Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет

Інженерний навчально - науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

(повне найменування вищого навчального закладу)

Кафедра міського будівництва і архітектури

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до магістерської роботи

другий (магістерський) рівень

(рівень вищої освіти)

на тему Розрахунок багаторівневої схеми теплових мереж 1-го Шевченківського мікрорайону м. Запоріжжя

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1923-мбг-дн

Сумін Олександр Олександрович

(прізвище та ініціали) (підпис)

напрям підготовки

192 «Будівництво та цивільна інженерія»

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма

Міське будівництво та господарство

(шифр і назва)

Керівник доцент кафедри міського будівництва і архітектури, канд. техн. наук Ільїн С.В.

(прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент доцент кафедри міського будівництва і архітектури, канд. техн. наук Банах А.В.

(прізвище та ініціали) (підпис)

Запоріжжя - 2025 року

2

Запорізький національний університет
Інженерний навчально - науковий інститут ім. Ю.М. Потебні
(повне найменування вищого навчального закладу)

Кафедра Міського будівництва і архітектури
(повна назва кафедри)

Рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень
(повна назва кафедри)

Напрям підготовки 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
(шифр і назва)

Спеціалізація
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма «Міське будівництво та господарство»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри міського будівництва і архітектури
к.т.н., доцент Банах А.В.
"01" 10 2025 року

ЗАВДАННЯ
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Суміну Олександру Олександровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дипломної роботи Розрахунок багаторівневої схеми теплових мереж 1-го Шевченківського мікрорайону м. Запоріжжя

Керівник дипломної роботи доцент., к.т.н. Ільїн С.В.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «30» вересня 2024 року №1486 - с
2. Строк подання студентом дипломної роботи лютий 2025 року
3. Вихідні дані дипломної роботи Теплові навантаження. Перелік основного обладнання. Температурний графік. Кліматологія м. Запоріжжя

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ. Розрахунок теплових мереж, що приєднані до ЦТП
Енергозберігаючі проєктні рішення. Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Схема району. План ЦТП. Теплова схема ЦТП. Вибір товщини ізоляції баку акумулятора.
Головна характеристика спільної роботи системи ЦБН – трубопровід.

6. Консультанти розділів дипломної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Ільїн С.В., доцент., к.т.н.		
Розділ 2	Ільїн С.В., доцент., к.т.н.		

7. Дата видачі завдання 20 травня 2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів дипломної роботи	Пр
1	Знайомство зі схемою технологічною виробництва	1 вересня 2024	
2	Збір необхідної інформації щодо встановленого обладнання ЦТП	1 листопада 2024	
3	Виконання необхідних розрахунків	1 січня 2025	
4	Оформлення пояснювальної записки	1 лютого 2025	

Студент (підпис) Сумін О. О. (прізвище та ініціали)

Керівник дипломної роботи (підпис) Ільїн С.В. (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер (підпис) Гребенюк О.В. (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Сумін О.О. Розрахунок багаторівневої схеми теплових мереж 1-го Шевченківського мікрорайону м. Запоріжжя

Кваліфікаційна робота для здобуття другого ступеня вищої освіти за спеціальністю 192 - Будівництво та цивільна інженерія, науковий керівник Ільїн С.В. Інженерний науково-навчальний інститут ім. Ю.М. Погебні Запорізького національного університету, кафедра міського будівництва і архітектури, 2025.

У роботі досліджено об’єкт центральний тепловий пункт «Аваліані», який знаходиться у місті Запоріжжя по вул. Аваліані, 2б. Основною метою проєкту є визначення принципової схеми та складу обладнання центрального теплового пункту і подальшої модернізації. Також досліджено чисельний розрахунок параметрів та використання спеціальних програм підбору устаткування.

Проаналізовано розрахунок теплових мереж; регулювання теплового навантаження; вибір насосного обладнання; заходи щодо енергозбереження теплового пункту; обчислення нового баку акумулятора; техніко-економічне обґрунтування проєкту, заходи з охорони праці.

Ключові слова: теплові мережі, центральний тепловий пункт, насоси, тепло споживання, п’єзометричний графік, розрахунок гідравлічний, бак акумулятор, теплопередача, енергозбереження.

ABSTRACT

Sumin O. Calculation of the multi-level scheme of heat networks of the 1st Shevchenkiv microdistrict of Zaporozhye.

