених пунктів, в небезпечних зонах яких проживає 80,8 тис. осіб.

Також інформаційні джерела [26] зазначають, що в Черкаській області основним джерелом гідродинамічної небезпеки є водосховище Канівської ГЕС (2500 млн. м³). При зруйнуванні її греблі, виникне зона катастрофічного затоплення загальною площею 780 км². В цій зоні опиняться м.Черкаси та 66 населених пунктів з населенням понад 65 тис. осіб.

Виходить, що новою глобальною тенденцією сучасного розвитку є те, що основні стратегічні ресурси – це водні ресурси, які частіше стають причиною міжнародних конфліктів, збройних нападів і навіть збройних конфліктів. Вода – це головний цінний, але дуже обмежений ресурс, особливо у південних та східних регіонах України. Безумовно, військові дії погіршують ситуацію з водою в нашій країні, але всі негативні водні ситуації повинні бути враховані відповідними органами влади та сформовані перспективи щодо боротьби з її негативними наслідками.

Вода з мережі та питна вода з пунктів розливу повинна відповідати вимогам Державних санітарних норм та правил [1] за показниками епідемічної та радіаційної безпеки. У травні 2022 року були затверджені Державні санітарні норми і правила «Показники безпечності та окремі показники якості питної води в умовах воєнного стану та надзвичайних ситуаціях іншого характеру».

У місцях влаштування водозаборів, на водопровідних спорудах та мережах централізованого господарсько-питного водопостачання на території Запорізької області структурними підрозділами Державної установи «Запорізький обласний центр контролю та профілактики хвороб МОЗ» здійснюються своєчасні дослідження якості питної води. Станом на сьогодні проби на мікробіологічні та санітарно-хімічні показники відповідають прийнятим нормативам. Є додаткові фактори в умовах воєнного стану, які чинять вплив на якість водозабезпечення.

В умовах воєнних подій тривалі обстріли та відсутність доступу до питної води змушує застосувати воду з будь-яких джерел, це може загрожувати розвитком небезпечних для життя станів, які є результатом забруднення води насамперед смертоносними інфекційними бактеріями, а також токсинами природного та штучного походження. За інформацією [1, 26] для знешкодження негативної дії від вживання такої води фахівці рекомендують застосовувати окиснювачі із власної аптечки: перекис водню: 1 ст/л (при сильному забрудненні - 2 ст/л) на літр води з подальшим відстоюванням протягом години, дати відстоятися приблизно годину; пігулки гідропериту. 2–3 таблетки на 1 л води; шматочок срібла в будь-якому вигляді (монета, ложка) залишають у ємності з водою на 1 добу. У разі відсутності доступу до прісної води наявну солону воду «опріснюють» методом виморожування. Метод заснований на тому, що прісна вода замерзає при температурі 0°C , а солоні - при нижчій. Таким чином, при температурі $3-4^{\circ}\text{C}$ і нижче поверхні солоної води утворюється кірка з прісного льоду.

1.2 Формування структури водорозбору сучасних міст

Водопостачання є головним джерелом економічного та соціального розвитку: воно має життєво важливе значення для забезпечення здоров'я, вироблення продуктів харчування, енергопостачання, раціонального природокористування, економічного розвитку усіх сфер життя. Крім того, водна безпека є невід'ємним елементом досягнення цілей сталого розвитку до 2030 року [1].

Водне питання торкнулося і України, коли питання водозабезпечення та водної безпеки стали вкрай актуальними в умовах збройного конфлікту.

За запасами доступних для використання водних ресурсів Україна належить до малозабезпечених. За цим показником Україна перебуває на 111 місці серед 152 країн світу, а серед 20 європейських країн посідає 17 місце за даними [1].

Як зазначено у [1] клімат в Україні має тропічні властивості з тривалими періодами без опадів, падінням рівня ґрунтових вод та збільшеним пересиханням дрібних річок та водотоків. Як свідчать вчені, протягом наступних 30 років слід очікувати на подальше обмеження прісної води, а після 2050 року Україна може навіть перейти до її імпорту.

На стан водопостачання впливають наступні фактори: погодні фактори, якість води в підземних та поверхневих джерелах водопостачання, якість водопідготовки, надійність системи транспортування води, стан водопровідних мереж.

Додатковою проблемою є вплив **зміни клімату** на півдні регіону України. Вчені зазначають, що з 2041 року можливе зупинення місцевого поверхневого стоку у маловодні річки у Херсонській, Одеській, Миколаївській, Дніпропетровській та Запорізькій областях. Так у Запорізькій області «кліматичний стік» може зменшитися вдесятеро, у Дніпропетровській – у 6, у Миколаївській – у 3,6 рази, а в Криму – удвічі [1].

У вересні 2022 року відібрано та проаналізовано **якісний стан** річок у 424 пунктах спостережень.

За даними [1] збільшилася кількість проб води, відібраних у басейні Дону (у межах Харківської та Донецької областей). У тому числі досліджено 1 пункт у місці розташування питного водозабору (р. Сіверський Донець, водозабір Слов'янського РВУ КП «Компанія «Вода Донбасу»).



Рисунок 1.1 – Якісний стан басейну річки Дон

У басейні Південного Бугу відібрані проби води.

У місцях розташування питних водозаборів Миколаївської області (міста Вознесенськ, Південноукраїнськ, Первомайськ та смт Побузьке) збільшилася

кількість опрацьованих пунктів моніторингу у басейні нижнього Дніпра, у тому числі у місцях питних водозаборів.

У пункті моніторингу р. Дніпро, верхній б'єф Дніпровської ГЕС, питний водозабір м. Запоріжжя проби води відібрані для дослідження радіологічних показників.



Рисунок 1.2 – Якісний стан басейну річки Дніпро

Інформаційні дані про кількість відборів проб води та їх результати (за басейнами) наведена у інформаційних графіках (рис. 1.1.). У зв'язку з воєнним конфліктом моніторинг стану річкового басейну Приазов'я тимчасово не здійснювався.

Але окремої уваги заслуговує вплив воєнного стану на формування структури водоспоживання. Другий ризик – відтік споживачів. Враховуючи, що обладнання в більшості водоканалів залишається старого зразка, то це не лише зменшення обсягів подачі води та водовідведення при майже тих самих питомих витратах, а й суттєве скорочення коштів підприємств.

Негативний результат ситуації – відсутність коштів на закупівлю електроенергії та необхідних реагентів на фоні значного зростання вартості та зміни напрямків логістики.

1.3 Вплив забудови на динаміку напорів у водопровідній мережі

Централізована система питного водопостачання населеного пункту, залежно від місцевих умов і прийнятої схеми водопостачання, повинна відповідати вимогам Закону України «Про питну воду та питне водопостачання» [9] та забезпечувати його жителів водою якістю згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10 [8] для задоволення питних та господарсько-побутових потреб у нормативно-обґрунтованих об'ємах Закону України «Про житлово-комунальні послуги» [13] та Методики визначення нормативів питного водопостачання населення [14].

Головною задачею централізованої системи питного водопостачання – є подача води в достатній кількості та під необхідним напором. Наявність недостатніх напорів знижує якість водозабезпеченості, надмірні напори є причиною нераціональних витрат води.

На динаміку напорів системи водопостачання у водопровідній мережі впливають різні фактори, серед яких можна виділити наступні рис.1.4.

Для нормальної роботи водорозбірної арматури водокористувачів потрібна не тільки достатня кількість якісної води в мережі, але й здійснення цієї задачі під необхідним напором [15].



Рисунок 1.3 – Фактори, які впливають на динаміку напорів системи водопостачання

Вільний напір повинен бути достатнім для нормального виліву води з водорозбірних пристроїв, подолання опору при русі її по трубопроводах до будь-якого введення та мережі внутрішньої розводки, а також внутрішньоквартальної мережі, якщо вода до будівлі поступає від магістральної водопровідної мережі через внутрішньоквартальну мережу. Необхідний вільний напір, m , визначають за формулою:

$$H_{\text{ввл}} = H_o + \Sigma h + h_{\text{п}}, \quad (1.1)$$

де H_o – висота розташування самого високого (розрахункового) водорозбірного приладу над поверхнею землі;

Σh – сума втрат напору на шляху руху води від точки підключення к магістральної мережі до розрахункового водорозбірного приладу;

$h_{\text{п}}$ – напір, котрий необхідно забезпечити у водорозбірному приладі.

Коли з'являється нова забудова, вона так чи інакше впливає на напори в водопровідній мережі. В залежності від типу, поверховності, розташування та призначення забудова по-різному вплине на динаміку напорів мережі. Зменшиться фактичний вільний напір у мережі, якщо він більше (або дорівнює) необхідного вільного напору, то це добре. Але якщо фактичний вільний напір зменшиться настільки, що буде менше, чим необхідний вільний напір, то треба буде підсилювати тиск в мережі. Нова забудова може призвести і до зміни максимального вільного напору. Наприклад, побудували багатопверховий будинок, кількість поверхів якого більша за поверхи існуючих будинків. Це означає, що в мережі зміниться не вигідна точка. Тому треба перерахувати максимальний вільний напір і водопровідну мережу в цілому. Якщо цього не зробити, то на останніх поверхах будівлі не буде води або буде, але з недостатнім напором.

Вільний напір у зовнішній мережі системи виробничого водопостачання слід приймати за галузевими будівельними нормами технологічного проектування.

Мінімальний вільний напір у мережі протипожежного водопроводу низького тиску під час пожежогасіння (на рівні поверхні землі) повинен бути не менше ніж 10 м.

Мінімальний вільний напір у мережі протипожежного водопроводу високого тиску повинен забезпечувати висоту компактного струменя не менше ніж 10 м за максимально необхідної витрати води на пожежогасіння та розташуванні пожежного ствола на рівні найвищої точки найвищої будівлі.

Вільний напір у мережі об'єднаного протипожежного водопроводу (питного або виробничого) повинен бути не менше ніж 10 м, але не більше ніж 45 м (рис.1.4).

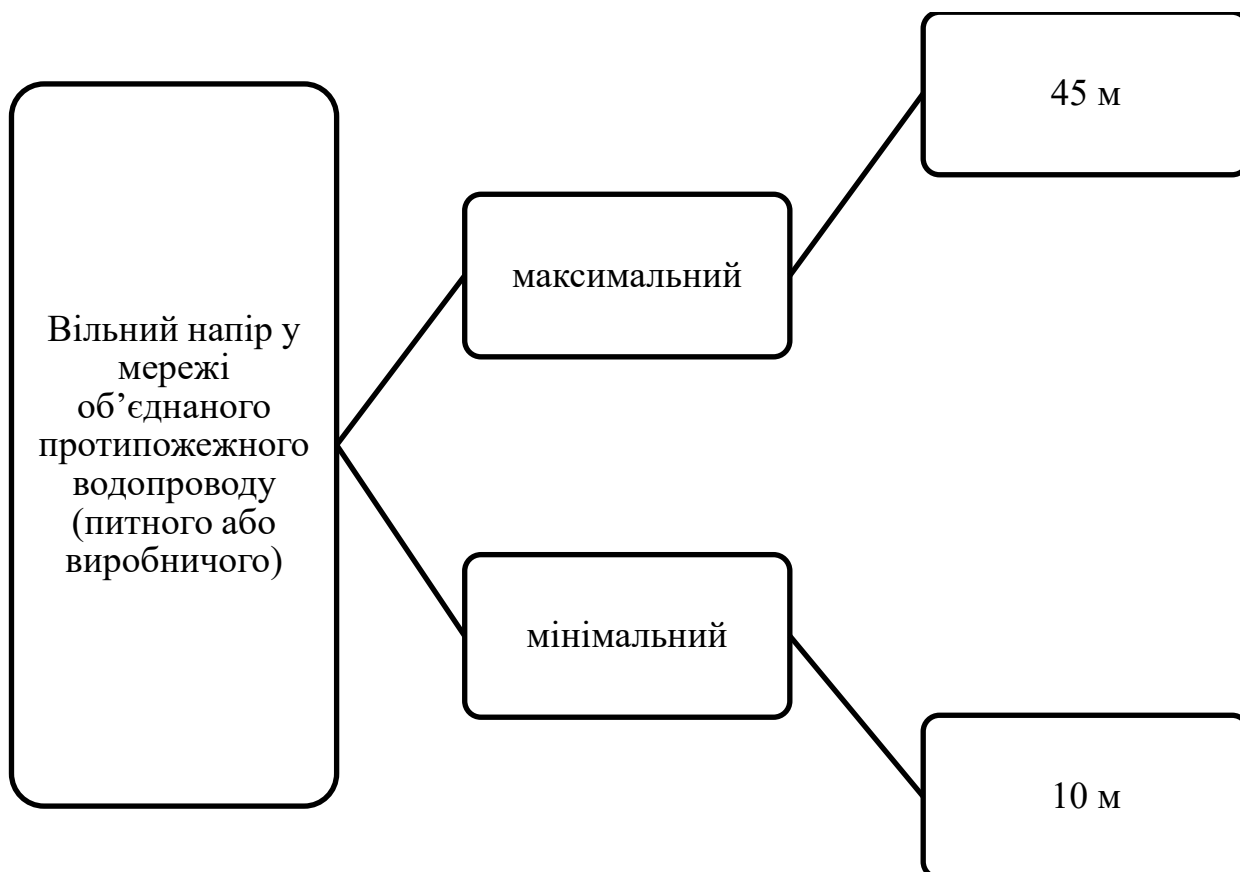


Рисунок 1.4 – Вільний напір у мережі об'єднаного протипожежного водопроводу (питного або виробничого)

Вплив вищеназваних факторів на гідравлічний стан водопровідної мережі варто враховувати на стадії проектування мережі.

1.4 Аналіз стану водопровідних мереж в Україні

Трубопроводні системи є невід'ємною частиною систем водопостачання. Протяжність водопровідних мереж комунальної власності України сягає 100 тис. км. Переважна кількість з них (більше 60%) фізично зношені, майже 40% відпрацювали встановлений термін експлуатації (побудовані та введені в експлуатацію в 50-60 роках ХХ сторіччя). Прогнозні розрахунки показують, що до 2020 року протяжність повністю амортизованих трубопроводів сягне 75%. Аналіз технічного стану мереж показує, що зростання кількості аварійних ділянок складає 0,9 тис. км на рік. Втрати води в системах водопостачання за різними даними коливаються в межах 25-50% (в Європейських країнах 15-16%), що вкрай негативно позначається на ефективності їх роботи, призводить до невиправданого перевантаження споруд, формує проблеми екологічного

плану. Основними причинами втрати води є витіки при аваріях мереж та використання недосконалої водорозбірної арматури.

Рівень забезпеченості централізованим водопостачанням у містах – 99,1%. Ним забезпечені 89,8% селищ міського типу 30,1% сіл. Отже, у 69% населення є доступ до систем централізованого водопостачання, а у 47,8% – до системи водовідведення.



Рисунок 1.5 – Стан водопостачання та водовідведення в Україні

Крім того, в 9 областях України воду використовують за графіком або взагалі привізну, це майже 270 тисяч осіб. «На сьогодні очисні споруди не дозволяють забезпечити очищення стічних вод відповідно до вимог законодавства, що призводить до скидання забруднених стічних вод у джерела питного водопостачання і погіршення якості питної води», – йдеться в документі. Із загального обсягу скинутих у водні об'єкти стічних вод – 13,72% забруднені. На цей час в системах водопостачання (СВП) сформувалися значні проблеми на всіх ділянках їх функціонування, починаючи із забруднення джерел і закінчуючи використанням недосконалої водорозбірної арматури.

Значення фізико-хімічних параметрів поверхневих вод України за останні роки набули суттєвого відхилення від фонових показників. Основна кількість поверхневих вод характеризується як помірно забруднена

В Україні також зношені основні системи централізованого водопостачання та водовідведення: в аварійному стані 35% водопровідних мереж, 38% мереж водовідведення та майже 30% насосних агрегатів на насосних станціях. Через це спостерігається високий рівень втрат питної води – близько 36% по країні.



Рисунок 1.5 – Стан водопровідних мереж в Україні

Установлена виробнича потужність очисних споруд дозволяє надавати споживачам понад 16 млн. м³ питної води на добу. Зростає рівень, забруднення продуктами антропогенного та техногенного походження. В зв'язку з цим очисні споруди перестають виконувати бар'єрну роль, технологічні процеси стають більш матеріало- та енергоємними, збільшуються витрати очищеної води на власні потреби.

Основна причина в тому, що очисні споруди та мережі побудували ще в 70-80 роках ХХ століття і відтоді їх майже не оновлювали. Щоб зрозуміти, з якими проблемами стикаються водопостачальні підприємства під час війни, можна умовно розділити водоканали України на три групи.

Перша група — це ті підприємства, які перебували в зоні бойових дій і зазнали значних пошкоджень систем водопостачання та водовідведення, а також значній відтік споживачів.

Друга – водоканали, які перебували або перебувають в зоні ризиків бомбардувань або бойових дій. Там ми в більшості випадків спостерігаємо значний відтік споживачів

Третя група – водоканали в основному західних регіонів України. Там основна проблема полягає у значному зростанні кількості споживачів.

Найбільша проблема — руйнування систем водопостачання і водовідведення, у підприємств одразу виникає потреба у фінансуванні заходів з відновлення робочого стану мереж чи обладнання.

Відновлення водопостачання та каналізування — це першочергова задача, адже від цього залежить і санітарно-епідеміологічний стан населеного пункту, і можливості пожежогасіння під час надзвичайних ситуацій.

На основі вищезазначеного можна дійти висновку, що в СВП склалася доволі складна ситуація. Відновлення інфраструктури міст, реконструкція пошкоджених мереж, налагодження режимів водоспоживання з урахуванням зміни водорозбору-головні питання для вирішення на цей час.

1.5 Мета та завдання дослідження

Мета роботи – дослідження гідравлічних характеристик водопровідної мережі з урахуванням структури водорозбору

Для досягнення мети необхідно виконати наступні завдання:

- сформулювати вихідні дані та розробити схему водопровідної мережі;
- виконати гідравлічні розрахунки за основними режимами роботи мережі;
- виконати моделювання структури водорозбору шляхом зміни вузлових напорів від 20% до 60% із кроком $\Delta=20\%$;
- виконати гідравлічні розрахунки мережі з урахуванням зміни структури водорозбору;
- за результатами розрахунків визначити значення п'єзометрів та вільних напорів у вузлах мережі;
- виконати аналіз динаміки вузлових напорів з урахуванням зміни водорозбору;
- розробити рекомендації щодо використання отриманих результатів для проектування водопровідних мереж та їх експлуатації.

РОЗДІЛ 2 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ПАРАМЕТРІВ

2.1 Характеристика забудови міста і визначення розрахункової кількості мешканців

Система водопостачання проектується в населеному пункті Київської області. Місто ділиться на два райони. Перший район має забудову дев'ятиповерховими будинками, другий – дванадцятиповерховими. Загальна площа першого району дорівнює 229 га. Щільність населення в цьому районі – 480 чол/га. Загальна площа другого району – 156,81 га, щільність населення – 520 чол/га. Ступінь благоустрою будинків першого і другого району: централізоване гаряче водопостачання; В місті є два промислових підприємства, розташованих в другому районі. Загальна кількість працюючих на першому та другому підприємстві становить 1000 чол.

Визначено кількість населення в кожному районі міста:

$$N_i = P_i * F_i, \quad (2.1)$$

де P_i – щільність населення, люд./га;

F_i – площа і-го району міста, га ($S_1 = 229$ га; $S_2 = 156,81$ га).

$$N_1 = 480 * 229 = 109920 \text{чол};$$

$$N_2 = 520 * 156,81 = 81541 \text{чол}.$$

2.2 Загальна характеристика системи водопостачання населеного пункту і її елементів

Система водопостачання населеного пункту включає в себе головні споруди, водоводи, магістральну водопровідну мережу.

До головних споруд відносяться такі елементи:

- водозабір, суміщений з насосною станцією I підйому, який знаходиться на відстані 2 км від міста;
- водоочисна станція, майданчик якої знаходиться на відстані 2,6 км від міста;
- насосна станція II підйому, яка розташована на території водоочисної станції;
- резервуари чистої води.

Водоводи, які ведуть до міста, мають протяжність 2,6 км.

Магістральна водопровідна мережа спроектована таким чином, щоб забезпечувалася безперебійна подача необхідної кількості води споживачам.

2.3. Визначення розрахункового добового водоспоживання міста

Витрати води на господарсько-питні потреби міста, поливку вулиць та зелених насаджень визначено окремо для кожного району.

Середньодобова витрата води i -го району, $м^3 / \text{доб}$:

$$Q_{\text{доб.}i} = \frac{N_i * q_i}{1000}, \quad (2.2)$$

де q_i – питоме господарсько-питне водоспоживання на одного мешканця, л/доб.

$$Q_{\text{доб.}1} = \frac{109920 * 300}{1000} = 32976 \text{ м}^3 / \text{доб};$$

$$Q_{\text{доб.}2} = \frac{81541 * 300}{1000} = 24462,3 \text{ м}^3 / \text{доб}.$$

Розрахункові витрати води для окремих районів в добу найбільшого та найменшого водоспоживання:

$$Q_{\text{доб.макс}i} = K_{\text{доб.макс}i} * Q_{\text{доб}i}; \quad (2.3)$$

$$Q_{\text{доб.мін}i} = K_{\text{доб.мін}i} * Q_{\text{доб}i}; \quad (2.4)$$

де $K_{\text{доб.мін}i}, K_{\text{доб.макс}i}$ – відповідно мінімальний та максимальний коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання i -го району міста.

Таблиця 2.1 -Добові витрати води на господарсько-питні потреби населення міста

айон міста	Розрахункова кількість мешканців, люд.	Питоме середньодобове водоспоживання, л/(доб.*люд)	Коефіцієнт добової нерівномірності		Добові витрати води, м ³		
			K _{max}	K _{min}	Q _i	Q _{max.i}	Q _{min.i}
1	109920	300	1,2	0,8	32976	39571	26381
2	81541	300	1,2	0,8	24462	29354	19570
Разом	191461				57438	68925	45951

Добову витрату води на поливку вулиць та зелених насаджень визначено за питомими витратами води на одиницю площі, яку поливають. З загальної витрати води на поливку 40% використовують двірники, 60%-поливні машини. Розрахунки водоспоживання на поливку вулиць та зелених насаджень зведено у таблицю 1.2.

Таблиця 2.2 - Добові витрати води на полив вулиць та зелених насаджень

Район міста	Розрахункова кількість мешканців, люд.	Питома середньодобова витрата на поливання, л/(доб. люд.)	Добова витрата води на поливання, м ³ /доб		
			Всього по району $Q_{пол.i}$	двірниками $Q'_{пол.i}$	поливальними машинами $Q''_{пол.i}$
1	109920	70	7694	3078	4616
2	81541	70	5708	2283	3425
Всього по місту	191461		13402	5361	8041

Витрати води на промислових підприємствах складаються з витрат на господарсько-питні потреби робітників, прийняття душа та виробничі потреби.

Витрату води на господарсько-питні потреби робітників, зайнятих на виробництві, визначено для кожної зміни, виходячи з кількості працюючих та питомої витрати води на одного працюючого.

Загальну кількість працюючих за видами цехів (гарячі та холодні) розподілено на підставі відсотка працюючих в гарячих цехах. Питоме водоспоживання для цехів з тепловиділенням більше ніж 80 кДж приймається на одну людину 45 л/зміну, для холодних цехів – 25 л/зміну.

Розрахунки по визначенню витрати води на господарсько-питні потреби робітників, зайнятих на виробництві, зведено у таблицю 2.3.

Витрата води на користування душем на промислових підприємствах:

$$Q = 0,5 * \frac{\sum N_i}{n_i}, \quad (2.4)$$

де 0,5- годинна витрата води на одну душову сітку, м³;

Таблиця 2.3 – Витрата води на господарсько-питні потреби робітників промислових підприємств

Найменування підприємства	Зміна	Кількість робочих N, люд.	Гарячі цеха			Холодні цеха			Загальна витрата Q, м ³
			Кількість робочих в гарячих цехах	Питома витрата води на 1 люд. $\frac{л}{зміна}$	Витрата води в гарячих цехах	Кількість робочих в холодних цехах	Питома витрата води на 1 люд. $\frac{л}{зміна}$	Витрата води в холодних цехах	
Підприємство №1	1	600	300	45	13,5	300	25	7,5	21
	2	400	200		9	200		5	14
Всього		1000	500		22,5	500		12,5	35
Підприємство №2	1	600	300	45	13,5	300	25	7,5	21
	2	400	200		9	200		5	14
Всього		1000	500		22,5	500		12,5	35
Разом по підприємствах		2000	1000		45	1000		25	70

N_i - кількість робочих в цехах з і-ю санітарною характеристикою виробничого процесу;

n_i - розрахункова кількість людей на одну душову сітку для і-ї санітарної характеристики виробничого процесу.

Визначаючи витрату води за формулою (1.4), розрахункову кількість робочих N_i прийнято рівною загальній кількості робочих, зайнятих в і-м процесі. Та обставина, що не всі працюючі користуються душем, враховується зміненням значення n_i .

Санітарну характеристику виробничого процесу прийнято для 1-го підприємства : гарячі цеха 2в, холодні - 1а; для 2- го підприємства: гарячі цеха – 2в, холодні цеха - 1а.

Розрахунки по визначенню витрат води на користування душем зведено у таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 – Витрата води на використання душа на промислових підприємствах

Найменування підприємства	Кількість робочих по змінах		Група виробничого процесу та санітарна характеристика	Кількість людей на одну сітку	Кількість робочих душових сіток по змінах		Витрата води по змінах, м ³	
	1	2			1	2	1	2
Підприємство №1								
Гарячі цеха	300	200	2в	5	60	40	30	20
Холодні цеха	300	200	1а	15	20	13	10	7
Всього	600	400			80	53	40	27
Підприємство №2								
Гарячі цеха	300	200	2г	3	100	67	50	34
Холдні цеха	300	200	1б	7	43	29	22	15
Всього	600	400			143	96	72	49
Разом	1200	600			223	149	112	76

Витрата води на пожежогасіння

Розрахункова витрата води на пожежогасіння й розрахункове число одночасних пожеж для житлової забудови міста прийнято рівними: 40 л/с на одну зовнішню пожежу, [1, табл.5] і 5 л/с на одну внутрішню пожежу при трьох одночасних пожежах.