Qualifying final work for obtaining a higher education master's degree in specialty 192 Construction and civil engineering, scientific supervisor S. Ilyin, Zaporizhzhya National University, Y.M Potebnya Engineering Educational and Scientific Institute, Department of Urban Construction and Architecture, 2025.

The work examines the object of the central heating station "Avaliani", which is located in the city of Zaporizhzhia on the street Avaliani, 2b. The main goal of the project is to determine the basic scheme and composition of the equipment of the central heating point and further modernization. The numerical calculation of parameters and the use of special equipment selection programs were also investigated.

The calculation of heat networks was analyzed; regulation of heat load; selection of pumping equipment; measures for energy saving of the thermal unit; calculation of a new battery tank; technical and economic justification of the project, labor protection measures.

Key words: heat networks, central heating point, pumps, heat consumption, piezometric graph, hydraulic calculation, storage tank, heat transfer, energy saving.

ЗМІСТ

ВСТУП 7
1 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ, ЩО ПРИЄДНАНІ ДО ЦТП 11
1.1 Характеристика об'єкта 12
1.2 Принципова теплова схема 19
1.3 Розрахунок системи водопостачання 20
1.4 Регулювання теплового навантаження 42
1.5 Визначення витрати теплоносія 44
1.6 Теплові мережі. Гідравлічний розрахунок 54
2 ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ 59
2.1 Обґрунтування щодо вибору насосного обладнання 59
2.2 Розрахунок необхідної товщини теплової ізоляції для баків-акумуляторів гарячої води 78
ВИСНОВКИ 90
СПИСОК ПОСИЛАНЬ 91

ВСТУП

Централізована система теплопостачання включає в себе такі ключові компоненти: теплові мережі, джерело тепла та місцеві системи споживання - систему опалення, вентиляції та гаряче водопостачання. У централізованому теплопостачанні застосовуються два вида джерел тепла: перший – це теплоелектроцентралі (ТЕЦ), другий - районні котельні (РК). На теплоелектроцентралі відбувається комбіноване виробництво тепла та електроенергії, що дозволяє значно знизити витрати пального на виробництво електроенергії. Перш за все, тепло робочого тіла (водяної пари) застосовується для генерації електроенергії під час розширення у турбінах пари. А вже після цього залишкове тепло відпрацьованої пари використовується для нагріву води в теплообмінниках, які є частиною обладнання теплофікації ТЕЦ. Гаряча вода може бути використана для теплопостачання. Отже, на теплоелектроцентралі тепло з високим потенціалом застосовується для генерації електроенергії, тоді як тепло з низьким потенціалом використовується для забезпечення теплопостачання. Енергетичний зміст комбінованого виробництва тепла та електроенергії полягає в цьому. При окремому виробництві електроенергії її отримують на конденсаційних електростанціях (КЕС), а тепло отримують на котельнях. В конденсаторах на парових турбінах у конденсаційних електростанціях підтримується дуже великий вакуум, що забезпечує низькі температури (15-20°С), без використання охолоджуючої води. Внаслідок цього на теплопостачання витрачається додаткове паливо. Таким чином, роздільне виробництво є економічно менш вигідним у порівнянні з комбінованим. Переваги теплофікації та централізованого теплопостачання стають більш очевидними в умовах високої концентрації теплових навантажень, притаманних сучасним містам, що активно розвиваються. Необхідно враховувати, що капітальні витрати на ТЕЦ та теплові мережі є вищими, ніж

на КЕС та централізовані системи теплопостачання від РК. ТЕЦ доцільно будувати лише за умов значних теплових навантажень. Для європейської частини, за наявності чинних цін, теплофікація є економічно вигідною при теплових навантаженнях, що перевищують 400 Гкал/год.

Ще одним джерелом теплопостачання є РК. Сучасні РК мають теплову потужність у межах 150-200 Гкал/год. Ця концентрація теплових навантажень дає змогу застосовувати потужні агрегати та сучасне обладнання для котелень, що забезпечує високий коефіцієнт корисної дії використання пального. Для теплопостачання міст зазвичай використовують гарячу воду, тоді як для промислових підприємств - водяний пар. Теплоносій транспортується від джерел тепла через теплопроводи. Гаряча вода постачається споживачам через подаючі теплопроводи, де в теплообмінниках віддає своє тепло, а після охолодження повертається через зворотні теплопроводи до джерел тепла. Виходячи з вищенаведеного, теплоносій безперервно циркулює між джерелом тепла і споживачами. Цю циркуляцію забезпечує насосна станція, що знаходиться на джерелі тепла. Водяна пара поступає до промислових споживачів по паропроводу з власним тиском, конденсується в теплообмінниках та передає своє тепло. Конденсат повертається до джерела тепла під впливом надлишкового тиску або за допомогою насосів для конденсату.

Сучасні тепломережі в міських системах теплопостачання представлені у вигляді складних інженерних конструкцій. Довжина теплових мереж від джерела до найвіддаленіших споживачів може сягати десятків кілометрів, а діаметр магістральних труб може досягати 1400 мм. Теплові мережі складаються з таких елементів: теплопроводи, компенсатори для поглинання температурних подовжень, а також відключаюче, регулююче та запобіжне обладнання, яке розміщується в спеціальних камерах. До них також належать районні теплові пункти (далі РТП), станції насосні та теплові пункти (далі ТП). Тепломережі можуть бути прокладені під землею у непрохідних та полупрохідних каналах, у колекторах або безканально. Щоб

зменшити втрати тепла, коли рухається теплоносій по теплопроводах, використовують теплоізоляцію. Для управління гідравлічними та тепловими режимами системи теплопостачання впроваджують автоматизацію, а обсяг поданого тепла регулюється відповідно до потреб споживачів.

Найбільша частина теплових витрат йде на будівлі, які опалюються. Навантаження на опалення варіюється в залежності від зовнішньої температури. Для того, щоб забезпечити відповідність між подачею тепла та його споживанням, використовують центральне регулювання на джерелах тепла. Однак досягти високої якості теплопостачання лише за допомогою центрального регулювання не вдається, тому на теплових пунктах та у споживачів встановлюють додаткові автоматичні системи регулювання. Витрати води на гаряче водопостачання постійно змінюються, тому для забезпечення стабільного теплопостачання гідравлічний режим теплових мереж автоматично регулюється, а температура гарячої води підтримується на постійному рівні 65°С.

Сучасні централізовані системи теплопостачання являють собою складний комплекс, що складається з джерел тепла, теплових мереж з насосними станціями, тепловими пунктами та абонентськими вводами, які обладнані системами автоматичного керування. Для забезпечення надійної роботи таких систем необхідно їх ієрархічно організувати, розділяючи всю систему на кілька рівнів, кожен з яких виконує певні завдання, що зменшуються за значенням від верхнього до нижнього рівня.

Верхній рівень ієрархії складають джерела тепла, наступний рівень ієрархії - магістральні теплові мережі з районними тепловими пунктами (РТП), а нижній - розподільні мережі з абонентськими вводами для споживачів. Джерела тепла постачають у теплові мережі гарячу воду з визначеною температурою та тиском, забезпечують циркуляцію води в системі та підтримують необхідний гідродинамічний і статичний тиск. Вони обладнані спеціальними установками для підготовки води, де проводяться хімічна очистка та деаерація. Основні потоки теплоносія

транспортуються через магістральні теплові мережі до вузлів теплоспоживання. У районних теплових пунктах розподіляється теплоносій відповідно по районах та у мережах районів підтримується автономний гідравлічний і тепловий режими. Не рекомендується приєднувати окремих споживачів до магістральних теплових мереж, щоб не порушувати ієрархічну структуру системи.

Для забезпечення надійності теплопостачання важливо резервувати ключові елементи верхнього ієрархічного рівня. Джерелам тепла необхідно мати резервне обладнання, а магістральні трубопроводи теплових мереж повинні бути закільцьовані, щоб гарантувати необхідну пропускну здатність у випадку аварійних ситуацій. Розподільні теплові мережі, теплові пункти та абонентські вводи відповідають за розподіл теплоносія між окремими споживачами і формують нижчий ієрархічний рівень, який зазвичай не підлягає резервуванню. Ієрархічна структура систем теплопостачання забезпечує їх ефективне управління під час експлуатації.

1 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ, ЩО ПРИЄДНАНІ ДО ЦТП

У рамках поточного дослідження створюється набір технічних засобів, що впроваджує ключові інженерні рішення для технічного переоснащення об'єкта «Центральний тепловий пункт по вул. Аваліані, 2б, м. Запоріжжя».

В якості базового матеріалу було використано завдання на проектування, яке відображає основний підхід до функціонального наповнення інженерних рішень, що формують загальну структуру всього об'єкта.