Розрахункову витрату води на пожежогасіння промислових підприємств міста прийнято рівним: 20 л/с. Число одночасних пожеж на кожному із промислових підприємств прийнято рівним одному, тому що їх території не перевищують 150 га, а число одночасних пожеж на всіх підприємствах прийнято

рівним 2 при трьох одночасних пожежах у житловій забудові. Таким чином, загальне число одночасних пожеж у місті дорівнює 5.

Розрахункову витрату води на потреби пожежогасіння міста визначено шляхом підсумовування розрахункових витрат води на гасіння п'яти одночасних пожеж у житловій забудові міста (як необхідні більші витрати) і половини розрахункових витрат води на гасіння двох одночасних пожеж на промислових підприємствах (як потрібні менші витрати):

$$Q_{\text{пож}} = 3 \cdot (40 + 5) + 0,5 \cdot 2 \cdot 20 = 155 \text{ л/с}, \quad (2.5)$$

При розрахунковій тривалості гасіння пожежі, рівної 3 год, витрата води на потреби пожежогасіння міста складає:

$$Q'_{\text{пож}} = 3 \cdot 60 \cdot 60 \cdot Q_{\text{пож}} / 1000, \quad (2.6)$$

$$Q'_{\text{пож}} = (155 \cdot 3 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 60) / 1000 = 1670 \text{ м}^3.$$

2.4. Режим водоспоживання міста

Для призначення режиму споживання води на господарсько-питні потреби кожного району міста визначено максимальний коефіцієнт годинної нерівномірності:

$$K_{i.г.макс} = \alpha_{i.макс} * \beta_{i.макс} \quad (2.7)$$

де $\alpha_{i.макс}$ — коефіцієнт, який враховує ступінь упорядкування будівель, режим роботи підприємств та інші місцеві умови (прийнято 1,3 по [1]);

$\beta_{i.макс}$ — коефіцієнт, який враховує чисельність мешканців в районі (прийнято по [1]).

$$\beta_{1.макс} = 1,15 - \frac{1,15 - 1,1}{100000 - 50000} * (109920 - 50000) = 1,1;$$

$$\beta_{2.макс} = 1,15 - \frac{1,15 - 1,1}{100000 - 50000} * (81541 - 50000) = 1,12;$$

$$K_{1макс} = 1,3 * 1,1 = 1,45;$$

$$K_{2макс} = 1,3 * 1,12 = 1,5.$$

Знайдені коефіцієнти співпадають з табличними [2].

За відсотковим розподіленням добових витрат визначено витрату води для кожної години за формулою:

$$Q_i = P_i * Q_{i,доб.мах} / 100, \quad (2.8)$$

де P_i – значення i -ї годинної витрати, %;

Q_i – максимальна витрата для i -го району міста.

Режим витрати води на поливку рівномірний протягом доби, при цьому поливку силами двірників сплановано протягом 4 годин вранці та ввечорі, а поливку машинами – протягом двох змін 14 годин. Годинна витрата води на поливку визначено за формулою:

$$Q_{годпол} = Q_{добпол} / T_{пол} \quad (2.9)$$

де $Q_{доб.пол.}$ – витрата води на поливку (силами двірників або машин);

$T_{пол.}$ – тривалість поливки.

Для господарсько-питного водоспоживання на виробництві коефіцієнти годинної нерівномірності прийнято: для гарячих цехів – 2,5, для холодних – 3.

Воду для користування душем витрачають в необхідних кількостях по закінченню відповідної зміни.

Режим витрати води на виробничі потреби прийнято рівномірним на час роботи підприємства.

Всі вищевказані розрахунки зведено в таблиці 2.5 і 2.6. За даними цієї таблиці будемо ступінчатий (диференційний) графік погодинного водоспоживання міста.

Графік зображений на рисунку 2.1.

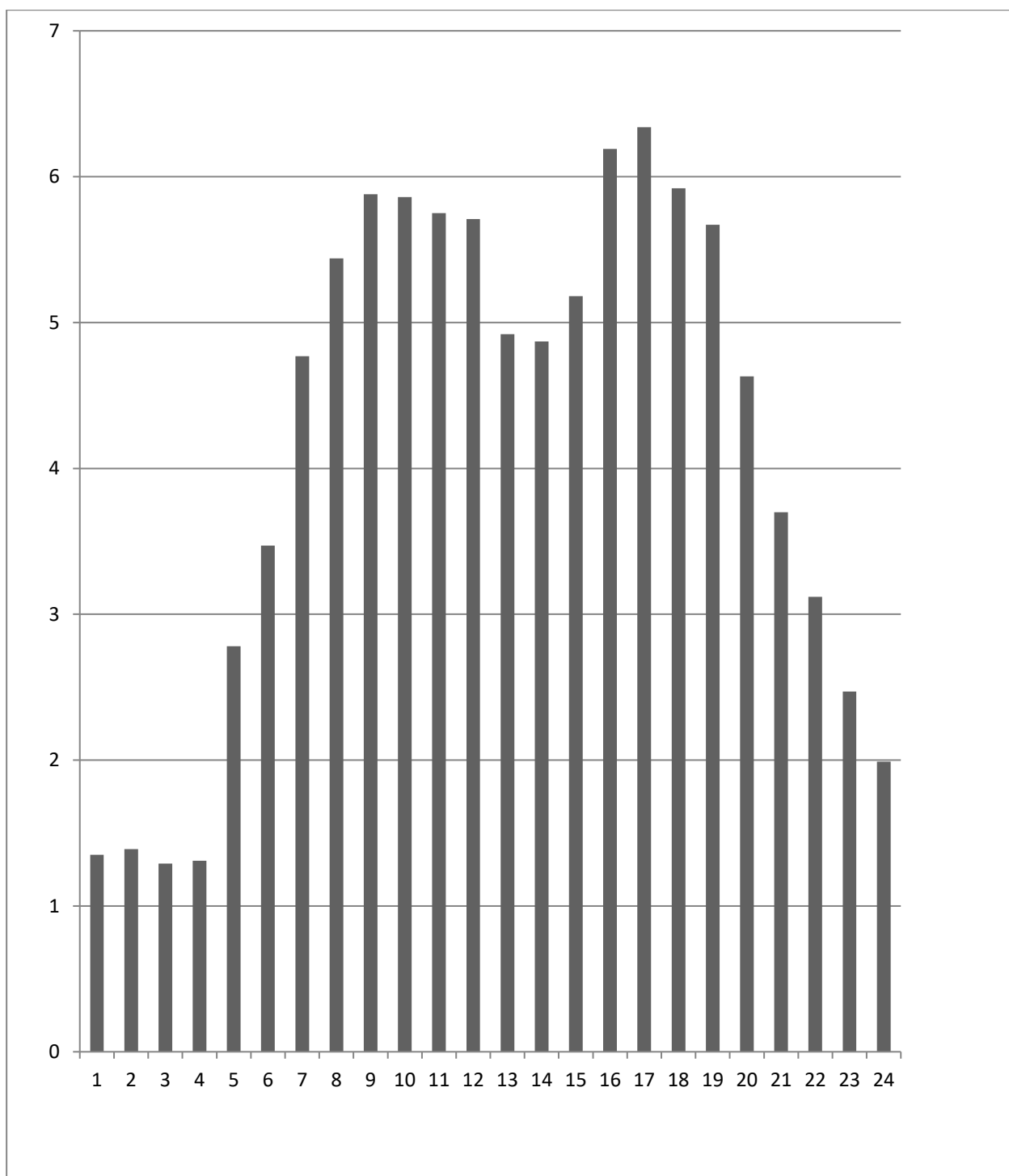


Рисунок 2.1 – Водоспоживання міста

Таблиця 2.5 – Господарсько-питні потреби міста. Витрати води на поливку вулиць і зелених насаджень

Години доби	Господарсько-потреби				Поливка вулиць і зелених насаджень, м ³			
	1 район		2 район		1 район		2 район	
	% Q _{доб.}	м ³	% Q _{доб.}	м ³	двірниками,	машинами,	двірниками,	машинами,
0...1	2	791	1,5	440				
1...2	2,1	831	1,5	440				
2...3	1,85	732	1,5	440				
3...4	1,9	752	1,5	440				
4...5	2,85	1128	2,5	734	385		286	
5...6	3,7	1464	3,5	1027	385		286	
6...7	4,5	1781	4,5	1321	385	330	285	244
7...8	5,3	2097	5,5	1614	384	330	285	244
8...9	5,8	2295	6,25	1835		330		245
9...10	6,05	2394	6,25	1835		330		245
10...11	5,8	2295	6,25	1835		330		245
11...12	5,7	2256	6,25	1835		329		245
12...13	4,8	1899	5	1468		329		245
13...14	4,7	1860	5	1468		329		245
14...15	5,05	1998	5,5	1614		329		245
15...16	5,3	2097	6	1761	385	330	286	245
16...17	5,45	2157	6	1761	385	330	285	245
17...18	5,05	1998	5,5	1614	385	330	285	244
18...19	4,85	1919	5	1468	384	330	285	244
19...20	4,5	1781	4,5	1321		330		244
20...21	4,2	1662	4	1175				
21...22	3,6	1425	3	881				
22...23	2,85	1128	2	587				
23...24	2,1	831	1,5	440				
Всього	100	39571	100	29354	3078	4616	2283	3425

Таблиця 2.6 – Водоспоживання промислових підприємств. Сумарне водоспоживання міста

Години доби	Витрати промпідприємства №1						Витрати промпідприємства №2						Сумарне водоспоживання	
	Господарсько-питні потреби				На душ, м ³	Виробничі, м ³	Господарсько-питні потреби				На душ, м ³	Виробничі, м ³		
	гарячі цехи		холодні цехи				гарячі цехи		холодні цехи					
	% Q _{доб}	м ³	% Q _{доб}	м ³	% Q _{доб}	м ³	% Q _{доб}	м ³	% Q _{доб}	м ³	м ³	% Q _{доб}		
0...1													1231	1,35
1...2													1271	1,39
2...3													1172	6,14
3...4													1192	1,31
4...5													2533	2,78
5...6													3162	3,47
6...7													4346	4,77
7...8													4954	5,44
8...9	15,65	1,8	18,75	1,22	40	156	15,65	1,8	18,75	1,22	72	375	5354	5,88
9...10	12,05	1,39	6,25	0,41		156	12,05	1,39	6,25	0,41		375	5339	5,86
10...11	12,05	1,38	12,50	0,81		156	12,05	1,38	12,5	0,81		375	5240	5,75
11...12	12,05	1,39	12,50	0,81		156	12,05	1,39	12,5	0,81		375	5200	5,71
12...13	12,05	1,38	18,75	1,22		156	12,05	1,38	18,75	1,22		375	4477	4,92
13...14	12,05	1,39	6,25	0,41		156	12,05	1,39	6,25	0,41		375	4437	4,87
14...15	12,05	1,38	12,50	0,81		157	12,05	1,38	12,5	0,81		375	4722	5,18
15...16	12,05	1,39	12,50	0,81		157	12,05	1,39	12,50	0,81		375	5640	6,19
16...17	15,65	1,8	18,75	1,22	27	157	15,65	1,8	18,75	1,22	49	375	5777	6,34
17...18	12,05	1,39	6,25	0,41		157	12,05	1,39	6,25	0,41		375	5392	5,92
18...19	12,05	1,38	12,50	0,81		156	12,05	1,38	12,50	0,81		375	5165	5,67
19...20	12,05	1,39	12,50	0,81		156	12,05	1,39	12,50	0,81		375	4211	4,62
20...21	12,05	1,38	18,75	1,22		156	12,05	1,38	18,75	1,22		375	3373	3,70
21...22	12,05	1,39	6,25	0,41		156	12,05	1,39	6,25	0,41		375	2841	3,12
22...23	12,05	1,38	12,50	0,81		156	12,05	1,38	12,50	0,81		375	2250	2,47
23...24	12,05	1,39	12,50	0,81		156	12,05	1,39	12,50	0,81		375	1806	1,98
Всього	200	23	200	13	67	2500	200	23	200	13	121	6000	91085	100

2.5. Вибір режиму роботи насосної станції II підйому і розрахунок регулюючих ємностей в системі

Режим роботи насосної станції II підйому визначено по диференційному графіку сумарного водоспоживання (рис. 1.1). Кількість ступенів прийнято рівною 2.

Регулюючі об'єми баку водонапірної башти і резервуарів чистої води визначаються табличним методом. Розрахунки зведено в таблицях 1.7 і 1.8.

Повний об'єм водонапірної башти визначено за формулою:

$$W_{\text{б}} = W_{\text{рег.}} + W_{\text{нз}}, \quad (2.10)$$

де $W_{\text{рег}}$ – регулюючий об'єм бака;

$W_{\text{нз}}$ – запас води в баці, який дорівнює 10-хвилинній тривалості гасіння однієї зовнішньої і однієї внутрішньої пожежі.

$$W_{\text{нз}} = 0,6 * (q_{\text{н}} + q_{\text{в}}) = 0,6 * (40 + 5) = 27 \text{ м}^3.$$

$W_{\text{рег}} = (3,34 + |-0,19|) = 3,53\%$, що становить 3215 м^3 від $Q_{\text{доб}}$ (табл. 3.1) і відповідає межам (2,5...5,0% добової витрати населеного пункту).

$$W_{\text{б}} = 3215 + 27 = 3242 \text{ м}^3.$$

При відсутності стандартних розмірів бака його діаметр розраховано за формулою:

$$D_{\text{б}} = \sqrt[3]{W_{\text{б}} / 0,55}, \quad (2.11)$$

$$D_{\text{б}} = \sqrt[3]{3242 / 0,55} = 18,1 \text{ м}.$$

Висота води в баці:

$$h_{\text{б}} = \frac{4 * W_{\text{б}}}{\pi * D_{\text{б}}^2}, \quad (2.12)$$

$$h_{\text{б}} = \frac{4 * 3242}{3,14 * 18,1^2} = 12,6 \text{ м}.$$

Таблиця 2.7 – Розрахунок регулюючої ємності баку водонапірної башти

Години доби	Витрата води містом	Подача води насосною станцією	Подача в бак	Витрата з баку	Залишок в баці
0...1	1,35	1,80	0,45		0,45
1...2	1,39	1,80	0,41		0,86
2...3	1,29	1,80	0,51		1,37
3...4	1,31	1,80	0,49		1,86
4...5	2,78	1,80		-0,98	0,88
5...6	3,47	5,35	1,88		2,76
6...7	4,77	5,35	0,58		3,34
7...8	5,44	5,35		-0,09	3,25
8...9	5,88	5,35		-0,53	2,72
9...10	5,86	5,35		-0,51	2,21
10...11	5,75	5,35		-0,4	1,81
11...12	5,71	5,35		-0,36	1,45
12...13	4,92	5,35	0,43		1,88
13...14	4,87	5,35	0,48		2,36
14...15	5,18	5,35	0,17		2,53
15...16	6,19	5,35		-0,84	1,69
16...17	6,34	5,35		-0,99	0,70
17...18	5,92	5,35		-0,57	0,13
18...19	5,67	5,35		-0,32	-0,19
19...20	4,63	5,35	0,72		0,53
20...21	3,70	5,35	1,65		2,18
21...22	3,12	1,80		-1,32	0,86
22...23	2,47	1,80		-0,67	0,19
23...24	1,99	1,80		-0,19	0
Всього	100	100	7,77	-7,77	

Ємність бака=3,53

max=3,34

min=-0,19

Таблиця 2.8 – Розрахунок регулюючої ємності бака РЧВ

Години доби	Витрата води насосною станцією	Подача води в РЧВ	Подача в бак	Витрата з баку	Залишок у баку
0...1	1,80	4,17	2,37		2,37
1...2	1,80	4,16	2,36		4,73
2...3	1,80	4,17	2,37		7,10
3...4	1,80	4,16	2,36		9,46
4...5	1,80	4,17	2,37		11,83
5...6	5,35	4,17		-1,18	10,65
6...7	5,35	4,17		-1,18	9,47
7...8	5,35	4,16		-1,19	8,28
8...9	5,35	4,17		-1,18	7,10
9...10	5,35	4,16		-1,19	5,91
10...11	5,35	4,17		-1,18	4,73
11...12	5,35	4,16		-1,19	3,54
12...13	5,35	4,17		-1,18	2,36
13...14	5,35	4,17		-1,18	1,18
14...15	5,35	4,16		-1,19	-0,01
15...16	5,35	4,17		-1,18	-1,19
16...17	5,35	4,17		-1,18	-2,37
17...18	5,35	4,16		-1,19	3,56
18...19	5,35	4,17		-1,18	4,74
19...20	5,35	4,17		-1,18	5,92
20...21	5,35	4,16		-1,19	7,11
21...22	1,80	4,17	2,37		4,74
22...23	1,80	4,17	2,37		2,37
23...24	1,80	4,17	2,37		0
Всього	100	100	18,94	-18,94	

max= 11,83 Ємність бака= 18,94
min= -7,11

РОЗДІЛ 3. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Вплив структури водорозбору на розташування районів з недостатніми та надмірними напорами

При підключенні нової забудови до зовнішньої мережі системи централізованого питного водопостачання напір води на вводі в будівлю (над поверхнею землі) повинен бути [16] (рис.3.1):

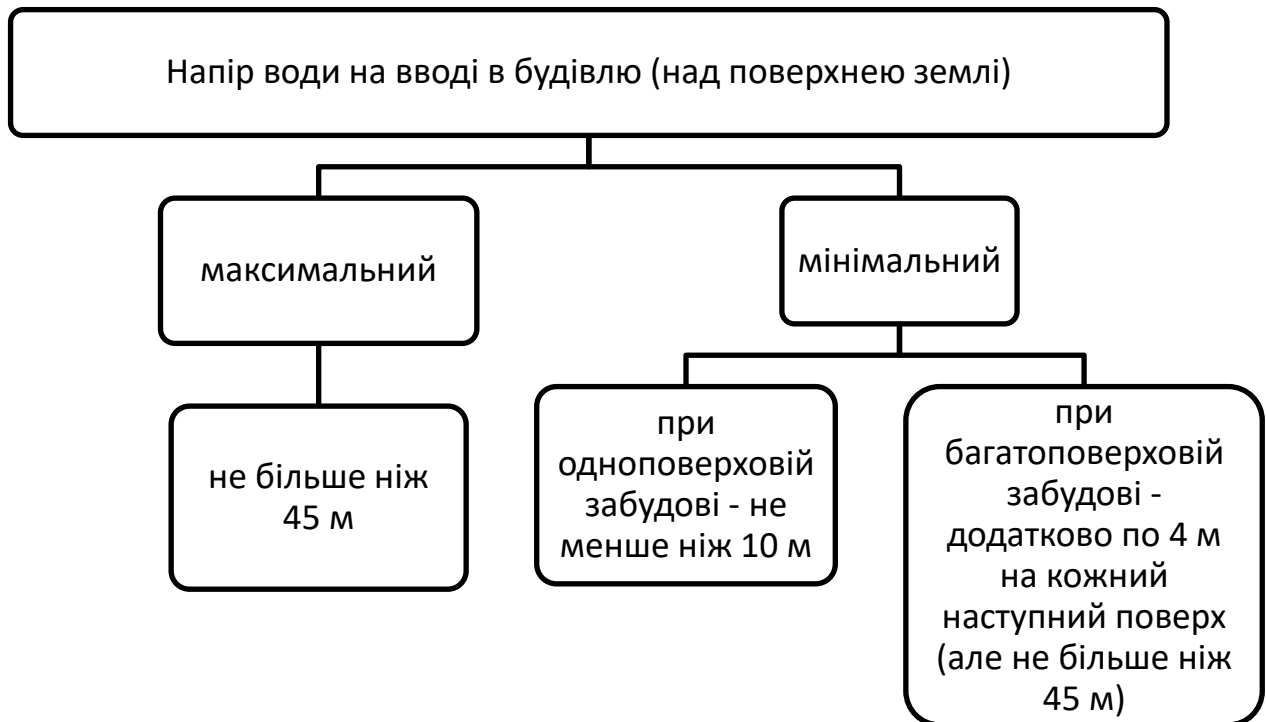


Рисунок 3.1 – Напір води на вводі в будівлю (над поверхнею землі)

Відповідно до Державних будівельних норм ДБН В.2.5-74:2013 [8] встановлені значення необхідного напору води, який рекомендовано дотримувати в системах водопостачання будівельних об'єктів:

$$H_{ni} = 10 + 4(n - 1), \quad (3.1)$$

де n – кількість поверхів у будівлі.

В результаті проведених досліджень по кожному із розглянутих варіантів зміни водорозбору були встановлені зони недостатнього напору, межі яких визначені по розташуванню вузлів з напором, що відповідає умові:

$$H_{ei} < H_n, \quad (3.2)$$

де H_{ei} – значення вільного напору в i -му вузлі, м;

H_n – значення необхідного напору [8], м.

3.2 Методика дослідження

Для дослідження гідравлічних характеристик водопровідної мережі з урахуванням структури водорозбору була використана наступна методика:

- розроблена схема мережі водопостачання з 9 кілець, 28 вузлів та 43 ділянок, яка має переважну забудову у 9 поверхів.

- виконано гідравлічний розрахунок для проєктованих режимів роботи;

- виконано моделювання зміни структури розташування споживачів шляхом зміни чисельних значень вузлових витрат від 10% до 60%, при цьому територія міста умовно була поділена на три зони:

А) навантаження вузлів № 7,18,16,17,15,14,19 , при відповідному зменшенні навантаження у вузлах №1, 2, 3,4, 5, 8 , 9 , 10, 11, 12, 13.

Б) збільшення вузлових витрат для вузлів № 20, 21 , 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, при зниженні у вузлах № 7,14,15,16,17, 18

В) навантаження вузлів № 1, 2, 3,4, 5, 8 , 9 , 10, 11, 12, 13,

та розвантаження вузлів № 20, 21 , 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28;

- виконувався гідравлічний розрахунок мережі для всіх варіантів зміни вузлових витрат;

- для всіх варіантів зміни структури розміщення споживачів визначалися п'єзометричні позначки відносно вузла живлення № 3

- визначались зони недостатніх напорів при зміненні структури розміщення споживачів за умовою (3.1).

РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ З УРАХУВАННЯМ СТРУКТУРИ ВОДОРОЗБОРУ

4.1 Визначення розрахункових витрат на ділянках мережі

Максимальний годинний відбір води з водопровідної мережі відбувається в період з 16.00 до 17.00, коли населений пункт споживає 5777 м³/год води або 1604,72 л/с, що складає 6,34% добові витрати (табл.1.5 і 1.6). Промпідприємство № 1 відбирає 187,02 м³/год або 51,95 л/с (табл.1.6) у вигляді зосередженої витрати у вузлі , а промпідприємство № 2 – 427,02 м³/год або 118,62 л/с у вигляді зосередженої витрати у вузлі .

Питома витрата для і-го району при максимальному водоспоживанні визначена за формулою:

$$q_{\text{нум.}i} = (Q_i - \sum Q_{ci}) / \sum l_i \quad (4.1)$$

де Q_i – повна витрата води, яка відбирається з мережі при максимальному водоспоживанні, л/с (табл. 1.5);

$$Q_I = 797,77 \text{ л/с};$$

$$Q_{II} = 806,95 \text{ л/с}.$$

$\sum Q_{ci}$ – сумарна зосереджена витрата в і-ому районі, л/с (табл. 1.6);

$$\sum Q_{зII} = 170,56 \text{ л/с}.$$

$\sum l_i$ – загальна розрахункова довжина магістральних ліній і-го району, м (по генплану населеного пункту). Довжини магістральних ліній мережі, які розділяють райони, враховані в половинному розмірі.

$$\sum l_I = 12660 \text{ м};$$

$$\sum l_{II} = 10780 \text{ м}.$$

$$q_{\text{нум.}I} = 797,77 / 12660 = 0,063 \text{ л/(с*м)};$$

$$q_{\text{нум.}II} = (806,95 - 170,56) / 10780 = 0,059 \text{ л/(с*м)}.$$

Шляхові витрати ділянок визначено за формулою:

$$Q_{\text{шл}} = q_{\text{нум.}i} * l_{\text{діл}}, \quad (4.2)$$

де $l_{\text{діл}}$ – розрахункова довжина ділянки, рівна повній або половинній довжині ділянки, м.

Розрахунок шляхових витрат для випадку максимального водоспоживання зведено в табл.1.9.

Вузлові витрати для випадку максимального водоспоживання визначено за формулою:

$$Q_{\text{вуз},i} = 0,5 * (\sum Q_{\text{шл}})_{\text{вуз}}, \quad (4.3)$$

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

Так як питомі та шляхові витрати для режиму максимального транзиту пропорційні розрахунковій витраті, їх значення можна не визначати. При цьому вузлові витрати можуть бути визначені за коефіцієнтом пропорційності:

$$K_{ni} = Q_{\text{мп},i} / Q_i, \quad (4.4)$$

де K_{ni} – розрахункова витрата при режимі максимального транзиту в i -му районі;

Q_i – розрахункова витрата i -го району при максимальному водоспоживанні.

Розрахунок вузлових витрат зведений у таблиці.

Таблиця 4.1 – Визначення шляхових витрат для режиму максимального водоспоживання

№ ділянки	Розрахункова довжина ділянки, l	Питома витрата $q_{\text{шт}}$	Шляхова витрата, $Q_{\text{шл}}$
1..2	540	0,063	34,02
2..3	660	0,063	41,58
3..4	400	0,063	25,2
4..5	440	0,063	27,72
5..6	320	0,063	20,16
6..7	520	0,063	32,76
1..8	740	0,063	46,62
2..9	740	0,063	46,62
3..11	780	0,063	49,14
4..12	800	0,063	50,4
6..13	600	0,063	37,8
7..18	1040	0,063	65,52
8..9	520	0,063	32,76
9..10	120	0,063	7,56
10..11	540	0,063	34,02

11..12	400	0,063	25,2
12..13	300	0,063	18,9
13..17	600	0,063	37,8
8..14	440	0,063	27,72
10..15	480	0,063	30,24
11..16	500	0,063	31,5
14..15	330	0,063	40,26
	330	0,059	
15..16	270	0,063	32,94
	270	0,059	
16..17	360	0,063	43,92
	360	0,059	
17..18	220	0,063	26,84
	220	0,059	
14..19	260	0,059	15,34
15..20	500	0,059	29,5
16..21	500	0,059	29,5
17..22	520	0,059	30,68
18..23	440	0,059	25,96
19..20	880	0,059	51,92
20..21	480	0,059	28,32
21..22	660	0,059	38,94
22..23	360	0,059	21,24
19..24	880	0,059	51,92
20..25	540	0,059	31,86
21..26	500	0,059	29,5
22..27	580	0,059	34,22
23..28	580	0,059	34,22
24..25	720	0,059	42,48
25..26	420	0,059	24,78
26..27	600	0,059	35,4
27..28	300	0,059	17,7
Всего			$\Sigma Q_{шл}$ 1434,16

Таблиця 4.2 – Визначення шляхових витрат на транзит

№ ділянки	Розрахункова довжина ділянки <i>l_{діл}</i>	питома витрата <i>q_{пит}</i>	шляхова витрата <i>Q_{шл}</i>
1..2	540	0,0405	21,87
2..3	660	0,0405	26,73
3..4	400	0,0405	16,2
4..5	440	0,0405	17,82
5..6	320	0,0405	12,96
6..7	520	0,0405	21,06
1..8	740	0,0405	29,97
2..9	740	0,0405	29,97
3..11	780	0,0405	31,59
4..12	800	0,0405	32,4
6..13	600	0,0405	24,3
7..18	1040	0,0405	42,12
8..9	520	0,0405	21,06
9..10	120	0,0405	4,86
10..11	540	0,0405	21,87
11..12	400	0,0405	16,2
12..13	300	0,0405	12,15
13..17	600	0,0405	24,3
8..14	440	0,0405	17,82
10..15	480	0,0405	19,44
11..16	500	0,0405	20,25
14..15	330	0,0405	24,52
	330	0,0338	
15..16	270	0,0405	20,06
	270	0,0338	
16..17	360	0,0405	26,75
	360	0,0338	
17..18	220	0,0405	16,35
	220	0,0338	
14..19	260	0,0338	8,788
15..20	500	0,0338	16,9
16..21	500	0,0338	16,9
17..22	520	0,0338	17,576

18..23	440	0,0338	14,872
19..20	880	0,0338	29,744
20..21	480	0,0338	16,224
21..22	660	0,0338	22,308
22..23	360	0,0338	12,168
19..24	880	0,0338	29,744
20..25	540	0,0338	18,252
21..26	500	0,0338	16,9
22..27	580	0,0338	19,604
23..28	580	0,0338	19,604
24..25	720	0,0338	24,336
25..26	420	0,0338	14,196
26..27	600	0,0338	20,28
27..28	300	0,0338	10,14
Всього			$\Sigma Q_{шл}$ 878,58

Таблиця 4.3 – Визначення вузлових витрат для режиму максимального водоспоживання

№ вузла	№ ділянок, які примикають до вузла	$(\Sigma Q_{шл})_{вуз}$	Максимальний водорозбір $Q_{вуз}$
1	1..2	34,02	40,32
	1..8	46,62	
2	2..1	34,02	60,11
	2..3	41,58	
	2..9	46,62	
3	3..2	41,58	56,96
	3..4	25,2	
	3..11	49,14	
4	4..3	25,2	51,66
	4..5	27,72	
	4..12	50,4	
5	5..4	27,72	23,66
	5..6	20,16	
6	6..5	20,16	44,36

	6..7	32,76	
	6..13	37,8	
7	7..6	32,76	48,14
	7..18	65,52	
8	8..1	46,62	53,55
	8..9	32,76	
	8..14	27,72	
9	9..2	46,62	43,47
	9..8	32,76	
	9..10	7,56	
10	10..9	7,56	35,91
	10..15	30,24	
	10..11	34,02	
11	11..3	49,14	68,81
	11..10	34,02	
	11..12	25,2	
	11..16	31,5	
12	12..11	25,2	47,25
	12..13	18,9	
	12..4	50,4	
13	13..17	37,8	47,25
	13..12	18,9	
	13..6	37,8	
14	14..8	27,72	41,66
	14..15	40,26	
	14..19	15,34	
15	15..10	30,24	66,47
	15..14	40,26	
	15..16	32,94	
	15..20	29,5	
16	16..15	32,94	67,81
	16..17	43,92	
	16..11	31,5	
	16..21	29,5	
17	17..16	43,92	69,62
	17..18	26,84	
	17..13	37,8	

	17..22	30,68	
18	18..7	65,52	59,16
	18..17	26,84	
	18..23	25,96	
19	19..20	51,92	59,59
	19..14	15,34	
	19..24	51,92	
20	20..19	51,92	70,8
	20..15	29,5	
	20..21	28,32	
	20..25	31,86	
21	21..20	28,32	63,13
	21..22	38,94	
	21..16	29,5	
	21..26	29,5	
22	22..21	38,94	62,54
	22..23	21,24	
	22..17	30,68	
	22..27	34,22	
23	23..22	21,24	40,71
	23..18	25,96	
	23..28	34,22	
24	24..19	51,92	47,2
	24..25	42,48	
25	25..24	42,48	49,56
	25..26	24,78	
	25..20	31,86	
26	26..25	24,78	44,84
	26..27	35,4	
	26..21	29,5	
27	27..26	35,4	43,66
	27..28	17,7	
	27..22	34,22	
28	28..27	17,7	25,96
	28..23	34,22	
Всего			$\Sigma Q_{\text{вuz}} 1434,16$

Таблиця 4.4 – Визначення вузлових витрат на транзит

№ вузла	№ ділянок, які примикають до вузла	$(\sum Q_{шл})_{вуз}$	Максимальний водорозбір, $Q_{вуз}$
1	1..2	21,87	25,92
	1..8	29,97	
2	2..1	21,87	39,28
	2..3	26,73	
	2..9	29,97	
3	3..2	26,73	36,26
	3..4	16,2	
	3..11	31,59	
4	4..3	16,2	33,36
	4..5	17,82	
	4..12	32,4	
5	5..4	17,82	15,39
	5..6	12,96	
6	6..5	12,96	28,42
	6..7	21,06	
	6..13	24,3	
7	7..6	21,06	31,59
	7..18	42,12	
8	8..1	29,97	33,43
	8..9	21,06	
	8..14	17,82	
9	9..2	29,97	27,95
	9..8	21,06	
	9..10	4,86	
10	10..9	4,86	23,09
	10..15	19,44	
	10..11	21,87	
11	11..3	31,59	43,96
	11..10	21,87	
	11..12	16,2	
	11..16	20,25	
12	12..11	16,2	30,38

	12..13	12,15	
	12..4	32,4	
13	13..17	24,3	30,38
	13..12	12,15	
	13..6	24,3	
14	14..8	17,82	25,57
	14..15	24,52	
	14..19	8,788	
15	15..10	19,44	40,46
	15..14	24,52	
	15..16	20,06	
	15..20	16,9	
16	16..15	20,06	41,38
	16..17	26,75	
	16..11	20,25	
	16..21	16,9	
17	17..16	26,75	42,49
	17..18	16,35	
	17..13	24,3	
	17..22	17,576	
18	18..7	42,12	36,68
	18..17	16,35	
	18..23	14,872	
19	19..20	29,744	34,14
	19..14	8,788	
	19..24	29,744	
20	20..19	29,744	40,51
	20..15	16,9	
	20..21	16,224	
	20..25	18,272	
21	21..20	16,224	36,17
	21..22	22,308	
	21..16	16,9	
	21..26	16,9	
22	22..21	22,308	35,83
	22..23	12,168	
	22..17	17,576	

	22..27	19,604	
23	23..22	12,168	23,33
	23..18	14,872	
	23..28	19,604	
24	24..19	29,744	27,04
	24..25	24,336	
25	25..24	24,336	28,40
	25..26	14,196	
	25..20	18,272	
26	26..25	14,196	25,69
	26..27	20,28	
	26..21	16,9	
27	27..26	20,28	25,01
	27..28	10,14	
	27..22	19,604	
28	28..27	10,14	14,87
	28..23	19,604	
Всього		$\Sigma Q_{\text{вуз}} 878,58$	

4.2 Розрахунок діаметрів ділянок

При проєктуванні початкового поточкорозподілу для усіх розрахункових режимів накреслено без масштабу, але з додержанням конфігурації, схеми мережі, на яких нанесено значення всіх вузлових та зосереджених витрат. Розрахункові точки пожежогасіння прийнято виходячи з найбільш не вигідного випадку.

Попереднє визначення розрахункових витрат по кожній ділянці мережі почато з точок сходу потоків в мережі. Витрату води у вузлі сходу розподілено по ділянках водопровідної мережі, які підходять до вузла, довільно, але з урахуванням умови:

$$\sum q_{i-k} - Q_{\text{вуз}} = 0, \quad (4.5)$$

де $\sum q_{i-k}$ – сума витрат на ділянках, які примикають до вузла, що розглядається;

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

Результати розрахунків приведених витрат та вибору діаметрів труб приведені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Розрахунок діаметрів ділянок

№ ділянки	витрата для макс.режиму	витрата на транзит	витрата на пожежу	D
1..2	105,41	92,24	160,29	400
2..3	217,64	174,82	294,47	500
3..4	408,49	541,18	527,4	700
4..5	287,31	432,12	391,53	600
5..6	263,65	416,73	367,87	600
6..7	116,36	244,63	183,86	450
1..8	65,09	66,32	119,97	350
2..9	52,12	43,3	74,07	250
3..11	671,15	601,98	880,9	900
4..12	69,52	75,7	84,21	300
6..13	102,93	143,68	139,65	350
7..18	68,22	213,04	135,72	450
8..9	43,4	44,32	79,98	250
9..10	34,75	28,87	49,38	200
10..11	185,78	154,94	270,71	500
11..12	46,35	50,47	56,14	250
12..13	68,62	95,79	93,1	300
13..17	124,3	209,09	185,5	450
8..14	54,94	76,11	146,4	350
10..15	115,13	102,98	185,42	400
11..16	370,21	352,16	485,24	700
14..15	36,93	50,74	97,6	300
15..16	76,75	68,65	123,62	350
16..17	82,88	139,4	123,68	350
17..18	45,48	142,03	90,48	350
14..19	49,19	101,28	202,34	450
15..20	88,78	80,43	144,97	350
16..21	142,77	102,58	170,13	400
17..22	92,08	163,97	149,08	400
18..23	54,54	318,39	167,04	500
19..20	33,28	53,62	96,65	300
20..21	59,19	68,39	113,43	300
21..22	95,19	109,32	99,4	350
22..23	138,1	212,27	111,36	450
19..24	23,6	13,52	46,1	200

20..25	43,89	25,15	57,39	250
21..26	115,64	25,48	121,03	350
22..27	72,45	25,19	74,58	250
23..28	126,21	31,67	172,69	350
24..25	23,6	13,52	46,1	200
25..26	29,27	16,77	38,27	200
26..27	77,09	16,98	80,7	300
27..28	48,3	16,8	49,78	200

4.3 Гідравлічна ув'язка водопровідної мережі

Гідравлічна ув'язка необхідна для визначення дійсного розподілу потоків води по лініях мережі при вже визначених діаметрах труб. При гідравлічній ув'язці окрім умови (1.19) враховується умова другого закону Кирхгофа:

$$\sum h_{i-k} = 0, \quad (4.6)$$

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

Гідравлічний розрахунок мережі проводиться за допомогою персонального комп'ютера. Розрахункова програма – Gidrast 1, яка дозволяє провести ув'язку з точністю до 0,01. В результаті розрахунку визначаються фактичні витрати на ділянках мережі, а також втрати напору і швидкість.

Необхідні вихідні дані для Gidrast 1: код ділянки, її довжина, витрата на ділянці (прийнято за початковим потокорозподілом), діаметр труб.

Результати гідравлічної ув'язки представлені в таблицях 4.7, 4.8 і 4.9.

Таблиця 4.7 - Результати гідравлічної ув'язки для режиму максимального
ВОДОСПОЖИВАННЯ

e= .01000 nk= 16 ny= 43

вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	540.00	105.40	400.00	с	2	740.00	65.09	350.00	с	3	740.00	52.12	250.00	с
4	520.00	43.40	250.00	с	5	660.00	217.60	500.00	с	6	780.00	671.20	900.00	с
7	120.00	34.75	200.00	с	8	540.00	185.80	500.00	с	9	400.00	408.50	700.00	с
10	800.00	69.52	300.00	с	11	400.00	46.35	250.00	с	12	440.00	287.30	600.00	с
13	320.00	263.70	600.00	с	14	600.00	102.90	350.00	с	15	300.00	68.62	300.00	с
16	520.00	116.40	450.00	с	17	1040.00	68.22	450.00	с	18	440.00	45.48	350.00	с
19	600.00	124.30	450.00	с	20	440.00	54.94	350.00	с	21	480.00	115.10	400.00	с
22	660.00	36.93	300.00	с	23	500.00	370.20	700.00	с	24	540.00	76.75	350.00	с
25	720.00	82.88	350.00	с	26	260.00	49.19	450.00	с	27	760.00	33.28	300.00	с
28	500.00	88.78	350.00	с	29	500.00	142.80	400.00	с	30	480.00	59.19	300.00	с
31	520.00	92.08	400.00	с	32	660.00	95.19	350.00	с	33	440.00	54.54	450.00	с
34	360.00	138.10	450.00	с	35	880.00	23.60	250.00	с	36	720.00	23.60	250.00	с
37	540.00	43.89	250.00	с	38	500.00	115.60	350.00	с	39	420.00	29.27	200.00	с
40	580.00	72.45	250.00	с	41	600.00	77.09	300.00	с	42	580.00	126.20	350.00	с
43	300.00	48.30	200.00	с										

результати розрахунку

номер	код	діаметр	довжина	витрата	швидкість	втрати	
: ділянки:	ділянки:	труби, мм	ділянки, м	води, л/с	води, м/с	напору, м	
: 1	: 1-	0	: 400.00	: 540.00	: 120.64	: .96	: 1.81
: 2	: 1-	0	: 350.00	: 740.00	: 80.33	: .83	: 2.28
: 3	: 2-	1	: 250.00	: 740.00	: 34.04	: .69	: 2.51
: 4	: 6-	1	: 250.00	: 520.00	: 32.13	: .65	: 1.59
: 5	: 2-	0	: 500.00	: 660.00	: 214.76	: 1.09	: 2.11
: 6	: 3-	2	: 900.00	: 780.00	: 722.32	: 1.14	: 1.25
: 7	: 6-	2	: 200.00	: 120.00	: 41.55	: 1.32	: 1.82
: 8	: 7-	2	: 500.00	: 540.00	: 203.30	: 1.04	: 1.56
: 9	: 0-	3	: 700.00	: 400.00	: 360.22	: .94	: .62
: 10	: 4-	3	: 300.00	: 800.00	: 51.58	: .73	: 2.35
: 11	: 3-	8	: 250.00	: 400.00	: 38.65	: .79	: 1.71
: 12	: 0-	4	: 600.00	: 440.00	: 256.96	: .91	: .77
: 13	: 0-	4	: 600.00	: 320.00	: 233.36	: .83	: .48
: 14	: 5-	4	: 350.00	: 600.00	: 77.34	: .80	: 1.73
: 15	: 4-	8	: 300.00	: 300.00	: 42.98	: .61	: .63
: 16	: 0-	5	: 450.00	: 520.00	: 111.61	: .70	: .84
: 17	: 0-	5	: 450.00	: 1040.00	: 63.43	: .40	: .60
: 18	: 12-	5	: 350.00	: 440.00	: 57.51	: .60	: .74
: 19	: 5-	8	: 450.00	: 600.00	: 73.10	: .46	: .45
: 20	: 6-	0	: 350.00	: 440.00	: 58.90	: .61	: .77
: 21	: 7-	6	: 400.00	: 480.00	: 125.80	: 1.00	: 1.74
: 22	: 9-	6	: 300.00	: 660.00	: 58.38	: .83	: 2.44
: 23	: 8-	7	: 700.00	: 500.00	: 411.52	: 1.07	: .99
: 24	: 10-	7	: 350.00	: 540.00	: 95.93	: 1.00	: 2.31
: 25	: 8-	11	: 350.00	: 720.00	: 71.56	: .74	: 1.80
: 26	: 9-	0	: 450.00	: 260.00	: 74.60	: .47	: .20
: 27	: 13-	9	: 300.00	: 760.00	: 21.13	: .30	: .45
: 28	: 10-	9	: 350.00	: 500.00	: 97.21	: 1.01	: 2.20
: 29	: 11-	10	: 400.00	: 500.00	: 176.26	: 1.40	: 3.46
: 30	: 14-	10	: 300.00	: 480.00	: 43.89	: .62	: 1.05
: 31	: 12-	11	: 400.00	: 520.00	: 41.59	: .33	: .25
: 32	: 15-	11	: 350.00	: 660.00	: 66.09	: .69	: 1.42
: 33	: 0-	12	: 450.00	: 440.00	: 37.72	: .24	: .10
: 34	: 16-	12	: 450.00	: 360.00	: 140.33	: .88	: .89
: 35	: 13-	0	: 250.00	: 880.00	: 36.86	: .75	: 3.46

:	36	:	0-13	:	250.00	:	720.00	:	10.34	:	.21	:	.29	:
:	37	:	14-13	:	250.00	:	540.00	:	49.18	:	1.00	:	3.62	:
:	38	:	15-14	:	350.00	:	500.00	:	135.26	:	1.41	:	4.14	:
:	39	:	0-14	:	200.00	:	420.00	:	10.72	:	.34	:	.53	:
:	40	:	16-15	:	250.00	:	580.00	:	53.29	:	1.09	:	4.51	:
:	41	:	0-15	:	300.00	:	600.00	:	38.89	:	.55	:	1.05	:
:	42	:	0-16	:	350.00	:	580.00	:	107.16	:	1.11	:	3.06	:
:	43	:	0-16	:	200.00	:	300.00	:	29.26	:	.93	:	2.34	:

Таблиця 4.8 - Результати гідравлічної ув'язки для режиму пожежі при
максимальному водоспоживанні

e= .01000 nk= 16 ny= 43

вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	540.00	160.30	400.00	с	2	740.00	119.90	350.00	с	3	740.00	74.07	250.00	с
4	520.00	79.98	250.00	с	5	660.00	294.50	500.00	с	6	780.00	880.90	900.00	с
7	120.00	49.38	200.00	с	8	540.00	270.70	500.00	с	9	400.00	527.40	700.00	с
10	800.00	84.21	300.00	с	11	400.00	56.14	250.00	с	12	440.00	391.50	600.00	с
13	320.00	367.90	600.00	с	14	600.00	139.70	350.00	с	15	300.00	93.10	300.00	с
16	520.00	183.90	450.00	с	17	1040.00	135.70	450.00	с	18	440.00	90.50	350.00	с
19	600.00	185.50	450.00	с	20	440.00	146.40	350.00	с	21	480.00	185.40	400.00	с
22	660.00	97.60	300.00	с	23	500.00	485.20	700.00	с	24	540.00	123.60	350.00	с
25	720.00	123.70	350.00	с	26	260.00	202.30	450.00	с	27	760.00	96.65	300.00	с
28	500.00	144.90	350.00	с	29	500.00	170.10	400.00	с	30	480.00	113.40	300.00	с
31	520.00	149.10	400.00	с	32	660.00	99.40	350.00	с	33	440.00	167.00	450.00	с
34	360.00	111.40	450.00	с	35	880.00	46.10	250.00	с	36	720.00	46.10	250.00	с
37	540.00	57.39	250.00	с	38	500.00	121.00	350.00	с	39	420.00	38.27	200.00	с
40	580.00	74.58	250.00	с	41	600.00	80.70	300.00	с	42	580.00	172.70	350.00	с
43	300.00	49.78	200.00	с										

результати розрахунку

: номер :	код :	діаметр :	довжина :	витрата :	швидкість :	втрати :		
: ділянки:	ділянки:	труби, мм	ділянки, м	води, л/с	води, м/с	напору, м		
:	1	:	1- 0 :	400.00 :	540.00 :	177.08 :	1.41 :	3.78 :
:	2	:	1- 0 :	350.00 :	740.00 :	136.68 :	1.42 :	6.26 :
:	3	:	2- 1 :	250.00 :	740.00 :	48.25 :	.98 :	4.78 :
:	4	:	6- 1 :	250.00 :	520.00 :	61.24 :	1.25 :	5.25 :
:	5	:	2- 0 :	500.00 :	660.00 :	285.46 :	1.45 :	3.68 :
:	6	:	3- 2 :	900.00 :	780.00 :	954.72 :	1.50 :	2.16 :
:	7	:	6- 2 :	200.00 :	120.00 :	56.46 :	1.80 :	3.36 :
:	8	:	7- 2 :	500.00 :	540.00 :	282.46 :	1.44 :	2.94 :
:	9	:	0- 3 :	700.00 :	400.00 :	462.63 :	1.20 :	.98 :
:	10	:	4- 3 :	300.00 :	800.00 :	68.55 :	.97 :	3.98 :
:	11	:	3- 8 :	250.00 :	400.00 :	50.33 :	1.03 :	2.80 :
:	12	:	0- 4 :	600.00 :	440.00 :	342.39 :	1.21 :	1.34 :
:	13	:	0- 4 :	600.00 :	320.00 :	318.79 :	1.13 :	.86 :
:	14	:	5- 4 :	350.00 :	600.00 :	111.57 :	1.16 :	3.41 :
:	15	:	4- 8 :	300.00 :	300.00 :	71.63 :	1.01 :	1.62 :
:	16	:	0- 5 :	450.00 :	520.00 :	162.93 :	1.02 :	1.69 :
:	17	:	0- 5 :	450.00 :	1040.00 :	114.73 :	.72 :	1.77 :
:	18	:	12- 5 :	350.00 :	440.00 :	80.02 :	.83 :	1.35 :
:	19	:	5- 8 :	450.00 :	600.00 :	135.89 :	.85 :	1.39 :
:	20	:	6- 0 :	350.00 :	440.00 :	144.44 :	1.50 :	4.15 :
:	21	:	7- 6 :	400.00 :	480.00 :	190.07 :	1.51 :	3.87 :
:	22	:	9- 6 :	300.00 :	660.00 :	114.75 :	1.62 :	8.90 :
:	23	:	8- 7 :	700.00 :	500.00 :	553.07 :	1.44 :	1.76 :
:	24	:	10- 7 :	350.00 :	540.00 :	143.84 :	1.50 :	5.06 :
:	25	:	8-11 :	350.00 :	720.00 :	110.88 :	1.15 :	4.04 :
:	26	:	9- 0 :	450.00 :	260.00 :	217.49 :	1.37 :	1.47 :

:	27	:	13- 9	:	300.00	:	760.00	:	80.51	:	1.14	:	5.10	:
:	28	:	10- 9	:	350.00	:	500.00	:	152.66	:	1.59	:	5.27	:
:	29	:	11-10	:	400.00	:	500.00	:	230.55	:	1.83	:	5.93	:
:	30	:	14-10	:	300.00	:	480.00	:	94.66	:	1.34	:	4.41	:
:	31	:	12-11	:	400.00	:	520.00	:	76.20	:	.61	:	.75	:
:	32	:	15-11	:	350.00	:	660.00	:	58.50	:	.61	:	1.14	:
:	33	:	0-12	:	450.00	:	440.00	:	156.51	:	.98	:	1.33	:
:	34	:	16-12	:	450.00	:	360.00	:	130.09	:	.82	:	.77	:
:	35	:	13- 0	:	250.00	:	880.00	:	45.15	:	.92	:	5.03	:
:	36	:	0-13	:	250.00	:	720.00	:	47.05	:	.96	:	4.44	:
:	37	:	14-13	:	250.00	:	540.00	:	62.55	:	1.27	:	5.69	:
:	38	:	15-14	:	350.00	:	500.00	:	159.29	:	1.66	:	5.74	:
:	39	:	0-14	:	200.00	:	420.00	:	34.06	:	1.08	:	4.36	:
:	40	:	16-15	:	250.00	:	580.00	:	61.27	:	1.25	:	5.86	:
:	41	:	0-15	:	300.00	:	600.00	:	38.20	:	.54	:	1.02	:
:	42	:	0-16	:	350.00	:	580.00	:	143.51	:	1.49	:	5.41	:
:	43	:	0-16	:	200.00	:	300.00	:	20.59	:	.66	:	1.23	:

Таблиця 4.9 - Результати гідравлічної ув'язки для режиму максимального транзиту

e= .01000 nk= 16 ny= 43

вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	540.00	92.24	400.00	с	2	740.00	66.32	350.00	с	3	740.00	43.30	250.00	с
4	520.00	44.32	250.00	с	5	660.00	174.80	500.00	с	6	780.00	601.90	900.00	с
7	120.00	28.87	200.00	с	8	540.00	154.90	500.00	с	9	400.00	541.20	700.00	с
10	800.00	75.70	300.00	с	11	400.00	50.47	250.00	с	12	440.00	432.10	600.00	с
13	320.00	416.70	600.00	с	14	600.00	143.70	350.00	с	15	300.00	95.79	300.00	с
16	520.00	244.60	450.00	с	17	1040.00	213.00	450.00	с	18	440.00	142.00	350.00	с
19	600.00	209.10	450.00	с	20	440.00	76.11	350.00	с	21	480.00	102.90	400.00	с
22	660.00	50.74	300.00	с	23	500.00	352.60	700.00	с	24	540.00	68.65	350.00	с
25	720.00	139.40	350.00	с	26	260.00	101.30	450.00	с	27	760.00	53.62	300.00	с
28	500.00	80.43	350.00	с	29	500.00	102.60	400.00	с	30	480.00	68.65	300.00	с
31	520.00	163.90	400.00	с	32	660.00	109.30	350.00	с	33	440.00	318.40	450.00	с
34	360.00	212.30	450.00	с	35	880.00	13.52	250.00	с	36	720.00	13.52	250.00	с
37	540.00	25.15	250.00	с	38	500.00	25.48	350.00	с	39	420.00	16.77	200.00	с
40	580.00	25.19	250.00	с	41	600.00	16.98	300.00	с	42	580.00	31.67	350.00	с
43	300.00	16.80	200.00	с										