Дослідження, що проводиться, включає в себе:

- технічне переоснащення вузла гарячого водопостачання шляхом встановлення бака-акумулятора, що має об'єм 400 м³;

- оснащення баків трубопроводами для наповнення та витрати;

- встановлення переливних і дренажних трубопроводів;

- заміну наявних трубопроводів для наповнення та витрати баків;

- монтаж змішувальних і підживлювальних насосів.

Об'єкт «Центральний тепловий пункт по вул. Аваліані, 2б, м. Запоріжжя» складається з наступних елементів:

а) будівля ЦТП, в якій планується виконання робіт з технічного переоснащення;

б) два бака-акумулятора гарячої води.

За класифікацією об'єктів та їх функціональним призначенням, дані споруди відносяться до промислових об'єктів і складів.

Структура загальна цифрового коду - 1252.2 - резервуари та ємності.

Документи, що регламентують проектування та будівництво, включають:

- ДБН В.2.5 – 39: 2008 «Теплові мережі»;

Правила технічної експлуатації теплових установок і мереж;

- СНиП 2.04.14 – 88 «Теплова ізоляція трубопроводів і обладнання»;

- ДБН В. 12 – 14 - 2009 «Загальні принципи забезпечення надійності

та конструктивної безпеки будівель, будівельних конструкцій, споруд та основ»;

- ДБН А.2.2 – 3 - 2012 «Склад, порядок розроблення, погодження та затвердження проєктної документації для будівництва»;

- ДБН А.3.1 – 5 - 2009 «Організація будівельного виробництва»;

- ДБН В.2.5 - 64: 2012 «Внутрішній водопровід і каналізація будівель»;

- СНиП 3.05.07 - 86 «Системи автоматизації»;

- НПАОП 0.00-1.11-98 «Правила будови і безпечної експлуатації трубопроводів пари та гарячої води»;

- ДБН В. 1.1-7-2002 «Пожежна безпека об'єктів будівництва»;

- НПАОП 40.1 - 1.21 - 98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок»;

- типовий проект ТП 903 – 9 - 26.89 «Сталевий бак-акумулятор для гарячої води об'ємом 400 м^3».

1.1 Характеристика об'єкта

Основною метою ЦТП, розташованого за адресою вул. Аваліані, 2б, є забезпечення споживачів мікрорайону гарячою водою. Центральний тепловий пункт включає в себе пристрої для з'єднання магістральних теплових мереж з розподільчими мережами мікрорайону, а також з обладнанням на подавальному трубопроводі підкачувальних насосних станцій. Джерелом теплопостачання є діюча котельня, що знаходиться за адресою вул. Святого Миколая, 79.

ЦТП обладнано централізованим вузлом приготування гарячої води для задовільнення потреб ГВП мікрорайону. Теплообмінниками для виробництва гарячої води, насосним обладнанням на потреби ГВП, а також на подавальному трубопроводі підкачувальними насосними станціями.

Для вирівнювання нерівномірності водоспоживання на території ЦТП необхідно встановити бак-акумулятор об'ємом 400 м³. Існуюче обладнання

резервуарного господарства теплового пункту не містить пристрою для зберігання герметика, деаераційної установки та бака для робочої рідини.

Центральний тепловий пункт оснащено природною вентиляцією, що забезпечує приплив і витяжку повітря. Приплив відбувається через отвори в зовнішніх вертикальних стінах, тоді як витяжка здійснюється через два дефлектора, розташовані на даху.

Опалення здійснюється через внутрішню систему, що включає опалювальні прилади, такі як регістри з гладких труб, а також за рахунок теплоізоляційних конструкцій обладнання та трубопроводів.

Максимальна годинна витрата води на потреби ГВП складає 26,47 $м^3$/год.

У рамках дійсного проєкту планується:

- встановлення змішувальної насосної станції з погодозалежним регулюванням теплового потоку для теплопостачання після точки зламу температурного графіка;

- установка двох підживлювальних насосів FORAS КМ 2 ЮТ;

- встановлення нового бака-акумулятора на потреби ГВП з трубопроводами витрати, заповнення, переливу та дренажу;

- облаштування фундаменту під проєктований бак-акумулятор об'ємом 400 $м^3$;

- оснащення бака-акумулятора трубопроводами для заповнення та витрати;

- заміна існуючих трубопроводів заповнення та витрати.