результати розрахунку

: номер :	код :	діаметр :	довжина :	витрата :	швидкість :	втрати :								
: ділянки:	ділянки:	труби, мм	ділянки, м	води, л/с	води, м/с	напору, м								
:	1	:	1- 0	:	400.00	:	540.00	:	92.18	:	.73	:	1.10	:
:	2	:	1- 0	:	350.00	:	740.00	:	66.26	:	.69	:	1.60	:
:	3	:	2- 1	:	250.00	:	740.00	:	27.25	:	.56	:	1.67	:
:	4	:	6- 1	:	250.00	:	520.00	:	25.37	:	.52	:	1.03	:
:	5	:	2- 0	:	500.00	:	660.00	:	158.69	:	.81	:	1.21	:
:	6	:	3- 2	:	900.00	:	780.00	:	703.74	:	1.11	:	1.19	:
:	7	:	6- 2	:	200.00	:	120.00	:	25.97	:	.83	:	.75	:
:	8	:	7- 2	:	500.00	:	540.00	:	154.65	:	.79	:	.94	:
:	9	:	0- 3	:	700.00	:	400.00	:	455.47	:	1.18	:	.96	:
:	10	:	4- 3	:	300.00	:	800.00	:	67.68	:	.96	:	3.89	:
:	11	:	3- 8	:	250.00	:	400.00	:	58.02	:	1.18	:	3.65	:
:	12	:	0- 4	:	600.00	:	440.00	:	354.39	:	1.25	:	1.44	:
:	13	:	0- 4	:	600.00	:	320.00	:	338.99	:	1.20	:	.96	:
:	14	:	5- 4	:	350.00	:	600.00	:	125.67	:	1.31	:	4.29	:
:	15	:	4- 8	:	300.00	:	300.00	:	95.32	:	1.35	:	2.79	:
:	16	:	0- 5	:	450.00	:	520.00	:	184.92	:	1.16	:	2.14	:
:	17	:	0- 5	:	450.00	:	1040.00	:	153.32	:	.96	:	3.02	:

:	18	:	12- 5	:	350.00	:	440.00	:	92.04	:	.96	:	1.75	:
:	19	:	5- 8	:	450.00	:	600.00	:	190.60	:	1.20	:	2.62	:
:	20	:	6- 0	:	350.00	:	440.00	:	57.10	:	.59	:	.73	:
:	21	:	7- 6	:	400.00	:	480.00	:	105.55	:	.84	:	1.26	:
:	22	:	9- 6	:	300.00	:	660.00	:	40.63	:	.57	:	1.25	:
:	23	:	8- 7	:	700.00	:	500.00	:	447.14	:	1.16	:	1.16	:
:	24	:	10- 7	:	350.00	:	540.00	:	62.24	:	.65	:	1.04	:
:	25	:	8-11	:	350.00	:	720.00	:	155.59	:	1.62	:	7.89	:
:	26	:	9- 0	:	450.00	:	260.00	:	72.18	:	.45	:	.19	:
:	27	:	9-13	:	300.00	:	760.00	:	17.91	:	.25	:	.33	:
:	28	:	10- 9	:	350.00	:	500.00	:	86.78	:	.90	:	1.78	:
:	29	:	11-10	:	400.00	:	500.00	:	187.36	:	1.49	:	3.91	:
:	30	:	10-14	:	300.00	:	480.00	:	44.81	:	.63	:	1.09	:
:	31	:	12-11	:	400.00	:	520.00	:	111.63	:	.89	:	1.51	:
:	32	:	11-15	:	350.00	:	660.00	:	135.46	:	1.41	:	5.48	:
:	33	:	0-12	:	450.00	:	440.00	:	308.68	:	1.94	:	5.01	:
:	34	:	12-16	:	450.00	:	360.00	:	201.64	:	1.27	:	1.75	:
:	35	:	13- 0	:	250.00	:	880.00	:	20.12	:	.41	:	1.15	:
:	36	:	0-13	:	250.00	:	720.00	:	6.92	:	.14	:	.14	:
:	37	:	14-13	:	250.00	:	540.00	:	19.63	:	.40	:	.68	:
:	38	:	15-14	:	350.00	:	500.00	:	60.23	:	.63	:	.91	:
:	39	:	14- 0	:	200.00	:	420.00	:	17.84	:	.57	:	1.32	:
:	40	:	15-16	:	250.00	:	580.00	:	40.63	:	.83	:	2.73	:
:	41	:	15- 0	:	300.00	:	600.00	:	52.81	:	.75	:	1.84	:
:	42	:	16- 0	:	350.00	:	580.00	:	52.05	:	.54	:	.81	:
:	43	:	16- 0	:	200.00	:	300.00	:	37.18	:	1.18	:	3.67	:

4.4 Визначення п'єзометричних позначок та вільних напорів у вузлах мережі та визначення висоти стовбуру водонапірної башти

Визначення розрахункових позначок починаємо зі знаходження невідгідної точки мережі, тобто точки, яка в місці підключення водоводів до мережі вимагає найбільшої п'єзометричної позначки.

Невідгідну точку визначено у такій послідовності:

- знайдено найбільш високі та найбільш віддалені точки;
- визначено п'єзометричні позначки, які повинні бути в обраних точках:

$$P_{\text{необх.}i} = H_{\text{віль.необх.}i} + Z_i, \quad (4.7)$$

де $H_{\text{віль.необх.}i}$ - вільний напір, необхідний в i -й точці.

Для випадку максимального водорозбору:

$$H_{\text{віль.необх.}i} = b + 4n, \quad (4.8)$$

де n – кількість поверхів у будівлях відповідного району.

При транзиті невідгідною точкою є башта, тому $H_{\text{віль.необх.}i} = H_b$, при пожежі $H_{\text{віль.необх.}i} = 10 \text{ м}$;

Z_i – абсолютна позначка i -ї точки.

в) визначено п'єзометричні позначки $\Pi_{1(i)}$ у точці підключення водоводів, необхідні для одержання відповідних п'єзометричних позначок у точках, які розглядаються:

$$\Pi_{1(i)} = \Pi_{\text{необх.}i} + \sum h_{1-i}, \quad (4.9)$$

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

г) порівняно між собою значення $\Pi_{1(i)}$ та прийнято за невідгудну точку вузол №17.

Далі відносно невідгудної точки визначено в усіх вузлах мережі п'єзометричні позначки та вільні напори.

Діаметр напірних водоводів до башти визначено за [3] урахуванням економічного фактору та коефіцієнту перерахунку. Отже, при витраті одного водоводу $Q=125,24$ л/с $d=400$ мм, $v=1,00$ м/с, $1000i=3,58$.

Визначено висоту ствола водонапірної башти за формулою:

$$H_{\delta} = \Pi + h_{\delta} - Z_{\delta}, \quad (4.10)$$

де h_{δ} – втрати напору у водоводах до башти:

$$h_{\delta} = 1,15 * i * l,$$

де i – ухил водоводів;

l – довжина водоводів до башти, $l=150$ м.

$$h_{\delta} = 1,15 * 0,00358 * 150 = 0,62 \text{ м.}$$

Z_{δ} – позначка поверхні землі в місці встановлення башти;

Π – п'єзометрична позначка в точці підключення водоводів від башти до мережі.

$$H_{\delta} = 120 + 0,62 - 78 = 42,62 \text{ м.}$$

4.5 Гідравлічна ув'язка за різними варіантами структури розміщення споживачів

Гідравлічний розрахунок мережі для дослідження проводиться за допомогою персонального комп'ютера. Розрахункова програма – Gidrast 1, в результаті розрахунку визначаються фактичні витрати на ділянках мережі, а також втрати напору і швидкість.

Випадок А), збільшення на 10%

$e = .01000$ $n_k = 16$ $n_y = 43$

вихідні дані

n_y	l_y	q	dt	m	n_y	l_y	q	dt	m	n_y	l_y	q	dt	m
1	540.00	102.50	400.00	с	2	740.00	66.23	350.00	с	3	740.00	49.97	250.00	с
4	520.00	44.16	250.00	с	5	660.00	206.60	500.00	с	6	780.00	684.50	900.00	с
7	120.00	33.31	200.00	с	8	540.00	189.30	500.00	с	9	400.00	411.90	700.00	с
10	800.00	67.13	300.00	с	11	400.00	44.75	250.00	с	12	440.00	298.30	600.00	с
13	320.00	277.00	600.00	с	14	600.00	104.00	350.00	с	15	300.00	69.35	300.00	с
16	520.00	128.60	450.00	с	17	1040.00	72.93	450.00	с	18	440.00	48.63	350.00	с
19	600.00	130.80	450.00	с	20	440.00	62.19	350.00	с	21	480.00	123.60	400.00	с
22	660.00	41.47	300.00	с	23	500.00	388.50	700.00	с	24	540.00	82.44	350.00	с
25	720.00	87.23	350.00	с	26	260.00	54.45	450.00	с	27	760.00	36.31	300.00	с
28	500.00	90.60	350.00	с	29	500.00	143.50	400.00	с	30	480.00	60.40	300.00	с
31	520.00	92.27	400.00	с	32	660.00	95.67	350.00	с	33	440.00	54.83	450.00	с
34	360.00	138.40	450.00	с	35	880.00	23.60	250.00	с	36	720.00	23.60	250.00	с
37	540.00	43.89	250.00	с	38	500.00	115.60	350.00	с	39	420.00	29.27	200.00	с
40	580.00	72.45	250.00	с	41	600.00	77.09	300.00	с	42	580.00	126.20	350.00	с
43	300.00	48.30	200.00	с										

Таблиця 4.10 - результати розрахунку

номер	код	діаметр	довжина	витрата	швидкість	втрати	
: ділянки:	ділянки:	труби, мм	ділянки, м	: води, л/с	: води, м/с	: напору, м	
:	1	: 1- 0	: 400.00	: 540.00	: 120.11	: .96	: 1.80
:	2	: 1- 0	: 350.00	: 740.00	: 83.84	: .87	: 2.47
:	3	: 2- 1	: 250.00	: 740.00	: 33.92	: .69	: 2.50
:	4	: 6- 1	: 250.00	: 520.00	: 34.16	: .70	: 1.78
:	5	: 2- 0	: 500.00	: 660.00	: 208.16	: 1.06	: 1.99
:	6	: 3- 2	: 900.00	: 780.00	: 732.33	: 1.15	: 1.28
:	7	: 6- 2	: 200.00	: 120.00	: 39.36	: 1.25	: 1.63
:	8	: 7- 2	: 500.00	: 540.00	: 204.58	: 1.04	: 1.58
:	9	: 0- 3	: 700.00	: 400.00	: 362.51	: .94	: .63
:	10	: 4- 3	: 300.00	: 800.00	: 51.56	: .73	: 2.35
:	11	: 3- 8	: 250.00	: 400.00	: 38.31	: .78	: 1.69
:	12	: 0- 4	: 600.00	: 440.00	: 264.48	: .94	: .83
:	13	: 0- 4	: 600.00	: 320.00	: 243.18	: .86	: .52
:	14	: 5- 4	: 350.00	: 600.00	: 78.29	: .81	: 1.76
:	15	: 4- 8	: 300.00	: 300.00	: 47.34	: .67	: .75
:	16	: 0- 5	: 450.00	: 520.00	: 120.49	: .76	: .97
:	17	: 0- 5	: 450.00	: 1040.00	: 64.82	: .41	: .63
:	18	: 12- 5	: 350.00	: 440.00	: 57.74	: .60	: .74
:	19	: 5- 8	: 450.00	: 600.00	: 83.08	: .52	: .57
:	20	: 6- 0	: 350.00	: 440.00	: 69.80	: .73	: 1.05
:	21	: 7- 6	: 400.00	: 480.00	: 132.82	: 1.06	: 1.93
:	22	: 9- 6	: 300.00	: 660.00	: 59.62	: .84	: 2.53
:	23	: 8- 7	: 700.00	: 500.00	: 427.50	: 1.11	: 1.06
:	24	: 10- 7	: 350.00	: 540.00	: 98.81	: 1.03	: 2.45
:	25	: 8-11	: 350.00	: 720.00	: 74.51	: .77	: 1.93
:	26	: 9- 0	: 450.00	: 260.00	: 80.21	: .50	: .23
:	27	: 13- 9	: 300.00	: 760.00	: 23.41	: .33	: .54
:	28	: 10- 9	: 350.00	: 500.00	: 98.04	: 1.02	: 2.23
:	29	: 11-10	: 400.00	: 500.00	: 178.85	: 1.42	: 3.57
:	30	: 14-10	: 300.00	: 480.00	: 45.33	: .64	: 1.11
:	31	: 12-11	: 400.00	: 520.00	: 40.94	: .33	: .24
:	32	: 15-11	: 350.00	: 660.00	: 65.35	: .68	: 1.39
:	33	: 0-12	: 450.00	: 440.00	: 37.61	: .24	: .10
:	34	: 16-12	: 450.00	: 360.00	: 140.24	: .88	: .89
:	35	: 13- 0	: 250.00	: 880.00	: 36.45	: .74	: 3.39
:	36	: 0-13	: 250.00	: 720.00	: 10.75	: .22	: .31
:	37	: 14-13	: 250.00	: 540.00	: 49.17	: 1.00	: 3.62

:	38	:	15-14	:	350.00	:	500.00	:	135.69	:	1.41	:	4.17	:
:	39	:	0-14	:	200.00	:	420.00	:	11.14	:	.35	:	.57	:
:	40	:	16-15	:	250.00	:	580.00	:	53.28	:	1.09	:	4.51	:
:	41	:	0-15	:	300.00	:	600.00	:	38.86	:	.55	:	1.05	:
:	42	:	0-16	:	350.00	:	580.00	:	107.14	:	1.11	:	3.06	:
:	43	:	0-16	:	200.00	:	300.00	:	29.24	:	.93	:	2.34	:

Випадок Б) збільшення на 10%

e= .01000 nk= 16 ny= 43

вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	540.00	104.20	400.00	с	2	740.00	63.92	350.00	с	3	740.00	51.65	250.00	с
4	520.00	42.61	250.00	с	5	660.00	216.00	500.00	с	6	780.00	667.70	900.00	с
7	120.00	34.43	200.00	с	8	540.00	182.90	500.00	с	9	400.00	413.60	700.00	с
10	800.00	70.03	300.00	с	11	400.00	46.68	250.00	с	12	440.00	291.90	600.00	с
13	320.00	268.20	600.00	с	14	600.00	104.20	350.00	с	15	300.00	69.46	300.00	с
16	520.00	119.80	450.00	с	17	1040.00	76.35	450.00	с	18	440.00	50.90	350.00	с
19	600.00	126.40	450.00	с	20	440.00	52.98	350.00	с	21	480.00	112.60	400.00	с
22	660.00	35.33	300.00	с	23	500.00	369.30	700.00	с	24	540.00	75.07	350.00	с
25	720.00	84.28	350.00	с	26	260.00	50.82	450.00	с	27	760.00	33.88	300.00	с
28	500.00	92.52	350.00	с	29	500.00	148.90	400.00	с	30	480.00	61.68	300.00	с
31	520.00	97.15	400.00	с	32	660.00	99.28	350.00	с	33	440.00	74.01	450.00	с
34	360.00	145.70	450.00	с	35	880.00	31.07	250.00	с	36	720.00	20.72	250.00	с
37	540.00	44.92	250.00	с	38	500.00	118.80	350.00	с	39	420.00	29.95	200.00	с
40	580.00	76.47	250.00	с	41	600.00	79.21	300.00	с	42	580.00	133.50	350.00	с
43	300.00	50.98	200.00	с										

Таблиця 4.11 - результати розрахунку

: номер	: код	: діаметр	: довжина	: витрата	: швидкість	: втрати	:							
: ділянки:	ділянки:	труби, мм	ділянки, м	: води, л/с:	води, м/с:	напору, м	:							
:	1	:	1- 0	:	400.00	:	540.00	:	120.30	:	.96	:	1.80	:
:	2	:	1- 0	:	350.00	:	740.00	:	80.02	:	.83	:	2.27	:
:	3	:	2- 1	:	250.00	:	740.00	:	33.95	:	.69	:	2.50	:
:	4	:	6- 1	:	250.00	:	520.00	:	31.98	:	.65	:	1.57	:
:	5	:	2- 0	:	500.00	:	660.00	:	214.40	:	1.09	:	2.11	:
:	6	:	3- 2	:	900.00	:	780.00	:	722.58	:	1.14	:	1.25	:
:	7	:	6- 2	:	200.00	:	120.00	:	41.49	:	1.32	:	1.82	:
:	8	:	7- 2	:	500.00	:	540.00	:	202.34	:	1.03	:	1.55	:
:	9	:	0- 3	:	700.00	:	400.00	:	360.32	:	.94	:	.62	:
:	10	:	4- 3	:	300.00	:	800.00	:	52.10	:	.74	:	2.40	:
:	11	:	3- 8	:	250.00	:	400.00	:	39.16	:	.80	:	1.76	:
:	12	:	0- 4	:	600.00	:	440.00	:	256.55	:	.91	:	.79	:
:	13	:	0- 4	:	600.00	:	320.00	:	232.85	:	.82	:	.48	:
:	14	:	5- 4	:	350.00	:	600.00	:	79.15	:	.82	:	1.80	:
:	15	:	4- 8	:	300.00	:	300.00	:	44.01	:	.62	:	.66	:
:	16	:	0- 5	:	450.00	:	520.00	:	109.50	:	.69	:	.81	:
:	17	:	0- 5	:	450.00	:	1040.00	:	66.05	:	.42	:	.65	:
:	18	:	12- 5	:	350.00	:	440.00	:	61.29	:	.64	:	.83	:
:	19	:	5- 8	:	450.00	:	600.00	:	75.90	:	.48	:	.48	:
:	20	:	6- 0	:	350.00	:	440.00	:	58.45	:	.61	:	.76	:
:	21	:	7- 6	:	400.00	:	480.00	:	124.97	:	.99	:	1.72	:
:	22	:	9- 6	:	300.00	:	660.00	:	58.27	:	.82	:	2.43	:
:	23	:	8- 7	:	700.00	:	500.00	:	412.26	:	1.07	:	.99	:
:	24	:	10- 7	:	350.00	:	540.00	:	95.08	:	.99	:	2.28	:
:	25	:	8-11	:	350.00	:	720.00	:	73.68	:	.77	:	1.89	:
:	26	:	9- 0	:	450.00	:	260.00	:	79.23	:	.50	:	.23	:
:	27	:	13- 9	:	300.00	:	760.00	:	15.46	:	.22	:	.26	:
:	28	:	10- 9	:	350.00	:	500.00	:	101.96	:	1.06	:	2.40	:

:	29	:	11-10	:	400.00	:	500.00	:	182.45	:	1.45	:	3.71	:
:	30	:	14-10	:	300.00	:	480.00	:	41.99	:	.59	:	.97	:
:	31	:	12-11	:	400.00	:	520.00	:	46.44	:	.37	:	.31	:
:	32	:	15-11	:	350.00	:	660.00	:	68.45	:	.71	:	1.52	:
:	33	:	0-12	:	450.00	:	440.00	:	53.32	:	.34	:	.19	:
:	34	:	16-12	:	450.00	:	360.00	:	145.35	:	.91	:	.95	:
:	35	:	13- 0	:	250.00	:	880.00	:	41.06	:	.84	:	4.22	:
:	36	:	0-13	:	250.00	:	720.00	:	10.73	:	.22	:	.31	:
:	37	:	14-13	:	250.00	:	540.00	:	53.08	:	1.08	:	4.17	:
:	38	:	15-14	:	350.00	:	500.00	:	141.22	:	1.47	:	4.51	:
:	39	:	0-14	:	200.00	:	420.00	:	11.80	:	.38	:	.63	:
:	40	:	16-15	:	250.00	:	580.00	:	56.24	:	1.15	:	4.99	:
:	41	:	0-15	:	300.00	:	600.00	:	38.64	:	.55	:	1.04	:
:	42	:	0-16	:	350.00	:	580.00	:	113.16	:	1.18	:	3.38	:
:	43	:	0-16	:	200.00	:	300.00	:	30.64	:	.98	:	2.56	:

Випадок В), збільшення на 10 %

e= .01000 nk= 16 ny= 43

вихідні данні

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	540.00	111.40	400.00	с	2	740.00	67.03	350.00	с	3	740.00	55.34	250.00	с
4	520.00	44.69	250.00	с	5	660.00	230.90	500.00	с	6	780.00	659.00	900.00	с
7	120.00	36.90	200.00	с	8	540.00	187.20	500.00	с	9	400.00	403.20	700.00	с
10	800.00	70.83	300.00	с	11	400.00	47.22	250.00	с	12	440.00	276.70	600.00	с
13	320.00	248.90	600.00	с	14	600.00	100.10	350.00	с	15	300.00	66.73	300.00	с
16	520.00	104.50	450.00	с	17	1040.00	56.36	450.00	с	18	440.00	37.58	350.00	с
19	600.00	115.50	450.00	с	20	440.00	54.09	350.00	с	21	480.00	110.30	400.00	с
22	660.00	36.06	300.00	с	23	500.00	351.70	700.00	с	24	540.00	73.55	350.00	с
25	720.00	77.00	350.00	с	26	260.00	48.49	450.00	с	27	760.00	32.34	300.00	с
28	500.00	81.34	350.00	с	29	500.00	133.30	400.00	с	30	480.00	54.22	300.00	с
31	520.00	85.29	400.00	с	32	660.00	88.89	350.00	с	33	440.00	34.78	450.00	с
34	360.00	127.90	450.00	с	35	880.00	21.24	250.00	с	36	720.00	21.24	250.00	с
37	540.00	39.50	250.00	с	38	500.00	111.20	350.00	с	39	420.00	26.34	200.00	с
40	580.00	68.05	250.00	с	41	600.00	74.13	300.00	с	42	580.00	120.70	350.00	с
43	300.00	45.37	200.00	с										

Таблиця 4.12 - результати розрахунку

: номер	: код	: діаметр	: довжина	: витрата	: швидкість	: втрати								
: ділянки:	: ділянки:	: труби, мм	: ділянки, м	: води, л/с	: води, м/с	: напору, м								
:	1	:	1- 0	:	400.00	:	540.00	:	121.89	:	.97	:	1.85	:
:	2	:	1- 0	:	350.00	:	740.00	:	77.52	:	.81	:	2.14	:
:	3	:	2- 1	:	250.00	:	740.00	:	34.39	:	.70	:	2.56	:
:	4	:	6- 1	:	250.00	:	520.00	:	30.34	:	.62	:	1.43	:
:	5	:	2- 0	:	500.00	:	660.00	:	220.44	:	1.12	:	2.22	:
:	6	:	3- 2	:	900.00	:	780.00	:	712.38	:	1.12	:	1.22	:
:	7	:	6- 2	:	200.00	:	120.00	:	43.51	:	1.38	:	2.00	:
:	8	:	7- 2	:	500.00	:	540.00	:	203.95	:	1.04	:	1.57	:
:	9	:	0- 3	:	700.00	:	400.00	:	360.28	:	.94	:	.62	:
:	10	:	4- 3	:	300.00	:	800.00	:	51.06	:	.72	:	2.31	:
:	11	:	3- 8	:	250.00	:	400.00	:	38.51	:	.78	:	1.70	:
:	12	:	0- 4	:	600.00	:	440.00	:	253.55	:	.90	:	.77	:
:	13	:	0- 4	:	600.00	:	320.00	:	225.75	:	.80	:	.45	:
:	14	:	5- 4	:	350.00	:	600.00	:	74.45	:	.77	:	1.61	:
:	15	:	4- 8	:	300.00	:	300.00	:	38.25	:	.54	:	.51	:
:	16	:	0- 5	:	450.00	:	520.00	:	106.99	:	.67	:	.78	:
:	17	:	0- 5	:	450.00	:	1040.00	:	58.85	:	.37	:	.53	:
:	18	:	12- 5	:	350.00	:	440.00	:	53.08	:	.55	:	.64	:
:	19	:	5- 8	:	450.00	:	600.00	:	61.38	:	.39	:	.33	:
:	20	:	6- 0	:	350.00	:	440.00	:	50.23	:	.52	:	.57	:

:	21	:	7- 6	:	400.00	:	480.00	:	120.44	:	.96	:	1.61	:
:	22	:	9- 6	:	300.00	:	660.00	:	57.86	:	.82	:	2.40	:
:	23	:	8- 7	:	700.00	:	500.00	:	397.05	:	1.03	:	.93	:
:	24	:	10- 7	:	350.00	:	540.00	:	94.53	:	.98	:	2.25	:
:	25	:	8-11	:	350.00	:	720.00	:	67.38	:	.70	:	1.61	:
:	26	:	9- 0	:	450.00	:	260.00	:	66.43	:	.42	:	.16	:
:	27	:	13- 9	:	300.00	:	760.00	:	25.73	:	.36	:	.63	:
:	28	:	10- 9	:	350.00	:	500.00	:	90.67	:	.94	:	1.93	:
:	29	:	11-10	:	400.00	:	500.00	:	167.28	:	1.33	:	3.12	:
:	30	:	14-10	:	300.00	:	480.00	:	44.23	:	.63	:	1.07	:
:	31	:	12-11	:	400.00	:	520.00	:	37.05	:	.29	:	.20	:
:	32	:	15-11	:	350.00	:	660.00	:	63.27	:	.66	:	1.31	:
:	33	:	0-12	:	450.00	:	440.00	:	21.77	:	.14	:	.04	:
:	34	:	16-12	:	450.00	:	360.00	:	132.95	:	.84	:	.80	:
:	35	:	13- 0	:	250.00	:	880.00	:	32.57	:	.66	:	2.76	:
:	36	:	0-13	:	250.00	:	720.00	:	9.91	:	.20	:	.27	:
:	37	:	14-13	:	250.00	:	540.00	:	45.44	:	.93	:	3.12	:
:	38	:	15-14	:	350.00	:	500.00	:	129.55	:	1.35	:	3.80	:
:	39	:	0-14	:	200.00	:	420.00	:	9.07	:	.29	:	.39	:
:	40	:	16-15	:	250.00	:	580.00	:	50.48	:	1.03	:	4.08	:
:	41	:	0-15	:	300.00	:	600.00	:	38.50	:	.54	:	1.03	:
:	42	:	0-16	:	350.00	:	580.00	:	102.64	:	1.07	:	2.82	:
:	43	:	0-16	:	200.00	:	300.00	:	27.31	:	.87	:	2.06	:

Випадок А), збільшення на 20 %

e= .01000 nk= 16 ny= 43

вихідні данніе

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	540.00	99.63	400.00	с	2	740.00	67.37	350.00	с	3	740.00	47.82	250.00	с
4	520.00	44.92	250.00	с	5	660.00	195.50	500.00	с	6	780.00	697.80	900.00	с
7	120.00	31.88	200.00	с	8	540.00	192.20	500.00	с	9	400.00	415.30	700.00	с
10	800.00	64.72	300.00	с	11	400.00	43.15	250.00	с	12	440.00	309.30	600.00	с
13	320.00	290.30	600.00	с	14	600.00	105.10	350.00	с	15	300.00	70.07	300.00	с
16	520.00	140.90	450.00	с	17	1040.00	77.63	450.00	с	18	440.00	51.76	350.00	с
19	600.00	137.40	450.00	с	20	440.00	69.45	350.00	с	21	480.00	132.20	400.00	с
22	660.00	46.30	300.00	с	23	500.00	406.80	700.00	с	24	540.00	88.12	350.00	с
25	720.00	91.58	350.00	с	26	260.00	58.98	450.00	с	27	760.00	39.33	300.00	с
28	500.00	92.41	350.00	с	29	500.00	144.20	400.00	с	30	480.00	61.61	300.00	с
31	520.00	92.46	400.00	с	32	660.00	96.15	350.00	с	33	440.00	55.12	450.00	с
34	360.00	138.70	450.00	с	35	880.00	23.60	250.00	с	36	720.00	23.60	250.00	с
37	540.00	43.89	250.00	с	38	500.00	115.60	350.00	с	39	420.00	29.27	200.00	с
40	580.00	72.45	250.00	с	41	600.00	77.09	300.00	с	42	580.00	126.20	350.00	с
43	300.00	48.30	200.00	с										

Таблиця 4.13 - результати розрахунку

: номер	: код	: діаметр	: довжина	: витрата	: швидкість	: втрати								
: ділянки:	: ділянки:	: труби, мм	: ділянки, м	: води, л/с	: води, м/с	: напору, м								
:	1	:	1- 0	:	400.00	:	540.00	:	119.50	:	.95	:	1.78	:
:	2	:	1- 0	:	350.00	:	740.00	:	87.24	:	.91	:	2.66	:
:	3	:	2- 1	:	250.00	:	740.00	:	33.81	:	.69	:	2.48	:
:	4	:	6- 1	:	250.00	:	520.00	:	36.07	:	.73	:	1.96	:
:	5	:	2- 0	:	500.00	:	660.00	:	201.36	:	1.03	:	1.88	:
:	6	:	3- 2	:	900.00	:	780.00	:	742.50	:	1.17	:	1.31	:
:	7	:	6- 2	:	200.00	:	120.00	:	37.04	:	1.18	:	1.46	:
:	8	:	7- 2	:	500.00	:	540.00	:	205.25	:	1.05	:	1.59	:
:	9	:	0- 3	:	700.00	:	400.00	:	364.74	:	.95	:	.63	:
:	10	:	4- 3	:	300.00	:	800.00	:	51.48	:	.73	:	2.34	:
:	11	:	3- 8	:	250.00	:	400.00	:	37.90	:	.77	:	1.65	:
:	12	:	0- 4	:	600.00	:	440.00	:	271.99	:	.96	:	.88	:

:	13	:	0- 4	:	600.00	:	320.00	:	252.99	:	.89	:	.56	:
:	14	:	5- 4	:	350.00	:	600.00	:	79.20	:	.82	:	1.80	:
:	15	:	4- 8	:	300.00	:	300.00	:	51.58	:	.73	:	.88	:
:	16	:	0- 5	:	450.00	:	520.00	:	129.49	:	.81	:	1.10	:
:	17	:	0- 5	:	450.00	:	1040.00	:	66.22	:	.42	:	.65	:
:	18	:	12- 5	:	350.00	:	440.00	:	57.98	:	.60	:	.75	:
:	19	:	5- 8	:	450.00	:	600.00	:	93.01	:	.58	:	.69	:
:	20	:	6- 0	:	350.00	:	440.00	:	80.47	:	.84	:	1.36	:
:	21	:	7- 6	:	400.00	:	480.00	:	140.09	:	1.11	:	2.13	:
:	22	:	9- 6	:	300.00	:	660.00	:	61.14	:	.87	:	2.66	:
:	23	:	8- 7	:	700.00	:	500.00	:	443.69	:	1.15	:	1.14	:
:	24	:	10- 7	:	350.00	:	540.00	:	101.69	:	1.06	:	2.58	:
:	25	:	8-11	:	350.00	:	720.00	:	77.54	:	.81	:	2.08	:
:	26	:	9- 0	:	450.00	:	260.00	:	84.85	:	.53	:	.25	:
:	27	:	13- 9	:	300.00	:	760.00	:	25.86	:	.37	:	.64	:
:	28	:	10- 9	:	350.00	:	500.00	:	99.03	:	1.03	:	2.27	:
:	29	:	11-10	:	400.00	:	500.00	:	181.56	:	1.44	:	3.68	:
:	30	:	14-10	:	300.00	:	480.00	:	46.82	:	.66	:	1.18	:
:	31	:	12-11	:	400.00	:	520.00	:	40.25	:	.32	:	.24	:
:	32	:	15-11	:	350.00	:	660.00	:	64.56	:	.67	:	1.36	:
:	33	:	0-12	:	450.00	:	440.00	:	37.49	:	.24	:	.10	:
:	34	:	16-12	:	450.00	:	360.00	:	140.14	:	.88	:	.88	:
:	35	:	13- 0	:	250.00	:	880.00	:	35.99	:	.73	:	3.31	:
:	36	:	0-13	:	250.00	:	720.00	:	11.21	:	.23	:	.33	:
:	37	:	14-13	:	250.00	:	540.00	:	49.19	:	1.00	:	3.62	:
:	38	:	15-14	:	350.00	:	500.00	:	136.16	:	1.42	:	4.20	:
:	39	:	0-14	:	200.00	:	420.00	:	11.58	:	.37	:	.61	:
:	40	:	16-15	:	250.00	:	580.00	:	53.27	:	1.09	:	4.51	:
:	41	:	0-15	:	300.00	:	600.00	:	38.84	:	.55	:	1.05	:
:	42	:	0-16	:	350.00	:	580.00	:	107.13	:	1.11	:	3.05	:
:	43	:	0-16	:	200.00	:	300.00	:	29.23	:	.93	:	2.34	:

Випадок Б) збільшення на 20 %

e= .01000 nk= 16 ny= 43

вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	540.00	100.80	400.00	с	2	740.00	60.52	350.00	с	3	740.00	50.27	250.00	с
4	520.00	40.34	250.00	с	5	660.00	211.20	500.00	с	6	780.00	680.70	900.00	с
7	120.00	33.54	200.00	с	8	540.00	178.80	500.00	с	9	400.00	405.40	700.00	с
10	800.00	75.25	300.00	с	11	400.00	50.16	250.00	с	12	440.00	278.50	600.00	с
13	320.00	254.80	600.00	с	14	600.00	117.20	350.00	с	15	300.00	78.16	300.00	с
16	520.00	93.25	450.00	с	17	1040.00	54.74	450.00	с	18	440.00	36.49	350.00	с
19	600.00	148.10	450.00	с	20	440.00	47.31	350.00	с	21	480.00	109.30	400.00	с
22	660.00	31.54	300.00	с	23	500.00	382.90	700.00	с	24	540.00	72.88	350.00	с
25	720.00	98.76	350.00	с	26	260.00	45.52	450.00	с	27	760.00	30.34	300.00	с
28	500.00	97.47	350.00	с	29	500.00	157.00	400.00	с	30	480.00	64.99	300.00	с
31	520.00	154.70	400.00	с	32	660.00	104.70	350.00	с	33	440.00	43.90	450.00	с
34	360.00	103.20	450.00	с	35	880.00	28.19	250.00	с	36	720.00	28.19	250.00	с
37	540.00	52.15	250.00	с	38	500.00	124.40	350.00	с	39	420.00	34.77	200.00	с
40	580.00	81.46	250.00	с	41	600.00	82.95	300.00	с	42	580.00	141.40	350.00	с
43	300.00	54.30	200.00	с										

Таблиця 4.14 - результати розрахунку

: номер :	код :	діаметр :	довжина :	витрата :	швидкість:	втрати :								
: ділянки:	ділянки:	труби, мм	ділянки, м	води, л/с	води, м/с	напору, м								
:	1	:	1- 0	:	400.00	:	540.00	:	120.19	:	.96	:	1.80	:
:	2	:	1- 0	:	350.00	:	740.00	:	79.91	:	.83	:	2.26	:
:	3	:	2- 1	:	250.00	:	740.00	:	33.88	:	.69	:	2.49	:
:	4	:	6- 1	:	250.00	:	520.00	:	31.98	:	.65	:	1.57	:

Таблиця 4.15 - результати розрахунку

: номер :	код :	діаметр :	довжина :	витрат :	швидкість:	втрати :
: ділянки:	ділянки:	труби, мм	ділянки, м	води, л/с	води, м/с	напору, м :
: 1 :	1- 0 :	400.00 :	540.00 :	123.15 :	.98 :	1.88 :
: 2 :	1- 0 :	350.00 :	740.00 :	74.72 :	.78 :	2.00 :
: 3 :	2- 1 :	250.00 :	740.00 :	34.74 :	.71 :	2.61 :
: 4 :	6- 1 :	250.00 :	520.00 :	28.52 :	.58 :	1.28 :
: 5 :	2- 0 :	500.00 :	660.00 :	226.19 :	1.15 :	2.33 :
: 6 :	3- 2 :	900.00 :	780.00 :	702.62 :	1.10 :	1.19 :
: 7 :	6- 2 :	200.00 :	120.00 :	45.42 :	1.45 :	2.17 :
: 8 :	7- 2 :	500.00 :	540.00 :	204.60 :	1.04 :	1.58 :
: 9 :	0- 3 :	700.00 :	400.00 :	360.29 :	.94 :	.62 :
: 10 :	4- 3 :	300.00 :	800.00 :	50.47 :	.71 :	2.26 :
: 11 :	3- 8 :	250.00 :	400.00 :	38.29 :	.78 :	1.69 :
: 12 :	0- 4 :	600.00 :	440.00 :	250.04 :	.88 :	.75 :
: 13 :	0- 4 :	600.00 :	320.00 :	218.14 :	.77 :	.42 :
: 14 :	5- 4 :	350.00 :	600.00 :	71.55 :	.74 :	1.50 :
: 15 :	4- 8 :	300.00 :	300.00 :	33.38 :	.47 :	.40 :
: 16 :	0- 5 :	450.00 :	520.00 :	102.27 :	.64 :	.72 :
: 17 :	0- 5 :	450.00 :	1040.00 :	54.13 :	.34 :	.45 :
: 18 :	12- 5 :	350.00 :	440.00 :	49.14 :	.51 :	.55 :
: 19 :	5- 8 :	450.00 :	600.00 :	49.56 :	.31 :	.22 :
: 20 :	6- 0 :	350.00 :	440.00 :	41.54 :	.43 :	.41 :
: 21 :	7- 6 :	400.00 :	480.00 :	115.09 :	.92 :	1.48 :
: 22 :	9- 6 :	300.00 :	660.00 :	57.72 :	.82 :	2.39 :
: 23 :	8- 7 :	700.00 :	500.00 :	382.82 :	.99 :	.87 :
: 24 :	10- 7 :	350.00 :	540.00 :	93.18 :	.97 :	2.19 :
: 25 :	8-11 :	350.00 :	720.00 :	63.31 :	.66 :	1.43 :
: 26 :	9- 0 :	450.00 :	260.00 :	57.59 :	.36 :	.13 :
: 27 :	13- 9 :	300.00 :	760.00 :	30.05 :	.43 :	.84 :
: 28 :	10- 9 :	350.00 :	500.00 :	84.11 :	.87 :	1.68 :
: 29 :	11-10 :	400.00 :	500.00 :	158.50 :	1.26 :	2.80 :
: 30 :	14-10 :	300.00 :	480.00 :	44.42 :	.63 :	1.07 :
: 31 :	12-11 :	400.00 :	520.00 :	33.01 :	.26 :	.17 :
: 32 :	15-11 :	350.00 :	660.00 :	60.36 :	.63 :	1.20 :
: 33 :	0-12 :	450.00 :	440.00 :	5.19 :	.03 :	.00 :
: 34 :	16-12 :	450.00 :	360.00 :	125.09 :	.79 :	.72 :
: 35 :	13- 0 :	250.00 :	880.00 :	28.06 :	.57 :	2.10 :
: 36 :	0-13 :	250.00 :	720.00 :	9.70 :	.20 :	.26 :
: 37 :	14-13 :	250.00 :	540.00 :	41.84 :	.85 :	2.68 :
: 38 :	15-14 :	350.00 :	500.00 :	123.90 :	1.29 :	3.47 :
: 39 :	0-14 :	200.00 :	420.00 :	7.52 :	.24 :	.28 :
: 40 :	16-15 :	250.00 :	580.00 :	47.68 :	.97 :	3.67 :
: 41 :	0-15 :	300.00 :	600.00 :	38.07 :	.54 :	1.01 :
: 42 :	0-16 :	350.00 :	580.00 :	98.08 :	1.02 :	2.59 :
: 43 :	0-16 :	200.00 :	300.00 :	25.32 :	.81 :	1.80 :

Випадок А), збільшення на 30 %

e= .01000 nk= 16 ny= 43

вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	540.00	96.72	400.00	с	2	740.00	68.50	350.00	с	3	740.00	45.66	250.00	с
4	520.00	45.67	250.00	с	5	660.00	184.50	500.00	с	6	780.00	711.20	900.00	с
7	120.00	30.44	200.00	с	8	540.00	196.30	500.00	с	9	400.00	418.80	700.00	с
10	800.00	62.32	300.00	с	11	400.00	41.55	250.00	с	12	440.00	320.30	600.00	с
13	320.00	303.70	600.00	с	14	600.00	106.20	350.00	с	15	300.00	70.79	300.00	с

16	520.00	153.20	450.00	с	17	1040.00	82.33	450.00	с	18	440.00	54.90	350.00	с
19	600.00	143.90	450.00	с	20	440.00	76.69	350.00	с	21	480.00	140.70	400.00	с
22	660.00	51.14	300.00	с	23	500.00	425.20	700.00	с	24	540.00	93.80	350.00	с
25	720.00	95.94	350.00	с	26	260.00	63.51	450.00	с	27	760.00	42.34	300.00	с
28	500.00	94.22	350.00	с	29	500.00	144.90	400.00	с	30	480.00	62.81	300.00	с
31	520.00	92.66	400.00	с	32	660.00	96.64	350.00	с	33	440.00	55.41	450.00	с
34	360.00	139.00	450.00	с	35	880.00	23.60	250.00	с	36	720.00	23.60	250.00	с
37	540.00	43.89	250.00	с	38	500.00	115.60	350.00	с	39	420.00	29.27	200.00	с
40	580.00	72.45	250.00	с	41	600.00	77.09	300.00	с	42	580.00	126.20	350.00	с
43	300.00	48.30	200.00	с										

Таблица 4.16 - результати розрахунку

: номер : : участка :	код : : участка :	диаметр : : трубы, мм :	длина : : участка, м :	расход : : воды, л/с :	скорость : : воды, м/с :	потери : : напора, м :
: 1 :	: 1- 0 :	: 400.00 :	: 540.00 :	: 118.76 :	: .95 :	: 1.76 :
: 2 :	: 1- 0 :	: 350.00 :	: 740.00 :	: 90.54 :	: .94 :	: 2.85 :
: 3 :	: 2- 1 :	: 250.00 :	: 740.00 :	: 33.75 :	: .69 :	: 2.47 :
: 4 :	: 6- 1 :	: 250.00 :	: 520.00 :	: 37.81 :	: .77 :	: 2.14 :
: 5 :	: 2- 0 :	: 500.00 :	: 660.00 :	: 194.62 :	: .99 :	: 1.76 :
: 6 :	: 3- 2 :	: 900.00 :	: 780.00 :	: 752.81 :	: 1.18 :	: 1.35 :
: 7 :	: 6- 2 :	: 200.00 :	: 120.00 :	: 34.50 :	: 1.10 :	: 1.27 :
: 8 :	: 7- 2 :	: 500.00 :	: 540.00 :	: 206.84 :	: 1.05 :	: 1.61 :
: 9 :	: 0- 3 :	: 700.00 :	: 400.00 :	: 367.07 :	: .95 :	: .64 :
: 10 :	: 4- 3 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 51.37 :	: .73 :	: 2.33 :
: 11 :	: 3- 8 :	: 250.00 :	: 400.00 :	: 37.45 :	: .76 :	: 1.62 :
: 12 :	: 0- 4 :	: 600.00 :	: 440.00 :	: 279.52 :	: .99 :	: .92 :
: 13 :	: 0- 4 :	: 600.00 :	: 320.00 :	: 262.92 :	: .93 :	: .60 :
: 14 :	: 5- 4 :	: 350.00 :	: 600.00 :	: 80.12 :	: .83 :	: 1.84 :
: 15 :	: 4- 8 :	: 300.00 :	: 300.00 :	: 55.73 :	: .79 :	: 1.02 :
: 16 :	: 0- 5 :	: 450.00 :	: 520.00 :	: 138.50 :	: .87 :	: 1.25 :
: 17 :	: 0- 5 :	: 450.00 :	: 1040.00 :	: 67.63 :	: .43 :	: .68 :
: 18 :	: 12- 5 :	: 350.00 :	: 440.00 :	: 58.23 :	: .61 :	: .75 :
: 19 :	: 5- 8 :	: 450.00 :	: 600.00 :	: 102.76 :	: .65 :	: .83 :
: 20 :	: 6- 0 :	: 350.00 :	: 440.00 :	: 90.87 :	: .94 :	: 1.71 :
: 21 :	: 7- 6 :	: 400.00 :	: 480.00 :	: 147.18 :	: 1.17 :	: 2.34 :
: 22 :	: 9- 6 :	: 300.00 :	: 660.00 :	: 62.79 :	: .89 :	: 2.79 :
: 23 :	: 8- 7 :	: 700.00 :	: 500.00 :	: 460.37 :	: 1.20 :	: 1.22 :
: 24 :	: 10- 7 :	: 350.00 :	: 540.00 :	: 104.77 :	: 1.09 :	: 2.73 :
: 25 :	: 8-11 :	: 350.00 :	: 720.00 :	: 80.63 :	: .84 :	: 2.24 :
: 26 :	: 9- 0 :	: 450.00 :	: 260.00 :	: 89.34 :	: .56 :	: .28 :
: 27 :	: 13- 9 :	: 300.00 :	: 760.00 :	: 28.39 :	: .40 :	: .76 :
: 28 :	: 10- 9 :	: 350.00 :	: 500.00 :	: 100.02 :	: 1.04 :	: 2.32 :
: 29 :	: 11-10 :	: 400.00 :	: 500.00 :	: 184.42 :	: 1.47 :	: 3.79 :
: 30 :	: 14-10 :	: 300.00 :	: 480.00 :	: 48.38 :	: .68 :	: 1.26 :
: 31 :	: 12-11 :	: 400.00 :	: 520.00 :	: 39.54 :	: .31 :	: .23 :
: 32 :	: 15-11 :	: 350.00 :	: 660.00 :	: 63.75 :	: .66 :	: 1.33 :
: 33 :	: 0-12 :	: 450.00 :	: 440.00 :	: 37.38 :	: .24 :	: .10 :
: 34 :	: 16-12 :	: 450.00 :	: 360.00 :	: 140.05 :	: .88 :	: .88 :
: 35 :	: 13- 0 :	: 250.00 :	: 880.00 :	: 35.48 :	: .72 :	: 3.22 :
: 36 :	: 0-13 :	: 250.00 :	: 720.00 :	: 11.72 :	: .24 :	: .36 :
: 37 :	: 14-13 :	: 250.00 :	: 540.00 :	: 49.21 :	: 1.00 :	: 3.62 :
: 38 :	: 15-14 :	: 350.00 :	: 500.00 :	: 136.65 :	: 1.42 :	: 4.23 :
: 39 :	: 0-14 :	: 200.00 :	: 420.00 :	: 12.07 :	: .38 :	: .65 :
: 40 :	: 16-15 :	: 250.00 :	: 580.00 :	: 53.27 :	: 1.09 :	: 4.51 :
: 41 :	: 0-15 :	: 300.00 :	: 600.00 :	: 38.84 :	: .55 :	: 1.05 :
: 42 :	: 0-16 :	: 350.00 :	: 580.00 :	: 107.13 :	: 1.11 :	: 3.05 :
: 43 :	: 0-16 :	: 200.00 :	: 300.00 :	: 29.23 :	: .93 :	: 2.34 :

Випадок Б), збільшення на 30 %

e= .01000 nk= 16 ny= 43

вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	540.00	98.52	400.00	с	2	740.00	58.20	350.00	с	3	740.00	49.36	250.00	с
4	520.00	38.80	250.00	с	5	660.00	208.00	500.00	с	6	780.00	678.50	900.00	с
7	120.00	32.92	200.00	с	8	540.00	175.20	500.00	с	9	400.00	410.80	700.00	с
10	800.00	76.12	300.00	с	11	400.00	50.76	250.00	с	12	440.00	283.10	600.00	с
13	320.00	259.40	600.00	с	14	600.00	119.40	350.00	с	15	300.00	79.63	300.00	с
16	520.00	95.60	450.00	с	17	1040.00	61.90	450.00	с	18	440.00	41.28	350.00	с
19	600.00	151.80	450.00	с	20	440.00	43.45	350.00	с	21	480.00	106.40	400.00	с
22	660.00	28.97	300.00	с	23	500.00	383.70	700.00	с	24	540.00	70.91	350.00	с
25	720.00	101.20	350.00	с	26	260.00	43.26	450.00	с	27	760.00	28.84	300.00	с
28	500.00	101.80	350.00	с	29	500.00	164.10	400.00	с	30	480.00	67.85	300.00	с
31	520.00	163.00	400.00	с	32	660.00	109.40	350.00	с	33	440.00	61.77	450.00	с
34	360.00	108.70	450.00	с	35	880.00	30.39	250.00	с	36	720.00	30.38	250.00	с
37	540.00	56.22	250.00	с	38	500.00	128.80	350.00	с	39	420.00	37.49	200.00	с
40	580.00	85.99	250.00	с	41	600.00	85.90	300.00	с	42	580.00	149.10	350.00	с
43	300.00	57.34	200.00	с										

Таблиця 4.17 - результати розрахунку

номер	код	діаметр	довжина	витрата	швидкість	втрати	
: ділянки:	ділянки:	труби, мм	ділянки, м	води, л/с	води, м/с	напору, м	
:	1	: 1- 0	: 400.00	: 540.00	: 120.36	: .96	: 1.81
:	2	: 1- 0	: 350.00	: 740.00	: 80.04	: .83	: 2.27
:	3	: 2- 1	: 250.00	: 740.00	: 33.87	: .69	: 2.49
:	4	: 6- 1	: 250.00	: 520.00	: 32.14	: .65	: 1.59
:	5	: 2- 0	: 500.00	: 660.00	: 214.35	: 1.09	: 2.11
:	6	: 3- 2	: 900.00	: 780.00	: 719.99	: 1.13	: 1.24
:	7	: 6- 2	: 200.00	: 120.00	: 41.74	: 1.33	: 1.84
:	8	: 7- 2	: 500.00	: 540.00	: 200.67	: 1.02	: 1.52
:	9	: 0- 3	: 700.00	: 400.00	: 362.95	: .94	: .63
:	10	: 4- 3	: 300.00	: 800.00	: 52.22	: .74	: 2.41
:	11	: 3- 8	: 250.00	: 400.00	: 39.49	: .80	: 1.78
:	12	: 0- 4	: 600.00	: 440.00	: 259.15	: .92	: .80
:	13	: 0- 4	: 600.00	: 320.00	: 235.45	: .83	: .49
:	14	: 5- 4	: 350.00	: 600.00	: 79.12	: .82	: 1.80
:	15	: 4- 8	: 300.00	: 300.00	: 44.46	: .63	: .67
:	16	: 0- 5	: 450.00	: 520.00	: 111.94	: .70	: .84
:	17	: 0- 5	: 450.00	: 1040.00	: 78.24	: .49	: .88
:	18	: 12- 5	: 350.00	: 440.00	: 49.71	: .52	: .56
:	19	: 5- 8	: 450.00	: 600.00	: 76.35	: .48	: .49
:	20	: 6- 0	: 350.00	: 440.00	: 58.62	: .61	: .76
:	21	: 7- 6	: 400.00	: 480.00	: 123.05	: .98	: 1.67
:	22	: 9- 6	: 300.00	: 660.00	: 59.45	: .84	: 2.52
:	23	: 8- 7	: 700.00	: 500.00	: 410.99	: 1.07	: .99
:	24	: 10- 7	: 350.00	: 540.00	: 93.57	: .97	: 2.21
:	25	: 8-11	: 350.00	: 720.00	: 74.74	: .78	: 1.94
:	26	: 9- 0	: 450.00	: 260.00	: 88.91	: .56	: .28
:	27	: 13- 9	: 300.00	: 760.00	: 1.62	: .02	: .01
:	28	: 10- 9	: 350.00	: 500.00	: 110.63	: 1.15	: 2.80
:	29	: 11-10	: 400.00	: 500.00	: 195.19	: 1.55	: 4.25
:	30	: 14-10	: 300.00	: 480.00	: 36.79	: .52	: .76
:	31	: 12-11	: 400.00	: 520.00	: 69.52	: .55	: .63
:	32	: 15-11	: 350.00	: 660.00	: 72.25	: .75	: 1.67
:	33	: 0-12	: 450.00	: 440.00	: 69.67	: .44	: .30
:	34	: 16-12	: 450.00	: 360.00	: 141.26	: .89	: .90
:	35	: 13- 0	: 250.00	: 880.00	: 48.82	: .99	: 5.82
:	36	: 0-13	: 250.00	: 720.00	: 11.95	: .24	: .37
:	37	: 14-13	: 250.00	: 540.00	: 61.22	: 1.25	: 5.45

:	38	:	15-14	:	350.00	:	500.00	:	153.80	:	1.60	:	5.35	:
:	39	:	0-14	:	200.00	:	420.00	:	14.06	:	.45	:	.86	:
:	40	:	16-15	:	250.00	:	580.00	:	62.22	:	1.27	:	6.05	:
:	41	:	0-15	:	300.00	:	600.00	:	37.47	:	.53	:	.98	:
:	42	:	0-16	:	350.00	:	580.00	:	124.44	:	1.29	:	4.07	:
:	43	:	0-16	:	200.00	:	300.00	:	32.68	:	1.04	:	2.88	:

Випадок В), збільшення на 30 %

e= .01000 nk= 16 ny= 43

вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	540.00	123.80	400.00	с	2	740.00	71.22	350.00	с	3	740.00	61.84	250.00	с
4	520.00	47.49	250.00	с	5	660.00	257.90	500.00	с	6	780.00	628.70	900.00	с
7	120.00	41.23	200.00	с	8	540.00	190.00	500.00	с	9	400.00	398.50	700.00	с
10	800.00	71.63	300.00	с	11	400.00	47.76	250.00	с	12	440.00	263.00	600.00	с
13	320.00	227.20	600.00	с	14	600.00	90.02	350.00	с	15	300.00	60.02	300.00	с
16	520.00	92.79	450.00	с	17	1040.00	44.65	450.00	с	18	440.00	29.77	350.00	с
19	600.00	90.67	450.00	с	20	440.00	52.39	350.00	с	21	480.00	100.70	400.00	с
22	660.00	34.93	300.00	с	23	500.00	309.90	700.00	с	24	540.00	67.14	350.00	с
25	720.00	60.46	350.00	с	26	260.00	45.66	450.00	с	27	760.00	30.45	300.00	с
28	500.00	66.43	350.00	с	29	500.00	114.50	400.00	с	30	480.00	44.30	300.00	с
31	520.00	127.60	400.00	с	32	660.00	76.32	350.00	с	33	440.00	15.26	450.00	с
34	360.00	127.60	450.00	с	35	880.00	16.52	250.00	с	36	720.00	16.52	250.00	с
37	540.00	30.72	250.00	с	38	500.00	102.30	350.00	с	39	420.00	20.49	200.00	с
40	580.00	59.25	250.00	с	41	600.00	68.20	300.00	с	42	580.00	109.60	350.00	с
43	300.00	39.51	200.00	с										

Таблиця 4.18 - результати розрахунку

: номер :	код :	діаметр :	довжина :	витрата :	швидкість:	втрати :								
: ділянки:	ділянки:	труби, мм	ділянки, м	води, л/с	води, м/с	напору, м								
:	1	:	1- 0	:	400.00	:	540.00	:	125.04	:	1.00	:	1.94	:
:	2	:	1- 0	:	350.00	:	740.00	:	72.46	:	.75	:	1.89	:
:	3	:	2- 1	:	250.00	:	740.00	:	35.21	:	.72	:	2.67	:
:	4	:	6- 1	:	250.00	:	520.00	:	26.99	:	.55	:	1.16	:
:	5	:	2- 0	:	500.00	:	660.00	:	232.51	:	1.18	:	2.45	:
:	6	:	3- 2	:	900.00	:	780.00	:	694.46	:	1.09	:	1.16	:
:	7	:	6- 2	:	200.00	:	120.00	:	47.36	:	1.51	:	2.37	:
:	8	:	7- 2	:	500.00	:	540.00	:	206.30	:	1.05	:	1.61	:
:	9	:	0- 3	:	700.00	:	400.00	:	358.13	:	.93	:	.61	:
:	10	:	4- 3	:	300.00	:	800.00	:	48.87	:	.69	:	2.13	:
:	11	:	3- 8	:	250.00	:	400.00	:	36.90	:	.75	:	1.57	:
:	12	:	0- 4	:	600.00	:	440.00	:	245.39	:	.87	:	.72	:
:	13	:	0- 4	:	600.00	:	320.00	:	209.59	:	.74	:	.39	:
:	14	:	5- 4	:	350.00	:	600.00	:	65.85	:	.68	:	1.28	:
:	15	:	4- 8	:	300.00	:	300.00	:	26.40	:	.37	:	.26	:
:	16	:	0- 5	:	450.00	:	520.00	:	99.34	:	.62	:	.68	:
:	17	:	0- 5	:	450.00	:	1040.00	:	51.20	:	.32	:	.41	:
:	18	:	12- 5	:	350.00	:	440.00	:	35.35	:	.37	:	.31	:
:	19	:	5- 8	:	450.00	:	600.00	:	32.89	:	.21	:	.11	:
:	20	:	6- 0	:	350.00	:	440.00	:	33.13	:	.34	:	.27	:
:	21	:	7- 6	:	400.00	:	480.00	:	110.87	:	.88	:	1.38	:
:	22	:	9- 6	:	300.00	:	660.00	:	58.13	:	.82	:	2.42	:
:	23	:	8- 7	:	700.00	:	500.00	:	370.22	:	.96	:	.81	:
:	24	:	10- 7	:	350.00	:	540.00	:	92.67	:	.96	:	2.17	:
:	25	:	8-11	:	350.00	:	720.00	:	55.37	:	.58	:	1.12	:
:	26	:	9- 0	:	450.00	:	260.00	:	49.60	:	.31	:	.10	:
:	27	:	13- 9	:	300.00	:	760.00	:	33.62	:	.48	:	1.02	:
:	28	:	10- 9	:	350.00	:	500.00	:	78.93	:	.82	:	1.49	:
:	29	:	11-10	:	400.00	:	500.00	:	154.38	:	1.23	:	2.66	:

:	30	:	14-10	:	300.00	:	480.00	:	42.93	:	.61	:	1.01	:
:	31	:	12-11	:	400.00	:	520.00	:	70.31	:	.56	:	.65	:
:	32	:	15-11	:	350.00	:	660.00	:	51.15	:	.53	:	.89	:
:	33	:	0-12	:	450.00	:	440.00	:	16.23	:	.10	:	.02	:
:	34	:	16-12	:	450.00	:	360.00	:	144.03	:	.91	:	.93	:
:	35	:	13- 0	:	250.00	:	880.00	:	23.63	:	.48	:	1.54	:
:	36	:	0-13	:	250.00	:	720.00	:	9.41	:	.19	:	.24	:
:	37	:	14-13	:	250.00	:	540.00	:	38.68	:	.79	:	2.32	:
:	38	:	15-14	:	350.00	:	500.00	:	118.38	:	1.23	:	3.17	:
:	39	:	0-14	:	200.00	:	420.00	:	5.42	:	.17	:	.16	:
:	40	:	16-15	:	250.00	:	580.00	:	43.55	:	.89	:	3.10	:
:	41	:	0-15	:	300.00	:	600.00	:	37.05	:	.52	:	.96	:
:	42	:	0-16	:	350.00	:	580.00	:	94.14	:	.98	:	2.40	:
:	43	:	0-16	:	200.00	:	300.00	:	24.05	:	.77	:	1.63	:

Випадок А), збільшення на 50 %

$e = .01000$ $n_k = 16$ $n_y = 43$

вихідні дані

n_y	l_y	q	dt	m	n_y	l_y	q	dt	m	n_y	l_y	q	dt	m
1	540.00	90.94	400.00	с	2	740.00	70.78	350.00	с	3	740.00	41.36	250.00	с
4	520.00	47.20	250.00	с	5	660.00	162.40	500.00	с	6	780.00	737.80	900.00	с
7	120.00	27.58	200.00	с	8	540.00	203.30	500.00	с	9	400.00	425.60	700.00	с
10	800.00	57.72	300.00	с	11	400.00	38.35	250.00	с	12	440.00	342.20	600.00	с
13	320.00	330.40	600.00	с	14	600.00	108.40	350.00	с	15	300.00	72.24	300.00	с
16	520.00	177.70	450.00	с	17	1040.00	91.76	450.00	с	18	440.00	61.18	350.00	с
19	600.00	156.90	450.00	с	20	440.00	91.21	350.00	с	21	480.00	157.70	400.00	с
22	660.00	60.81	300.00	с	23	500.00	461.80	700.00	с	24	540.00	105.10	350.00	с
25	720.00	104.60	350.00	с	26	260.00	72.58	450.00	с	27	760.00	48.40	300.00	с
28	500.00	97.85	350.00	с	29	500.00	146.40	400.00	с	30	480.00	65.24	300.00	с
31	520.00	93.04	400.00	с	32	660.00	97.61	350.00	с	33	440.00	56.00	450.00	с
34	360.00	139.60	450.00	с	35	880.00	23.60	250.00	с	36	720.00	23.60	250.00	с
37	540.00	43.89	250.00	с	38	500.00	115.60	350.00	с	39	420.00	29.27	200.00	с
40	580.00	72.45	250.00	с	41	600.00	77.09	300.00	с	42	580.00	126.20	350.00	с
43	300.00	48.30	200.00	с										

Таблиця 4.19 - результати розрахунку

номер	код	діаметр	довжина	витрата	швидкість	втрати								
: ділянки:	ділянки:	труби, мм	ділянки, м	води, л/с	води, м/с	напору, м								
:	1	:	1- 0	:	400.00	:	540.00	:	116.96	:	.93	:	1.71	:
:	2	:	1- 0	:	350.00	:	740.00	:	96.80	:	1.01	:	3.23	:
:	3	:	2- 1	:	250.00	:	740.00	:	33.61	:	.68	:	2.45	:
:	4	:	6- 1	:	250.00	:	520.00	:	41.01	:	.84	:	2.49	:
:	5	:	2- 0	:	500.00	:	660.00	:	180.67	:	.92	:	1.53	:
:	6	:	3- 2	:	900.00	:	780.00	:	773.81	:	1.22	:	1.42	:
:	7	:	6- 2	:	200.00	:	120.00	:	29.14	:	.93	:	.93	:
:	8	:	7- 2	:	500.00	:	540.00	:	208.89	:	1.06	:	1.64	:
:	9	:	0- 3	:	700.00	:	400.00	:	371.32	:	.96	:	.66	:
:	10	:	4- 3	:	300.00	:	800.00	:	51.07	:	.72	:	2.31	:
:	11	:	3- 8	:	250.00	:	400.00	:	36.45	:	.74	:	1.54	:
:	12	:	0- 4	:	600.00	:	440.00	:	294.57	:	1.04	:	1.02	:
:	13	:	0- 4	:	600.00	:	320.00	:	282.77	:	1.00	:	.68	:
:	14	:	5- 4	:	350.00	:	600.00	:	81.96	:	.85	:	1.92	:
:	15	:	4- 8	:	300.00	:	300.00	:	63.69	:	.90	:	1.30	:
:	16	:	0- 5	:	450.00	:	520.00	:	156.52	:	.98	:	1.57	:
:	17	:	0- 5	:	450.00	:	1040.00	:	70.58	:	.44	:	.73	:
:	18	:	12- 5	:	350.00	:	440.00	:	58.79	:	.61	:	.77	:
:	19	:	5- 8	:	450.00	:	600.00	:	121.91	:	.77	:	1.14	:
:	20	:	6- 0	:	350.00	:	440.00	:	111.04	:	1.15	:	2.48	:
:	21	:	7- 6	:	400.00	:	480.00	:	161.72	:	1.29	:	2.80	:

:	22	:	9- 6	:	300.00	:	660.00	:	66.48	:	.94	:	3.10	:
:	23	:	8- 7	:	700.00	:	500.00	:	494.12	:	1.28	:	1.40	:
:	24	:	10- 7	:	350.00	:	540.00	:	111.06	:	1.15	:	3.04	:
:	25	:	8-11	:	350.00	:	720.00	:	86.92	:	.90	:	2.57	:
:	26	:	9- 0	:	450.00	:	260.00	:	98.08	:	.62	:	.33	:
:	27	:	13- 9	:	300.00	:	760.00	:	33.63	:	.48	:	1.03	:
:	28	:	10- 9	:	350.00	:	500.00	:	102.17	:	1.06	:	2.41	:
:	29	:	11-10	:	400.00	:	500.00	:	190.44	:	1.52	:	4.04	:
:	30	:	14-10	:	300.00	:	480.00	:	51.58	:	.73	:	1.41	:
:	31	:	12-11	:	400.00	:	520.00	:	37.97	:	.30	:	.21	:
:	32	:	15-11	:	350.00	:	660.00	:	62.01	:	.64	:	1.27	:
:	33	:	0-12	:	450.00	:	440.00	:	37.21	:	.23	:	.10	:
:	34	:	16-12	:	450.00	:	360.00	:	139.89	:	.88	:	.88	:
:	35	:	13- 0	:	250.00	:	880.00	:	34.33	:	.70	:	3.03	:
:	36	:	0-13	:	250.00	:	720.00	:	12.87	:	.26	:	.42	:
:	37	:	14-13	:	250.00	:	540.00	:	49.32	:	1.00	:	3.64	:
:	38	:	15-14	:	350.00	:	500.00	:	137.71	:	1.43	:	4.29	:
:	39	:	0-14	:	200.00	:	420.00	:	13.12	:	.42	:	.76	:
:	40	:	16-15	:	250.00	:	580.00	:	53.27	:	1.09	:	4.51	:
:	41	:	0-15	:	300.00	:	600.00	:	38.83	:	.55	:	1.05	:
:	42	:	0-16	:	350.00	:	580.00	:	107.12	:	1.11	:	3.05	:
:	43	:	0-16	:	200.00	:	300.00	:	29.22	:	.93	:	2.34	:

Випадок Б), збільшення на 50 %

e= .01000 nk= 16 ny= 43

вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	540.00	93.94	400.00	с	2	740.00	53.62	350.00	с	3	740.00	47.53	250.00	с
4	520.00	35.75	250.00	с	5	660.00	201.50	500.00	с	6	780.00	674.30	900.00	с
7	120.00	31.69	200.00	с	8	540.00	168.20	500.00	с	9	400.00	421.40	700.00	с
10	800.00	77.86	300.00	с	11	400.00	51.92	250.00	с	12	440.00	291.90	600.00	с
13	320.00	268.20	600.00	с	14	600.00	123.80	350.00	с	15	300.00	82.53	300.00	с
16	520.00	100.10	450.00	с	17	1040.00	75.99	450.00	с	18	440.00	50.67	350.00	с
19	600.00	159.10	450.00	с	20	440.00	35.84	350.00	с	21	480.00	100.60	400.00	с
22	660.00	23.90	300.00	с	23	500.00	385.40	700.00	с	24	540.00	67.06	350.00	с
25	720.00	106.00	350.00	с	26	260.00	38.91	450.00	с	27	760.00	25.94	300.00	с
28	500.00	110.50	350.00	с	29	500.00	178.40	400.00	с	30	480.00	73.67	300.00	с
31	520.00	179.60	400.00	с	32	660.00	118.90	350.00	с	33	440.00	97.08	450.00	с
34	360.00	119.80	450.00	с	35	880.00	35.05	250.00	с	36	720.00	35.06	250.00	с
37	540.00	64.51	250.00	с	38	500.00	137.60	350.00	с	39	420.00	43.02	200.00	с
40	580.00	94.99	250.00	с	41	600.00	91.76	300.00	с	42	580.00	164.20	350.00	с
43	300.00	63.34	200.00	с										

Таблиця 4.20 - результати розрахунку

: номер	: код	: діаметр	: довжина	: витрати	: швидкість	: втрати	:							
: ділянки:	ділянки:	труби, мм	ділянки, м	: води, л/с	: води, м/с	: напору, м	:							
:	1	:	1- 0	:	400.00	:	540.00	:	120.80	:	.96	:	1.82	:
:	2	:	1- 0	:	350.00	:	740.00	:	80.48	:	.84	:	2.29	:
:	3	:	2- 1	:	250.00	:	740.00	:	33.89	:	.69	:	2.49	:
:	4	:	6- 1	:	250.00	:	520.00	:	32.50	:	.66	:	1.62	:
:	5	:	2- 0	:	500.00	:	660.00	:	214.73	:	1.09	:	2.11	:
:	6	:	3- 2	:	900.00	:	780.00	:	719.97	:	1.13	:	1.24	:
:	7	:	6- 2	:	200.00	:	120.00	:	42.08	:	1.34	:	1.87	:
:	8	:	7- 2	:	500.00	:	540.00	:	199.18	:	1.01	:	1.50	:
:	9	:	0- 3	:	700.00	:	400.00	:	362.50	:	.94	:	.63	:
:	10	:	4- 3	:	300.00	:	800.00	:	53.11	:	.75	:	2.48	:
:	11	:	3- 8	:	250.00	:	400.00	:	40.38	:	.82	:	1.86	:
:	12	:	0- 4	:	600.00	:	440.00	:	257.75	:	.91	:	.79	:
:	13	:	0- 4	:	600.00	:	320.00	:	234.05	:	.83	:	.48	:

:	14	:	5- 4	:	350.00	:	600.00	:	82.38	:	.86	:	1.94	:
:	15	:	4- 8	:	300.00	:	300.00	:	46.24	:	.65	:	.72	:
:	16	:	0- 5	:	450.00	:	520.00	:	107.37	:	.68	:	.78	:
:	17	:	0- 5	:	450.00	:	1040.00	:	83.26	:	.52	:	.98	:
:	18	:	12- 5	:	350.00	:	440.00	:	56.89	:	.59	:	.72	:
:	19	:	5- 8	:	450.00	:	600.00	:	81.39	:	.51	:	.55	:
:	20	:	6- 0	:	350.00	:	440.00	:	59.45	:	.62	:	.78	:
:	21	:	7- 6	:	400.00	:	480.00	:	121.20	:	.96	:	1.63	:
:	22	:	9- 6	:	300.00	:	660.00	:	61.06	:	.86	:	2.65	:
:	23	:	8- 7	:	700.00	:	500.00	:	411.63	:	1.07	:	.99	:
:	24	:	10- 7	:	350.00	:	540.00	:	91.95	:	.96	:	2.14	:
:	25	:	8-11	:	350.00	:	720.00	:	78.44	:	.82	:	2.13	:
:	26	:	9- 0	:	450.00	:	260.00	:	99.69	:	.63	:	.34	:
:	27	:	13- 9	:	300.00	:	760.00	:	-13.44	:	.19	:	.20	:
:	28	:	10- 9	:	350.00	:	500.00	:	118.82	:	1.24	:	3.20	:
:	29	:	11-10	:	400.00	:	500.00	:	207.30	:	1.65	:	4.79	:
:	30	:	14-10	:	300.00	:	480.00	:	30.61	:	.43	:	.55	:
:	31	:	12-11	:	400.00	:	520.00	:	80.55	:	.64	:	.83	:
:	32	:	15-11	:	350.00	:	660.00	:	76.08	:	.79	:	1.84	:
:	33	:	0-12	:	450.00	:	440.00	:	98.13	:	.62	:	.56	:
:	34	:	16-12	:	450.00	:	360.00	:	148.91	:	.94	:	.99	:
:	35	:	13- 0	:	250.00	:	880.00	:	56.45	:	1.15	:	7.62	:
:	36	:	0-13	:	250.00	:	720.00	:	13.66	:	.28	:	.47	:
:	37	:	14-13	:	250.00	:	540.00	:	69.15	:	1.41	:	6.95	:
:	38	:	15-14	:	350.00	:	500.00	:	166.74	:	1.73	:	6.29	:
:	39	:	0-14	:	200.00	:	420.00	:	16.98	:	.54	:	1.21	:
:	40	:	16-15	:	250.00	:	580.00	:	67.87	:	1.38	:	7.19	:
:	41	:	0-15	:	300.00	:	600.00	:	36.58	:	.52	:	.94	:
:	42	:	0-16	:	350.00	:	580.00	:	136.13	:	1.41	:	4.87	:
:	43	:	0-16	:	200.00	:	300.00	:	35.27	:	1.12	:	3.32	:

Випадок В) збільшення на 30 %

e= .01000 nk= 16 ny= 43

вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	540.00	136.80	400.00	с	2	740.00	76.57	350.00	с	3	740.00	68.94	250.00	с
4	520.00	51.05	250.00	с	5	660.00	286.10	500.00	с	6	780.00	617.70	900.00	с
7	120.00	45.96	200.00	с	8	540.00	193.30	500.00	с	9	400.00	373.50	700.00	с
10	800.00	78.63	300.00	с	11	400.00	52.42	250.00	с	12	440.00	223.00	600.00	с
13	320.00	179.20	600.00	с	14	600.00	95.20	350.00	с	15	300.00	63.47	300.00	с
16	520.00	39.62	450.00	с	17	1040.00	8.52	450.00	с	18	440.00	5.68	350.00	с
19	600.00	91.09	450.00	с	20	440.00	50.69	350.00	с	21	480.00	91.08	400.00	с
22	660.00	33.80	300.00	с	23	500.00	284.90	700.00	с	24	540.00	60.73	350.00	с
25	720.00	60.73	350.00	с	26	260.00	42.83	450.00	с	27	760.00	28.56	300.00	с
28	500.00	51.54	350.00	с	29	500.00	95.59	400.00	с	30	480.00	34.36	300.00	с
31	520.00	87.28	400.00	с	32	660.00	63.74	350.00	с	33	440.00	73.36	450.00	с
34	360.00	58.19	450.00	с	35	880.00	11.80	250.00	с	36	720.00	11.80	250.00	с
37	540.00	21.94	250.00	с	38	500.00	93.40	350.00	с	39	420.00	14.64	200.00	с
40	580.00	50.46	250.00	с	41	600.00	62.28	300.00	с	42	580.00	98.58	350.00	с
43	300.00	33.65	200.00	с										

Таблиця 4.21 - результати розрахунку

: номер	: код	: діаметр	: довжина	: витрата	: швидкість	: втрати	:							
: ділянки:	ділянки	труби, мм	ділянки, м	: води, л/с	: води, м/с	: напору, м	:							
:	1	:	1- 0	:	400.00	:	540.00	:	126.67	:	1.01	:	1.99	:
:	2	:	1- 0	:	350.00	:	740.00	:	66.44	:	.69	:	1.61	:
:	3	:	2- 1	:	250.00	:	740.00	:	35.72	:	.73	:	2.74	:
:	4	:	6- 1	:	250.00	:	520.00	:	22.68	:	.46	:	.84	:
:	5	:	2- 0	:	500.00	:	660.00	:	242.75	:	1.24	:	2.66	:

Таблиця 4.22 - результати розрахунку

: номер :	код :	діаметр :	довжина :	витрата :	швидкість :	втрати :
: ділянки:	ділянки:	труби, мм :	ділянки, м :	води, л/с :	води, м/с :	напору, м :
: 1 :	1- 0 :	400.00 :	540.00 :	116.04 :	.92 :	1.69 :
: 2 :	1- 0 :	350.00 :	740.00 :	99.91 :	1.04 :	3.42 :
: 3 :	2- 1 :	250.00 :	740.00 :	33.59 :	.68 :	2.45 :
: 4 :	6- 1 :	250.00 :	520.00 :	42.53 :	.87 :	2.66 :
: 5 :	2- 0 :	500.00 :	660.00 :	173.65 :	.88 :	1.42 :
: 6 :	3- 2 :	900.00 :	780.00 :	782.89 :	1.23 :	1.45 :
: 7 :	6- 2 :	200.00 :	120.00 :	26.32 :	.84 :	.77 :
: 8 :	7- 2 :	500.00 :	540.00 :	209.97 :	1.07 :	1.66 :
: 9 :	0- 3 :	700.00 :	400.00 :	374.95 :	.97 :	.67 :
: 10 :	4- 3 :	300.00 :	800.00 :	50.17 :	.71 :	2.24 :
: 11 :	3- 8 :	250.00 :	400.00 :	35.20 :	.72 :	1.44 :
: 12 :	0- 4 :	600.00 :	440.00 :	304.09 :	1.08 :	1.08 :
: 13 :	0- 4 :	600.00 :	320.00 :	294.69 :	1.04 :	.74 :
: 14 :	5- 4 :	350.00 :	600.00 :	80.00 :	.83 :	1.84 :
: 15 :	4- 8 :	300.00 :	300.00 :	66.47 :	.94 :	1.41 :
: 16 :	0- 5 :	450.00 :	520.00 :	170.20 :	1.07 :	1.83 :
: 17 :	0- 5 :	450.00 :	1040.00 :	76.77 :	.48 :	.85 :
: 18 :	12- 5 :	350.00 :	440.00 :	40.90 :	.43 :	.40 :
: 19 :	5- 8 :	450.00 :	600.00 :	127.61 :	.80 :	1.24 :
: 20 :	6- 0 :	350.00 :	440.00 :	121.02 :	1.26 :	2.92 :
: 21 :	7- 6 :	400.00 :	480.00 :	169.29 :	1.35 :	3.07 :
: 22 :	9- 6 :	300.00 :	660.00 :	68.57 :	.97 :	3.28 :
: 23 :	8- 7 :	700.00 :	500.00 :	510.17 :	1.33 :	1.50 :
: 24 :	10- 7 :	350.00 :	540.00 :	114.75 :	1.19 :	3.23 :
: 25 :	8-11 :	350.00 :	720.00 :	87.27 :	.91 :	2.59 :
: 26 :	9- 0 :	450.00 :	260.00 :	102.54 :	.64 :	.36 :
: 27 :	13- 9 :	300.00 :	760.00 :	36.17 :	.51 :	1.17 :
: 28 :	10- 9 :	350.00 :	500.00 :	103.68 :	1.08 :	2.48 :
: 29 :	11-10 :	400.00 :	500.00 :	194.96 :	1.55 :	4.24 :
: 30 :	14-10 :	300.00 :	480.00 :	52.85 :	.75 :	1.48 :
: 31 :	12-11 :	400.00 :	520.00 :	58.77 :	.47 :	.47 :
: 32 :	15-11 :	350.00 :	660.00 :	59.87 :	.62 :	1.19 :
: 33 :	0-12 :	450.00 :	440.00 :	59.98 :	.38 :	.23 :
: 34 :	16-12 :	450.00 :	360.00 :	117.08 :	.74 :	.64 :
: 35 :	13- 0 :	250.00 :	880.00 :	33.82 :	.69 :	2.95 :
: 36 :	0-13 :	250.00 :	720.00 :	13.38 :	.27 :	.45 :
: 37 :	14-13 :	250.00 :	540.00 :	49.56 :	1.01 :	3.67 :
: 38 :	15-14 :	350.00 :	500.00 :	138.83 :	1.44 :	4.36 :
: 39 :	0-14 :	200.00 :	420.00 :	13.38 :	.43 :	.79 :
: 40 :	16-15 :	250.00 :	580.00 :	53.48 :	1.09 :	4.54 :
: 41 :	0-15 :	300.00 :	600.00 :	37.97 :	.54 :	1.01 :
: 42 :	0-16 :	350.00 :	580.00 :	106.05 :	1.10 :	3.00 :
: 43 :	0-16 :	200.00 :	300.00 :	28.15 :	.90 :	2.18 :

Випадок Б), збільшення на 60 %

e= .01000 nk= 16 ny= 43

вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	540.00	91.68	400.00	с	2	740.00	51.36	350.00	с	3	740.00	46.62	250.00	с
4	520.00	34.24	250.00	с	5	660.00	198.40	500.00	с	6	780.00	672.20	900.00	с
7	120.00	31.09	200.00	с	8	540.00	164.80	500.00	с	9	400.00	426.70	700.00	с
10	800.00	78.73	300.00	с	11	400.00	52.50	250.00	с	12	440.00	296.30	600.00	с
13	320.00	272.70	600.00	с	14	600.00	126.00	350.00	с	15	300.00	83.98	300.00	с
16	520.00	102.30	450.00	с	17	1040.00	83.10	450.00	с	18	440.00	55.40	350.00	с
19	600.00	162.70	450.00	с	20	440.00	32.05	350.00	с	21	480.00	97.76	400.00	с

22	660.00	21.37	300.00	с	23	500.00	386.10	700.00	с	24	540.00	65.18	350.00	с
25	720.00	108.50	350.00	с	26	260.00	36.76	450.00	с	27	760.00	24.52	300.00	с
28	500.00	115.00	350.00	с	29	500.00	185.30	400.00	с	30	480.00	76.66	300.00	с
31	520.00	187.90	400.00	с	32	660.00	123.60	350.00	с	33	440.00	114.80	450.00	с
34	360.00	125.30	450.00	с	35	880.00	37.45	250.00	с	36	720.00	37.45	250.00	с
37	540.00	68.72	250.00	с	38	500.00	142.10	350.00	с	39	420.00	45.81	200.00	с
40	580.00	99.54	250.00	с	41	600.00	94.72	300.00	с	42	580.00	171.80	350.00	с
43	300.00	66.36	200.00	с										

Таблиця 4.23 - результати розрахунку

: номер	: код	: діаметр	: довжина	: витрата	: швидкість	: втрати	:
: ділянки:	ділянки:	труби, мм	ділянки, м	води, л/с	води, м/с	напору, м	:
: 1	: 1- 0	: 400.00	: 540.00	: 120.77	: .96	: 1.82	:
: 2	: 1- 0	: 350.00	: 740.00	: 80.45	: .84	: 2.29	:
: 3	: 2- 1	: 250.00	: 740.00	: 33.86	: .69	: 2.49	:
: 4	: 6- 1	: 250.00	: 520.00	: 32.52	: .66	: 1.62	:
: 5	: 2- 0	: 500.00	: 660.00	: 214.73	: 1.09	: 2.11	:
: 6	: 3- 2	: 900.00	: 780.00	: 720.29	: 1.13	: 1.24	:
: 7	: 6- 2	: 200.00	: 120.00	: 42.13	: 1.34	: 1.87	:
: 8	: 7- 2	: 500.00	: 540.00	: 198.40	: 1.01	: 1.49	:
: 9	: 0- 3	: 700.00	: 400.00	: 362.28	: .94	: .63	:
: 10	: 4- 3	: 300.00	: 800.00	: 53.60	: .76	: 2.53	:
: 11	: 3- 8	: 250.00	: 400.00	: 40.85	: .83	: 1.90	:
: 12	: 0- 4	: 600.00	: 440.00	: 257.01	: .91	: .79	:
: 13	: 0- 4	: 600.00	: 320.00	: 233.41	: .83	: .48	:
: 14	: 5- 4	: 350.00	: 600.00	: 84.11	: .87	: 2.02	:
: 15	: 4- 8	: 300.00	: 300.00	: 47.20	: .67	: .75	:
: 16	: 0- 5	: 450.00	: 520.00	: 104.90	: .66	: .75	:
: 17	: 0- 5	: 450.00	: 1040.00	: 85.70	: .54	: 1.04	:
: 18	: 12- 5	: 350.00	: 440.00	: 60.61	: .63	: .81	:
: 19	: 5- 8	: 450.00	: 600.00	: 84.04	: .53	: .58	:
: 20	: 6- 0	: 350.00	: 440.00	: 59.42	: .62	: .78	:
: 21	: 7- 6	: 400.00	: 480.00	: 120.32	: .96	: 1.60	:
: 22	: 9- 6	: 300.00	: 660.00	: 61.40	: .87	: 2.68	:
: 23	: 8- 7	: 700.00	: 500.00	: 412.24	: 1.07	: .99	:
: 24	: 10- 7	: 350.00	: 540.00	: 91.12	: .95	: 2.10	:
: 25	: 8-11	: 350.00	: 720.00	: 80.38	: .84	: 2.22	:
: 26	: 9- 0	: 450.00	: 260.00	: 104.16	: .65	: .37	:
: 27	: 13- 9	: 300.00	: 760.00	: -19.86	: .28	: .40	:
: 28	: 10- 9	: 350.00	: 500.00	: 123.47	: 1.28	: 3.45	:
: 29	: 11-10	: 400.00	: 500.00	: 213.62	: 1.70	: 5.09	:
: 30	: 14-10	: 300.00	: 480.00	: 28.09	: .40	: .47	:
: 31	: 12-11	: 400.00	: 520.00	: 86.32	: .69	: .94	:
: 32	: 15-11	: 350.00	: 660.00	: 78.00	: .81	: 1.93	:
: 33	: 0-12	: 450.00	: 440.00	: 112.19	: .71	: .72	:
: 34	: 16-12	: 450.00	: 360.00	: 152.47	: .96	: 1.03	:
: 35	: 13- 0	: 250.00	: 880.00	: 60.47	: 1.23	: 8.67	:
: 36	: 0-13	: 250.00	: 720.00	: 14.43	: .29	: .52	:
: 37	: 14-13	: 250.00	: 540.00	: 73.00	: 1.49	: 7.75	:
: 38	: 15-14	: 350.00	: 500.00	: 173.39	: 1.80	: 6.80	:
: 39	: 0-14	: 200.00	: 420.00	: 18.51	: .59	: 1.41	:
: 40	: 16-15	: 250.00	: 580.00	: 70.73	: 1.44	: 7.81	:
: 41	: 0-15	: 300.00	: 600.00	: 36.13	: .51	: .92	:
: 42	: 0-16	: 350.00	: 580.00	: 142.02	: 1.48	: 5.29	:
: 43	: 0-16	: 200.00	: 300.00	: 36.58	: 1.16	: 3.56	:

Випадок В), збільшення на 60 %

e= .01000 nk= 16 ny= 43

вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	540.00	141.50	400.00	с	2	740.00	76.71	350.00	с	3	740.00	71.44	250.00	с
4	520.00	51.14	250.00	с	5	660.00	297.50	500.00	с	6	780.00	605.90	900.00	с
7	120.00	47.63	200.00	с	8	540.00	194.30	500.00	с	9	400.00	369.40	700.00	с
10	800.00	79.60	300.00	с	11	400.00	53.07	250.00	с	12	440.00	213.70	600.00	с
13	320.00	165.60	600.00	с	14	600.00	91.44	350.00	с	15	300.00	60.96	300.00	с
16	520.00	29.80	450.00	с	17	1040.00	18.34	450.00	с	18	440.00	12.24	350.00	с
19	600.00	80.69	450.00	с	20	440.00	49.84	350.00	с	21	480.00	86.27	400.00	с
22	660.00	33.23	300.00	с	23	500.00	265.30	700.00	с	24	540.00	57.52	350.00	с
25	720.00	53.80	350.00	с	26	260.00	41.41	450.00	с	27	760.00	27.62	300.00	с
28	500.00	44.09	350.00	с	29	500.00	86.16	400.00	с	30	480.00	29.40	300.00	с
31	520.00	77.11	400.00	с	32	660.00	57.45	350.00	с	33	440.00	89.74	450.00	с
34	360.00	51.42	450.00	с	35	880.00	9.44	250.00	с	36	720.00	9.44	250.00	с
37	540.00	17.55	250.00	с	38	500.00	88.96	350.00	с	39	420.00	11.71	200.00	с
40	580.00	46.06	250.00	с	41	600.00	59.31	300.00	с	42	580.00	93.04	350.00	с
43	300.00	30.71	200.00	с										

Таблиця 4.24 - результати розрахунку

номер	код	діаметр	довжина	витрата	швидкість	втрати
: ділянки:	ділянки:	труби, мм	ділянки, м	води, л/с	води, м/с	напору, м
:	1	: 1- 0	: 400.00	: 540.00	: 126.89	: 1.01
:	2	: 1- 0	: 350.00	: 740.00	: 62.10	: .65
:	3	: 2- 1	: 250.00	: 740.00	: 35.76	: .73
:	4	: 6- 1	: 250.00	: 520.00	: 19.73	: .40
:	5	: 2- 0	: 500.00	: 660.00	: 247.22	: 1.26
:	6	: 3- 2	: 900.00	: 780.00	: 661.44	: 1.04
:	7	: 6- 2	: 200.00	: 120.00	: 51.90	: 1.65
:	8	: 7- 2	: 500.00	: 540.00	: 205.88	: 1.05
:	9	: 0- 3	: 700.00	: 400.00	: 364.15	: .95
:	10	: 4- 3	: 300.00	: 800.00	: 54.54	: .77
:	11	: 3- 8	: 250.00	: 400.00	: 44.10	: .90
:	12	: 0- 4	: 600.00	: 440.00	: 233.51	: .83
:	13	: 0- 4	: 600.00	: 320.00	: 185.41	: .66
:	14	: 5- 4	: 350.00	: 600.00	: 81.42	: .85
:	15	: 4- 8	: 300.00	: 300.00	: 26.93	: .38
:	16	: 0- 5	: 450.00	: 520.00	: 59.63	: .37
:	17	: 0- 5	: 450.00	: 1040.00	: 48.17	: .30
:	18	: 12- 5	: 350.00	: 440.00	: 14.86	: .15
:	19	: 8- 5	: 450.00	: 600.00	: 124.74	: .78
:	20	: 6- 0	: 350.00	: 440.00	: 3.82	: .04
:	21	: 7- 6	: 400.00	: 480.00	: 93.58	: .74
:	22	: 9- 6	: 300.00	: 660.00	: 58.99	: .83
:	23	: 8- 7	: 700.00	: 500.00	: 318.23	: .83
:	24	: 10- 7	: 350.00	: 540.00	: 88.40	: .92
:	25	: 8-11	: 350.00	: 720.00	: 41.34	: .43
:	26	: 9- 0	: 450.00	: 260.00	: 21.15	: .13
:	27	: 13- 9	: 300.00	: 760.00	: 44.31	: .63
:	28	: 10- 9	: 350.00	: 500.00	: 56.52	: .59
:	29	: 11-10	: 400.00	: 500.00	: 120.67	: .96
:	30	: 14-10	: 300.00	: 480.00	: 45.32	: .64
:	31	: 12-11	: 400.00	: 520.00	: 23.21	: .18
:	32	: 15-11	: 350.00	: 660.00	: 52.23	: .54
:	33	: 12- 0	: 450.00	: 440.00	: 62.53	: .39
:	34	: 16-12	: 450.00	: 360.00	: 91.41	: .57
:	35	: 13- 0	: 250.00	: 880.00	: 5.87	: .12
:	36	: 0-13	: 250.00	: 720.00	: 13.01	: .27

:	37	:	14-13	:	250.00	:	540.00	:	29.21	:	.60	:	1.39	:
:	38	:	15-14	:	350.00	:	500.00	:	102.33	:	1.06	:	2.42	:
:	39	:	0-14	:	200.00	:	420.00	:	3.62	:	.12	:	.08	:
:	40	:	16-15	:	250.00	:	580.00	:	37.37	:	.76	:	2.34	:
:	41	:	0-15	:	300.00	:	600.00	:	37.84	:	.54	:	1.00	:
:	42	:	0-16	:	350.00	:	580.00	:	80.26	:	.83	:	1.79	:
:	43	:	0-16	:	200.00	:	300.00	:	17.93	:	.57	:	.95	:

4.5 Визначення п'єзометричних позначок та вільних напорів у вузлах мережі з урахуванням змінення структури водоспоживання

За всіма варіантами змінення структури споживання виконувався розрахунок п'єзометричних позначок відносно точки живлення, яка була розрахована за формулою:

$$P_{I(i)} = P_{необх.i} + \sum h_{I-i}, \quad (4.11)$$

де $\sum h_{I-i}$ – алгебраїчна сума втрат напору від точки підключення водоводів до i -ї точки.

де $H_{віль.необх.i}$ - вільний напір, необхідний в i -й точці.

Результати розрахунків приведені у графічній частині.

4.6 Аналіз гідравлічних розрахунків мережі при змінній структурі розміщення споживачів

В результаті розрахунків були виявленні вузли напір в яких нижче необхідного : так при змінній навантаженні у середній зоні такими вузлами будуть № 27 та 28, у нижній зоні вузли № 25, 26, 27 та 28. Вільний напір в яких нижче необхідного, який становить 42м. У верхній зоні вузлів в яких напір нижче необхідного невиявлено.

Висока якість та надійність подачі води повинні забезпечуватись оперативним перерозподілом потоків у необхідному напрямі. Контрольні вузли є критерієм нормальності розподілу тисків в мережі, від їх місць розташування та кількості залежить ефективність керуючого впливу на потокорозподіл.

Для прийнятої схеми водопостачання та встановлених режимів водоспоживання неможна стверджувати, що при експлуатації параметри водопровідної мережі залишаються незмінними. Діючі нормативи [1] не передбачають розробку розрахунково-технологічних схем, що відповідають фактичному стану системи водопостачання. Відсутність таких схем ускладнює проведення розрахунків для вибору оптимального розподілу води, визначення кількості та місць розташування контрольних вузлів.

Питомий опір окремих ділянок мережі залежить не тільки від терміну експлуатації, але й змінюється на протязі доби при коливанні водорозборів.

Динаміка водорозборів суттєво змінюється при проектуванні нових житлових масивів.

Структура розміщення споживачів суттєво впливає на поточкорозподіл в промислових регіонах, які мають енергоємкі виробництва. Підприємства впливають на режим роботи міського водопроводу в результаті того, що їх навантаження на систему водопостачання, не змінюючись на протязі доби, в нічні години зростає по відношенню до господарсько-питного водоспоживання. Змінення умов використання води на підприємстві також впливає на поточкорозподіл. Тобто вузлові витрати можуть суттєво змінюватись при змінненні господарської діяльності підприємств, їх територіального планування.

Аналіз дослідження впливу змінення структури споживачів на гідравлічні умови роботи водопровідних мереж, дозволить враховувати змінення гідравлічних характеристик мереж при прогнозуванні поточкорозподілу в них.

4.8 Розрахунок об'єму резервуару чистої води

В табл.1.8 було розраховано ємність баку РЧВ у процентному відношенні. Отже, об'єм РЧВ дорівнюватиме 16,28 % від добового водоспоживання міста:

$$W_{pчв} = W_p + W_{пож} + W_{ф}, \quad (4.12)$$

де W_p - регулюючий об'єм ;

$W_{пож}$ - об'єм недоторканого пожежного запасу;

$W_{ф}$ - об'єм води необхідний для промивки фільтрів.

Визначаємо об'єм РЧВ;

$$W_p = 18,94 * 94728 / 100 = 17940 \text{ м}^3.$$

$$W_{pчв} = 17940 + 1000 + 17761 = 36701 \text{ м}^3.$$

Прийнято чотири резервуари об'ємом 9216 м³ кожний. Розміри резервуара 48 х 48 м, висота - 4 м.

4.8 Розрахунок насосної станції II-го підйому

4.8.1 Визначення діаметрів всмоктуючих і напірних водоводів

Кількість всмоктуючих ліній на водопровідній станції 1-ої категорії надійності незалежно від кількості груп насосів приймаємо 2.

Розрахункова витрата для кожного з всмоктуючих водоводів для насосної станції 1-ої категорії надійності визначається за формулою:

$$Q_{вс.в.} = Q_{\max \text{ н.ст.}} / (n_{вс.} - 1), \quad (4.13)$$

де $Q_{\max \text{ н.ст.}}$ - максимальна витрата насосної станції, л/с;

$n_{вс.}$ - кількість всмоктуючих водоводів;

$$Q_{вс.в.} = ((0,0535 * 91085 / 3600) * 1000) / (2 - 1) = 1354 \text{ л/с.}$$

Згідно [3] для чавунних водоводів при $Q_{вс.в} = 1354$ л/с, а також з урахування рекомендованих швидкостей [3], приймається $d = 1000$ мм, при цьому $V = 1,74$ м/с, $1000i = 3,23$.

Кількість напірних водоводів приймаємо 2. Розрахункову витрату кожного з водоводів визначаємо за формулою:

$$Q_{н.в.} = Q_{\max н.ст.} / n_n, \quad (4.14)$$

де n_n - кількість напірних водоводів;

$$Q_{н.в.} = 1,354 / 2 = 0,677 \text{ м}^3/\text{с}.$$

При визначенні діаметрів напірних водоводів необхідно враховувати економічний фактор. Розрахунковий економічний фактор (п.2.1.3) відрізняється від табличного значення, тому діаметр водоводів визначається за приведеною витратою, яка розраховується за формулою:

$$Q_{np} = Q_{н.в.} * \sqrt[3]{\frac{E_{\phi}}{E_{т}}}, \quad (4.15)$$

де $E_{т}$ – табличне значення економічного фактору ($E_{т}=0,5$ [3]);

E_{ϕ} – фактичне значення економічного фактору ($E_{\phi}=0,33$ [3]);

$$Q_{np} = 0,677 * \sqrt[3]{\frac{0,33}{0,5}} = 0,589 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Згідно [3] для чавунних водоводів при $Q_{вс.в} = 589$ л/с, а також з урахування рекомендованих швидкостей [1], приймаємо $d = 800$ мм, при цьому $V = 1,35$ м/с, $1000i = 2,62$.

4.8.2 Визначення розрахункового напору насосів

Необхідний напір насосів визначаємо за формулою:

$$H_p = H_{г} + h_k + h_b + h_3, \quad (4.16)$$

де $H_{г}$ – геометрична висота підйому;

h_k – сумарні втрати напору у всмоктуючих і напірних комунікаціях насосної станції (приймаємо рівними 2 м [9]);

h_b – втрати напору у водоводах при максимальній подачі насосної станції;

h_3 – запас на вилив (приймаємо 1 м [9]).

Геометрична висота підйому:

$$H_{г} = Z_1 - Z_2,$$

де Z_1 – абсолютна максимальна позначка підйому води, м (п'єзометрична позначка точки підключення водоводів до мережі, приймаємо за п'єзометричними картами, $Z_1 = 123,41$ м);

Z_2 – абсолютна розрахункова позначка в резервуарі чистої води для випадку максимального водоспоживання (позначка пожежного рівня в РЧВ, $Z_2 = 57,4$ м);

$$H_{г} = 123,41 - 57,4 = 66,01 \text{ м};$$

Втрати напору в напірних водоводах розраховуються за формулою:

$$h_b = 1,15 \cdot i \cdot l, \quad (4.17)$$

де l – довжина напірних водоводів ($l = 2600$ м);

i – питомий опір водоводу.

Для першого ступеня: для чавунних водоводів при $d=800$ мм (по [2]) $i=0,346$, $l=2600$ м, $Q_{p1}=0,455$ м³/с на 2 водоводи:

$$h_b = 1,15 \cdot 0,346 / 1000 \cdot 2600 = 1,03 \text{ м,}$$

$$H_{p1} = 66,01 + 1,03 + 2 + 1 = 70,04 \text{ м.}$$

Для другого ступеня: $Q_{p2}=1,354$ м³/с на 2 водоводи:

$$h_b = 1,15 \cdot 2600 \cdot 2,62 / 1000 = 7,83 \text{ м,}$$

$$H_{p2} = 66,01 + 2 + 7,83 + 1 = 76,84 \text{ м.}$$

4.8.3 Підбір насосів та електродвигунів до них

Основні параметри за якими підбираємо насос: $H_{p2} = 76,84$ м и $Q=0,480$ м³/с (на першому ступені працює 1 насос продуктивністю 1,9% від добового водоспоживання).

Дані вимоги [11] задовольняє насос марки Д1250-125, при цьому необхідно всього 3 робочі і 2 резервні насоси. Його основні характеристики [7]: $Q=480$ л/с, $H=96$ м, $n=1450$ об./хв., $N_H=620$ кВт, $\text{ККД}=69\%$, $D_{\text{роб.кол.}}=575$ мм.

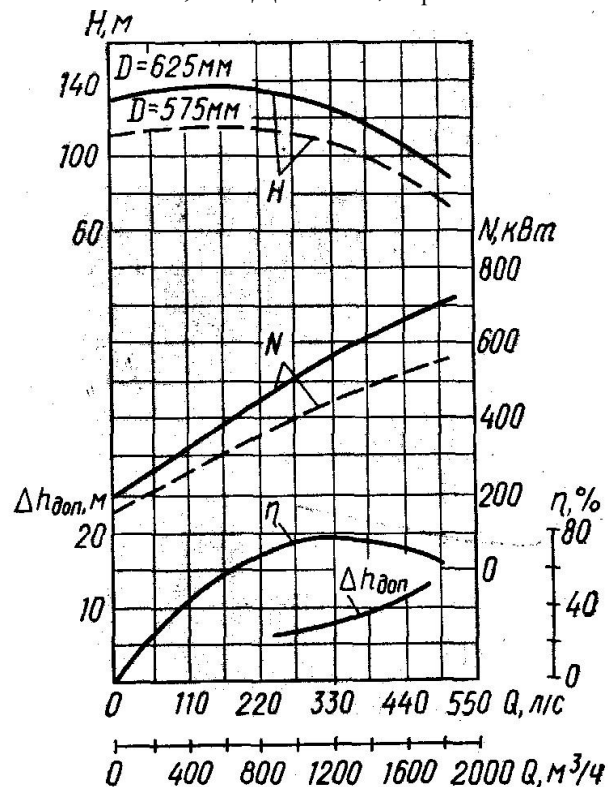


Рисунок 4.1 – Характеристика насосу типу Д 1250-125.

Електродвигуни підбираємо на основі потужності насосу. Потужність насосу визначається за формулою:

$$N_H = \rho * g * Q * H / (1000 * \eta_H), \quad (4.18)$$

де ρ - щільність води, кг/м³;

Q – подача одного насосу при включенні всіх робочих агрегатів, м³/с;

H – напір насосу на другому ступені ($H_{p2} = 76,84$ м);

η_H – ККД насоса при подачі Q ;

$$N_H = 1000 * 9,81 * 0,480 * 76,84 / (1000 * 0,69) = 524,4 \text{ кВт.}$$

Потужність приводного двигуна визначається за формулою:

$$N_{об} = \kappa * N_H / \eta_H, \quad (4.19)$$

де κ – коефіцієнт запасу, який враховує можливість перевантаження (при $N_H=524,4$ кВт $\kappa=1,05$ [9]);

η_H – ККД передачі (при безпосередньому з'єднанні вала насоса і електродвигуна $\eta_H=1$ [9]).

$$N_{дв} = 1,05 * 524,4 / 1 = 550,6 \text{ кВт.}$$

Остаточно приймаємо електродвигун типу А2-5005-4 з наступними характеристиками:

- потужність – 630 кВт;
- необхідна напруга – 380/660 В.

4.8.4 Розрахунок режиму роботи насосної станції при пожежогасінні

Подача насосної станції при пожежогасінні розраховується за формулою:

$$Q'_{н.ст.} = Q_{н.ст.} + Q_{н.}, \quad (4.20)$$

де $Q_{н.ст.}$ – розрахункова секундна подача насосної станції в годину максимального водоспоживання;

$Q_{н.}$ – розрахункова витрата на пожежогасіння;

$$Q'_{н.ст.} = 1354 + 250 + 155 = 1759,0 \text{ л/с.}$$

Необхідний напір насосів при пожежі:

$$H'_p = Z_{н.т.} + H_{св.} + h_{м.п.} + h_{в.п.} - Z_p, \quad (4.21)$$

де $Z_{н.т.}$ – максимальна позначка невідгідної точки при пожежі (приймаємо для вузла 28 $Z_{н.т.} = 84,94$ м);

$H_{св.}$ – вільний напір в невідгідній точці при пожежі, $H_{св.} = 10$ м [1];

$h_{в.п.}$ – втрати напору в водоводах при пожежі;

Z_p – абсолютна позначка дна резервуару чистої води, (з урахування максимальної висоти води в РЧВ $Z_p = 55,5$ м);

$h_{м.п.}$ – втрати напору в мережі при пожежі від невідгідної точки до точки підключення водоводів до мережі (приймаємо за п'єзометричними картами від вузла підключення водоводів (3) до невідгідної точки (вузла 28) $h_{м.п.} = 13,37$ м).

$$h_{в.п.} = 1,15 * i * l = 1,15 * 2600 * 4,39 / 1000 = 13,12 \text{ м,}$$

$$\text{тоді } H'_p = 84,94 + 10 + 13,37 + 13,12 - 55,5 = 65,93 \text{ м.}$$

$H_{p2} = 76,84 \text{ м} > H'_p = 65,93 \text{ м}$, тобто для забезпечення режиму роботи насосної станції при пожежогасінні достатньо напору встановлених насосів, які працюють на 2-ій ступені.

4.8.5 Визначення позначок осі насосу і підлоги насосної станції

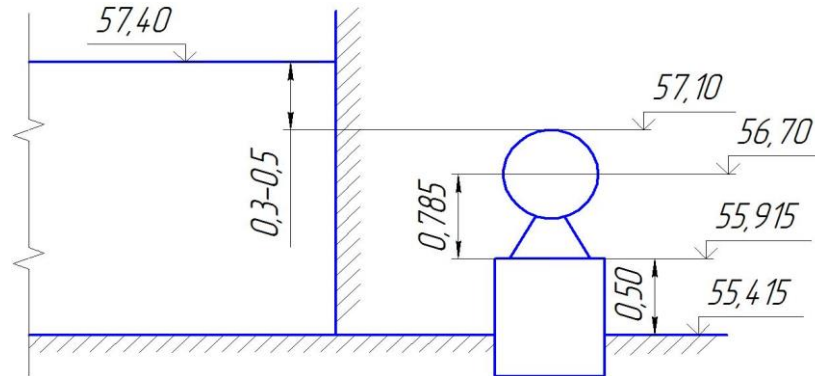


Рисунок 4.2 – Схема розрахунку позначок для заглибленої насосної станції

Позначку корпусу насоса визначаємо за формулою:

$$Z_k = Z_{\text{пож.}} - (0,3-0,5) \text{ м,} \quad (4.22)$$

де $Z_{\text{пож}}$ – позначка пожежного рівня в резервуарі чистої води;

$$Z_k = 57,4 - 0,3 = 57,1 \text{ м.}$$

Позначку осі насосу визначаємо за формулою:

$$Z_{\text{о.н.}} = Z_{\text{пож}} - (0,5-1,0) \text{ м,} \quad (4.23)$$

$$Z_{\text{о.н.}} = 57,4 - 0,7 = 56,7 \text{ м.}$$

Позначку верха фундаменту визначаємо за формулою:

$$Z_{\text{вф}} = Z_{\text{он}} - A, \quad (4.24)$$

де A – відстань від осі насосу до лап (приймаємо із габаритних розмірів насоса, для насоса Д1250-125 $A=0,785 \text{ м}$ [11]):

$$Z_{\text{вф}} = 56,7 - 0,785 = 55,915 \text{ м.}$$

Позначку підлоги насосної станції визначаємо за формулою:

$$Z_{\text{п}} = Z_{\text{вф}} - h_{\text{ф}}, \quad (4.25)$$

де $h_{\text{ф}}$ – висота фундаменту (приймаємо $0,5 \text{ м}$ [9]);

$$Z_{\text{п}} = 55,915 - 0,5 = 55,415 \text{ м.}$$

Мінімальне заглиблення насосної станції складе: $59,0 - 55,415 = 3,585 \text{ м}$.

4.8.6 Визначення висоти машинної зали і підбір вантажопідйомного обладнання

Мінімальну висоту машинної зали в м визначаємо за формулою:

H_{\max}	66,01	66,62	68,13	70,49	73,84	77,72
$Q_{\text{пож}}$	0	0,2199	0,4398	0,6596	0,8795	1,0994
$V_{\text{пож}}, \text{ м/с}$	0	0,44	0,88	1,31	1,75	2,19
1000i	0	0,324	1,148	2,101	4,390	5,837
$h_{\text{пож}}, \text{ м}$	0	0,97	3,43	6,28	13,13	17,45
$H_{\text{г.пож.}}$	42,81	42,81	42,81	42,81	42,81	42,81
$H_{\text{пож.}}$	42,81	43,78	46,24	49,09	55,94	60,26
$H_{\text{г.тран.}}$	77,37	77,37	77,37	77,37	77,37	77,37
$H_{\text{тран.}}$	77,37	77,98	79,49	81,85	85,20	89,08

За даними таблиці 2.12 будемо графічні залежності виду $H = f(q_{\text{нк.}})$.

Визначаємо аварійну витрату за формулою:

$$Q_{\text{ав}} = 0,7Q, \quad (4.28)$$

де Q – розрахункова витрата при максимальному водоспоживанні.

$$Q_{\text{ав}} = 0,7 \cdot 1,354 = 0,948 \text{ л/с.}$$

Визначаємо кількість перемикачів на водоводах при аварії за формулою:

$$n = 3SQ_{\text{ав}}^2 / (h_{\text{ав}} - SQ_{\text{ав}}^2) - 1, \quad (4.29)$$

де $S=1,15\delta s_0 l$ – повний опір водоводу при нормальній роботі;

$h_{\text{ав.}}$ – допустимі втрати напору в водоводах при аварії, які визначаємо за сумісним графіком роботи насосної станції і водоводів (рис.2.5):

$$h_{\text{ав}} = H_{\text{ав}} - H_z, \quad (4.30)$$

де $H_{\text{ав}}$ – напір насосів при аварії, який відповідає витраті $Q_{\text{ав}}$ (приймаємо за рис. 2.5 $h_{\text{ав}} = 20,95 \text{ м}$).

$$n = 3 \cdot 4,27 \cdot 0,948^2 / (20,95 - 4,27 \cdot 0,948^2) - 1 = 0.$$

Як видно з побудованого графіку (рис.2.5) робоча точка (точка перетину характеристик 2-х водоводів і (Q-H) характеристики другого ступеню) лежить на характеристиці водоводів, але знаходиться вище розрахункової точки другого ступеню, в такому випадку, щоб привести отриману робочу точку до розрахункової точки другого ступеня, тобто зменшити фактичну подачу, приймаємо спосіб зменшення частоти обертання робочого колеса насосу. Залежність числа обертів робочого колеса від інших параметрів насосного агрегату виражається формулами:

$$H/H_1 = (n/n_1)^2; \quad (4.31)$$

$$Q/Q_1 = n/n_1; ; \quad (4.32)$$

$$N/N_1 = (n/n_1)^3. \quad (4.33)$$

де n, n_1 – частота обертання робочого колеса насосу, об./хв.

Звідки $n_1 = n \cdot Q_1 / Q = 1450 \cdot 4873/5170 = 1367 \text{ об./хв.}$

Перша ступень забезпечується також за рахунок зниження частоти обертання робочого колеса.

Як видно з рис.2.5, режим роботи насосної станції при пожежогасінні не може бути забезпечений насосами, які працюють на другому ступені за рахунок зниження напору в мережі, тому встановлюємо ще 1 насос типу Д1250-125, який вмикатимуть паралельно із іншими при виникненні пожежі в населеному пункті.

Остаточо на насосній станції встановлюємо 3 робочі, 2 резервні і 1 додатковий (для забезпечення режиму пожежогасіння в годину максимального водоспоживання) насоси типу Д1250-125.

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ

5.1 Аналіз динаміки напорів у вузлах мережі при зміні структури водорозбору

За результатами розрахунку вільних напорів у вузлах мережі після зміни структури водоспоживання спостерігається утворення зон недостатнього напору:

- за варіантом А-вузли №27, 28 (рис.5.1);

ВІЛЬНІ НАПОРИ ПРИ ЗМІНІ СТРУКТУРИ ВОДРОЗБОРУ

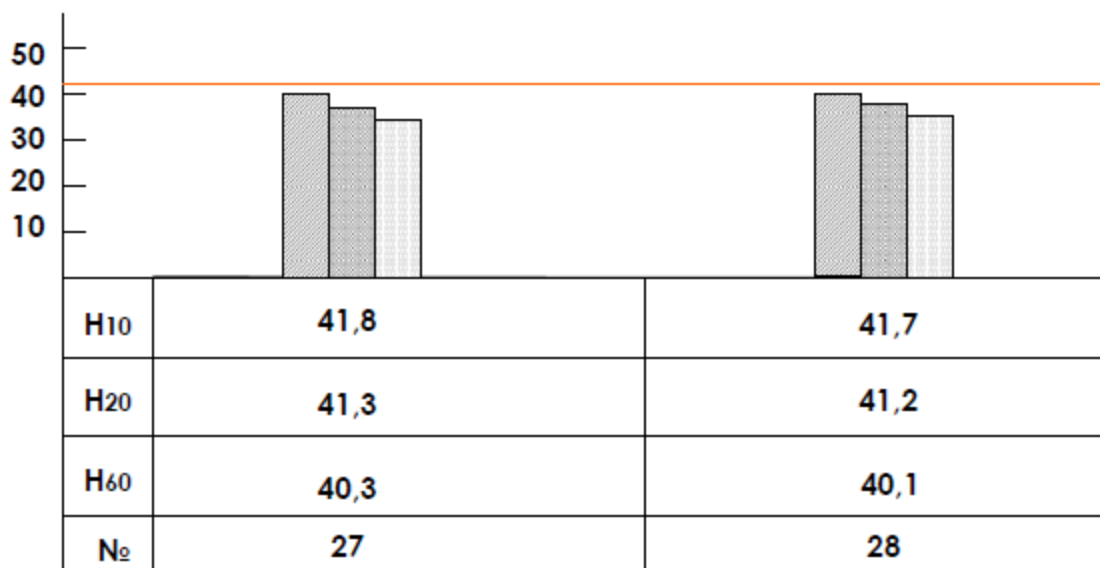


Рисунок 5.1– Діаграми вільних напорів (варіантА)

- за варіантом Б-вузли №25, 26, 27, 28 (рис.5.2)

ВІЛЬНІ НАПОРИ ПРИ ЗМІНІ СТРУКТУРИ ВОДРОЗБОРУ

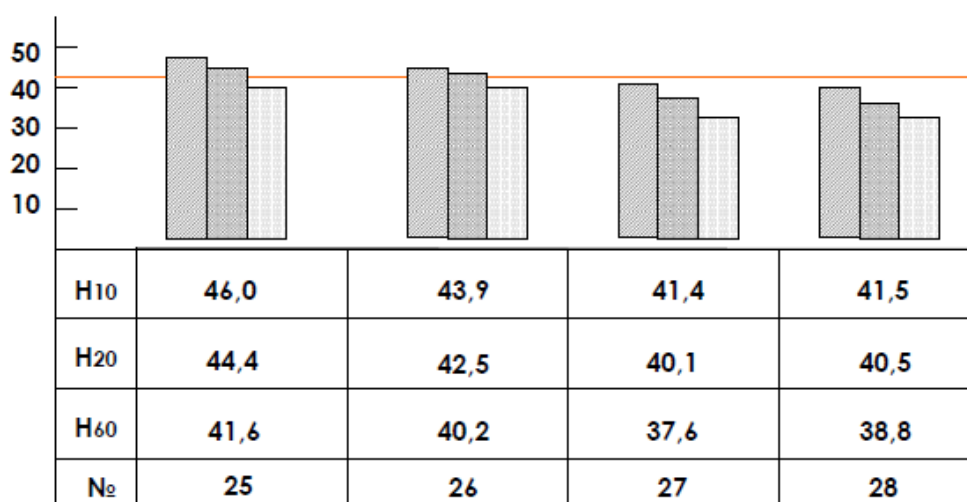


Рисунок 5.2 – Діаграми вільних напорів (варіантБ)

- за варіантом В-у всіх вузлах напір більше за необхідний.

5.2 Розрахунок витрат на електроенергію

Основним технологічним обладнанням, яке споживає електроенергію, є насоси.

Витрати електроенергії визначено за питомими витратами.

Для насосної станції першого підйому встановлені насоси Д1250-125, для яких питома витрата електроенергії визначена за формулою:

$$\rho = (0,00273 * H) / \eta, \quad (5.1)$$

де H – висота підйому води, $H=23,22$ м

η - ККД насосу, $\eta=0,80$.

$$\rho = 0,00273 * 23,22 / 0,80 = 0,0792 \text{ кВт/год.}$$

Для насосної станції I підйому середня питома витрата електроенергії обчислюється за формулою:

$$\rho_{\text{ср.}} = 0,01 * \Sigma (P_i * \rho_i), \quad (5.2)$$

де P_i – погодинна подача насосів, % від загальної витрати на добу. За розрахунками спеціальної частини (ступеневим графіком подачі): для першої ступені $P_I=2$ %, для другої - $P_{II}=5,25$ %

ρ_i - питома витрата електроенергії в дану годину.

$$\rho_i = \Sigma N / \Sigma Q, \quad (5.3)$$

де ΣN – сумарна потужність одночасно працюючих двигунів, кВт;

ΣQ - сумарна подача води насосами, м³/ год.

Для першої ступені при роботі одного насосу з подачею 1638 м³/год:

$$\rho_I = 1 * 630 / 1638 = 0,385 \text{ кВт год/м}^3.$$

Для другої ступені при одночасній роботі 3-х насосів з сумарною подачею 4874 м³/год:

$$\rho_{II} = 3 * 630 / 4184 = 0,45 \text{ кВт год/м}^3.$$

$$\rho_{\text{ср.}} = 0,01 * (2 * 0,385 + 5,25 * 0,45) = 0,031 \text{ кВт год/м}^3.$$

Річні витрати електроенергії:

$$E_p = Q_{\text{доб.}} * n * \rho_{\text{ср.}}, \quad (5.4)$$

де $Q_{\text{доб.}}$ – добове водоспоживання населеним пунктом, м³/добу;

n – число днів роботи насосів за рік.

Річні витрати електроенергії на промивку фільтрів насосами марки Д3200-33 визначаються за формулою:

$$E_p = 1,2 * q_{\text{пром.}} * H_{\text{пром.}} * t_{\text{пр.}} * n_{\text{пром.}} * N_{\text{ф.}} / (102 * \eta), \quad (5.5)$$

де 1,2 – коефіцієнт запасу потужності;

$q_{\text{пром.}}$ – витрата промивної води, $q_{\text{пром.}} = 1166,24 \text{ м}^3/\text{год}$;

$H_{\text{пром.}}$ – напір промивних насосів за розрахунком, $H_{\text{пром.}} = 15 \text{ м}$;

$t_{\text{пр.}}$ – тривалість промивки, $t_{\text{пр.}} = 8 \text{ хв} = 0,13 \text{ год}$;

$n_{\text{пром.}}$ – кількість промивок за рік, $n_{\text{пром.}} = 3 * 365 = 1095$;

η – ККД промивного насосу, $\eta = 0,80$;

N – кількість освітлювачів, $N = 15$.

$$E_p = 1,2 * 1166,24 * 15 * 0,13 * 1095 * 15 / (102 * 0,80) = 549311,9 \text{ кВт-год/рік.}$$

Вартість електроенергії за рік :

$$\mathcal{E}_p = E_p * \mathcal{C}, \quad (5.6)$$

де E_p – річна витрата електроенергії, кВт-год за рік;

\mathcal{C} – ціна 1 кВт-год, грн.

Розрахунок річних витрат на електроенергію на технологічні потреби виконаний в табл. 7.3.

З урахуванням витрати електроенергії іншими пристроями (насосами-дозаторами, вантажопідйомним обладнанням):

$$C_2 = 1,2 * 4544,76 = 5453,71 \text{ тис. грн.}$$

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В процесі дослідження були розглянуті варіанти зі зміною вузлових водорозборів у водопровідній мережі з 16 кілець, 44 ділянок та 29 вузлів для окремих районів міста, які відрізнялись геодезією місцевості та характером водоспоживання.

При збільшенні водорозбору у вузлах, віддалених від вузла живлення мережі, утворюються зони з недостатнім напором, розмір яких змінюється пропорційно навантаженню вузлів.

Максимальний недостатній напір у вузлах №25–28 становить $\Delta z \div 4$ м.

Результати розрахунків вільних напорів можуть бути використані для вибору оптимального варіанта трасування мережі

Моделювання ситуацій, що зумовлюються змінами у структурі водорозбору, дозволяє оптимізувати роботу мережі під час її експлуатації.

Витрати електроенергії не змінюються за розглянутими варіантами та складають 16555,9 тис. грн.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аналітичний огляд стану водних ресурсів у вересні 2022 року. URL: <https://www.davr.gov.ua/news/analitichnij-oglyad-stanu-vodnih-resursiv-u-veresni-2022-roku>
2. Благодарна Г. І., Гуцал І. О. Водопостачання та водовідведення : конспект лекцій. Харків : ХНАМГ, 2009. 110 с. URL: https://eprints.kname.edu.ua/16158/1/2009_%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%81%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D1%82_%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B9_%D0%92%D0%92%2C_%D0%9F%D0%93%D0%A1_3_%D0%BF%D0%B5%D1%87.%D0%B2%D0%B0%D1%80.2009.pdf.
3. Gençoğlu G. Minimizing Excess Pressures by Optimal Valve Location and Opening Determination in *Water Distribution Networks*. *Procedia Engineering*. 2017. Vol. 186. P. 319–326. URL: <https://open.metu.edu.tr/handle/11511/40595>.
4. Гіроль М.М., Проценко С.Б., Ткачук О.А., Семчук Г.М. Стан водопостачання та водовідведення в Україні. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. 2005 р. №19. С. 3–9.
5. ДБНВ.2.5 – 74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2013. 172 с. URL: www.minregion.gov.ua/.../DBN_V.2.5-74_2013.
- 6.
7. ДСТУ 3008 – 2015. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлення. [На заміну ДСТУ 3008-95; чинний від 2017-07-01]. Вид. офіц. Київ, 2015. 31 с. (Інформація та документація).
8. ДСТУ 8302 – 2015. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. [Чинний від 2016-07-01]. Вид. офіц. Київ, 2016. 37 с. (Інформація та документація).
9. ДСТУ БА. 2.4 – 2009. Умовні графічні зображення і позначки елементів санітарно-технічних систем. [На заміну ДСТУ БА 2.4-4-99, чинний від.2009-01-24]. Вид. офіц. Київ, 2009, 55с. (Інформація та документація). URL: <http://ep3.nuwm.edu.ua/2932/1/nd164%20zah.pdf>
10. Добровольська О. Г, Сокольник В. І. Про оперативність ліквідації витоків на водопровідних мережах. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. 2018. № 10. С. 50–57. URL: <http://eforum.lntu.edu.ua/index.php/construction/issue/view/11/10>.
11. Добровольська О. Г. Оцінка ефективності використання пластмасових трубопроводів для реконструкції міських водопровідних мереж. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*. 2022. № 17. С. 31–39. URL: <https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/construction/article/view/830/794>.
12. Дмитрієв А. Ф. Гідротехнічні споруди : підручник. Рівне : Вид-во Рівненського держ. техн. ун-ту, 1999. 328с.
13. Душкін С. С. Ресурсозберігаючі технології водопровідно-каналізаційного господарства : конспект лекцій. Харьков : ХНУГХ, 2016. 92 с. URL: <https://eprints.kname.edu.ua/44460/1/2014%2038%D0%9B%20%D0%A0%D0%B5%D1%81%D0%A1%D0%B1%D0%B5%D1%80%D0%A2%D0%B5%D1%85%D0%B>

- D%D0%92%D0%9A%2038%D0%9B_2014_%D1%87%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%BA.pdf.
14. Епоян С. М., Карагяур А. С., Бабенко С. П. Применение центробежных устройств при подготовке питьевой воды из поверхностных источников. Харків : ХНУСА, 2017. 168 с. URL :<http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi>.
15. Зелінський С. Е. Водопостачання та водна безпека у контексті російської агресії.
URL: <https://www.irf.ua/wp-content/uploads/2022/05/vodopostachannya-ta-vodna-bezpeka-u-konteksti-rosijskoyi-agresiyi.pdf>
- 16.
17. Liu G. Potential impacts of changing supply-water quality on drinking water distribution. A review *Water Research*. 2017. Vol. 116. P. 135–148. URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28329709/>.
18. Мешкова-Клименко Н. А., Косогіна І. В Толстопалова Н. М. Технологія та обладнання одержання питної та технічної води : конспект лекцій. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. 141 с. URL: <http://tnr.kpi.ua/images/Methodichki/OSV.pdf>.
19. Новохатній В. Г. Надійність водопостачання малих населених пунктів : навч. посіб. Полтава : ПНТУ, 2019. 102 с. URL: <http://reposit.nupp.edu.ua/bitstream/PoltNTU/6673/1/16135.pdf>.
20. Орлова А. М. Водопідготовка : інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення. Рівне : НУВГП, 2009. 182 с. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/2714/1/3.%20Vodopodgot%20zah.pdf>.
21. Панкратов О.В., Добровольська О.Г. Про вплив структури водорозбору на гідравлічні характеристики мережі. Матеріали ІІ Всеукр. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України», 18-20 жовтня 2022 року. ІННІ ім Ю.М. Потебні ЗНУ. Запоріжжя: ЗНУ. 2021 р. С. 291-292.
22. Ткачук О. А. Удосконалення систем подачі і розподілення води населених пунктів. Рівне : НУВГП, 2008. 301с.
23. Ткачук О .А. Міське господарство : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2018. 244 с. URL: https://ep3.nuwm.edu.ua/view/creators/Тkachuk=3AO=2E_A=2E=3A=3A.html.
24. Trębicka A. Modeling of water distribution system parameters and their particular importance in environment engineering processes. *Ecological Engineering*. 2016. Vol. 47. P. 47–53. URL: <http://www.ecoet.com/MODELOWANIE-PARAMETROW-SYSTEMU-DYSTRYBUCCI-WODY-I-ICH-SZCZEGOLNE-ZNACZENIE-W-PROCESACH-INZYNIERII-SRODOWISKA,62846,0,2.html>.
25. Українець М. О., Сокольник В. І. Водопровідні мережі : навч.-метод. посіб. Запоріжжя: ЗДІА, 2009, 298 с.
26. Українські водні питання в умовах воєнного стану. URL: <https://www.irf.ua/ukrayinski-vodni-pytannya-v-umovah-voeyennogo-stanu-stattya/>
27. Шевченко Т. О., Ярошенко Ю. В. Насосні та повітродувні станції : навч. посіб. Харків : Нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. Харків : ХНУМГ, 2017. 195 с. URL: <https://core.ac.uk/reader/33755331>.

ВІДГУК

керівника на кваліфікаційну роботу магістра

здобувача ступеня вищої освіти «магістр»

Панкратова Олексія Васильовича

(П.І.Б.).

Кваліфікаційна випускна робота на тему: Дослідження гідравлічних характеристик водопровідної мережі з урахуванням структури водорозбору

Виконана згідно до завдання, відповідає темі, містить 8 листів
(не) згідно (не) відповідає

графічного матеріалу та пояснювальну записку з 84 сторінок, підписана консультантами і має рецензію.

1. Актуальність теми, наявність замовлення роботи підприємством (організацією) Водопровідні мережі населених міст – складна гідравлічна система, технічні показники функціонування якої формуються під впливом різних факторів. Частина факторів носить імовірний характер, що навіть при нормальному її функціонуванні вимагає оперативного управління її роботою. До таких факторів слід віднести зміну структури водорозбору. Тому доцільним буде розробка методики, яка б дозволяла на стадії проектування мережі та під час її експлуатації встановити найбільш проблемні ділянки та обладнати їх устаткуванням для контролю тиску.

2. Глибина обґрунтувань прийнятих рішень (повнота розрахунків, наявність багатоваріантності) Запропоновані в роботі науково-практичні рішення обґрунтовані, розрахунки виконано в повному обсязі, представлено багатоваріантний розгляд поставлених завдань, що доводить актуальність досліджень.

3. Загальний рівень підготовки та ерудиції здобувача ступеня вищої освіти «магістр». Рівень підготовки та ерудиції здобувача ступеня вищої освіти відповідає прийнятим вимогам.

4. Творчий потенціал і ступінь самостійності студента у вирішенні поставлених задач наукова робота виконана автором самостійно на достатньо професійному рівні, є творчою та оригінальною.

5. Науковий рівень (для робіт дослідницького характеру) та глибина експериментальних досліджень Дослідницька робота має як наукове так і практичне значення, результати вдало застосовані в експериментальній (проектній) частині роботи.

6. Застосування сучасних системних та інформаційних технологій, фізичного або математичного моделювання, наявність обґрунтування вибору типу ЕОМ, застосування стандартних та оригінальних програм, наявність аналізу результатів та їх використання у роботі. При написанні кваліфікаційної роботи використані сучасні системні та інформаційні технології, під час гідравлічних розрахунків використані елементи комп'ютерного моделювання.

7. Відповідність оформлення до вимог діючих стандартів Робота оформлена згідно вимог діючих стандартів.

8. Дотримання студентом графіка виконання роботи дотримано

9. Наукова цінність роботи, практична значимість. Результати досліджень можуть бути використані проєктними філіями комунальних підприємств для вибору оптимального режиму експлуатації водопровідних мереж.

10. У кваліфікаційній роботі можна відмітити такі недоліки Є деякі зауваження до оформлення розрахункової частини кваліфікаційної роботи

Кваліфікаційна випускна робота магістра у цілому виконана на високому рівні і при відповідному захисті заслуговує на оцінку:

Кількість балів: 85. За національною шкалою: добре. ЄКТС: В.

Керівник доцент, к.т.н.
(посада, науковий ступінь)


(підпис)

Добровольська О.Г.
(П.І.Б.)

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу здобувача ступеня вищої освіти «магістр»__

Панкратова Олексія Васильовича

на тему: Дослідження гідравлічних характеристик водопровідної мережі з урахуванням структури водорозбору

Робота виконана згідно до завдання відповідає темі,
(не) згідно не (відповідає)

містить 8 листів графічного матеріалу і пояснювальну записку на 84 сторінках.

1. Актуальність теми (повнота постановки проблеми, формування проблеми та її значимість, постановка завдань досліджень) Тема наукової роботи є актуальною, доведена необхідність у дослідженні впливу зміни структури водорозбору на вузлові напори. Показана значимість прогнозування утворення районів з недостатніми та надмірними тисками при експлуатації водопровідних мереж.

2. Ступінь науковості роботи (широта вивчення результатів досліджень за проблемою, методика дослідження, наявність елементів наукової новизни та ступінь їх розробки) Робота виконана на високому науковому рівні, при виконанні кваліфікаційної роботи використані методи математичного та комп'ютерного моделювання, робота має елементи наукової новизни: встановлено, що зміни структури водорозбору змінюють динаміку вузлових напорів та повинні враховуватись при управлінні поточкорозподілом для уточнення розташування контрольних вузлів..

Якість подачі матеріалу роботи (ступінь взаємозв'язку розділів роботи, застосування комп'ютерних технологій, чіткість і технічна грамотність оформлення роботи, науковий стиль викладення матеріалу) Кваліфікаційна робота виконана відповідно до календарного плану, тема розкрита повністю, розділи логічно пов'язані між собою, застосовані комп'ютерні технології, матеріал чітко підпорядковується методиці досліджень та поставленим завданням, оформлення технічно грамотне.

4. Практична значимість результатів роботи (рівень реальності результатів та пропозицій, техніко – економічні показники запропонованих рішень, наявність публікацій за темою роботи) Наукова робота має як суто наукове, так і практичне значення з урахуванням актуальності вирішених завдань. Результати дослідження відповідають потребам часу, мають перспективу впровадження. Результати роботи доповідались на II Всеукраїнській науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України», яка проходила 18-20 жовтня 2022 року в Інженерному навчально-науковому інституті ім Ю.М. Потебні Запорізького національного університету.

5. Недоліки роботи У роботі слід було б звернути увагу на можливі зміни гідравлічних режимів роботи насосного обладнання. Це зауваження не суттєво впливає на якість виконання роботи.

6. Кваліфікаційна випускна робота у цілому виконана на високому рівні і заслуговує оцінки:

кількість балів 85

за національною шкалою добре

за шкалою ЄКТС B

Рецензент _____ доцент, к.т.н., кафедри МБА _____
(посада, місце роботи)



(підпис)

Савін В.О.

(П.І.Б.)