1.1.1 Генеральний план

Земельна ділянка площею 0,1720 га є територією ЦТП, огородженою парканом по периметру. На цій ділянці розміщена будівля ЦТП, баки-акумулятори для гарячого водопостачання та інше обладнання.

На деяких ділянках території можна побачити залишки колишнього

твердого покриття, яке зараз зруйноване і заросло травою.

Інша частка території представлена газоном.

Вимощення навколо існуючої будівлі частково відсутнє, спостерігаються порушення цілісності.

1.1.2 Характеристика майданчика будівництва

Ділянка центрального теплового пункту розташована в Шевченківському районі міста Запоріжжя за адресою вул. Аваліані, 2б.

З геоморфологічної точки зору, територія об'єкта є частиною лівобережної надзаплавної тераси річки Дніпро.

Рельєф території дійсного об'єкта був штучно сформований внаслідок інженерної діяльності людини, зокрема забудови території та створення підземних і надземних споруд та комунікацій. Абсолютні відмітки поверхні землі на цій території коливаються в межах 66,0 ... 67,0 м, відповідно до міської системи висот.

У геологічній структурі території об'єкта на глибині до 10,0 м від денної поверхні присутні лесові супесчано-суглинні ґрунти середнього позднечетвертічного віку. На цій території виявлені підземні водоносні горизонти, які залягають у лесових ґрунтах. Рівень підземного водоносного горизонту на території об'єкта може коливатися в межах 5,0 ... 7,0 м від денної поверхні. За ступенем ризику підтоплення, територія об'єкта класифікується як потенційно підтоплена.

Тип ґрунтових умов на території об'єкта визначається можливістю прояву просідання ґрунтів під впливом власної ваги при їх зволоженні і є перехідним від I до II.

Щодо категорії складності інженерно-геологічних умов, то вона середньої складності - II та складна – III.

Згідно ДСТУ-НБВ. 1.1 – 27: 2010 «Будівельна кліматологія» район забудови належить до кліматичного району II, який має такі характеристики:

- температура середня найбільш холодного місяця (у січні), вона складає “-3,5°С”;

- температура середня найбільш жаркого місяця (у липні), вона складає “+2,4°С”;

- глибина промерзання нормативна складає 0,8 м.

1.1.3 Виконання рішень для баків акумуляторів, інженерні мережі та тепломеханічні рішення.

Відповідно до завдання на проєктування, планується встановлення нового акумуляторного бака об'ємом 400 м³.

Бак акумулятор гарячого водопостачання обладнується:

- трубопроводом заповнення та запірною арматурою на ньому;

- патрубком переливу;

- трубопроводом витрати;

- вістовою трубою;

- тепловою ізоляцією бака акумулятора.

- обладнанням контроля рівня води;

- пристроями, що блокують роботу насосів при досягненні граничного верхнього рівня, а також системою сигналізації (ця функція, відповідно до завдання на проєктування, залишається незмінною);

- пристроями вимірювальної техніки для визначення тиску та температури у трубопроводах заповнення і витрати (проєктом передбачено встановлення термоманометра перед патрубками заповнення та витрати).

Теплова ізоляція бака, що наноситься, виконана з пінополіуретану з використанням технології напилення та покрита сталевим оцинкованим шаром. Для ізоляції трубопроводів, які використовуються для заповнення та витрати, застосовується шкаралупна ізоляція з пінополіуретану.

Усі трубопроводи з'єднуються з вертикальними стінками бака. Для запобігання передачі навантаження від температурного розширення

під'єднувальних трубопроводів та можливих осадок бака, передбачаються гнучкі з'єднання трубопроводів зі стінками бака. Запірна арматура на трубопроводах заповнення обладнується електроприводом, який розташований поза зоною можливого затоплення, з можливістю ручного відкриття та закриття.

Проект передбачає заміну трубопроводів для витрати гарячої води та нагнітання в систему гарячого водопостачання кварталу. У цих трубопроводах транспортується робочий теплоносій з температурою 60°С. Патрубок всмоктування насоса з'єднується з трубопроводом витрати, а патрубок нагнітання насоса - з трубопроводом, що подає воду в систему гарячого водопостачання кварталу. Трубопроводи, що ведуть від баків до введення в центральний тепловий пункт, прокладені наземно на висоті, що перевищує аварійний рівень заповнення водою у разі виходу з ладу бака, і закріплені на рухомих опорах. Компенсація температурних подовжень здійснюється природним чином.

Усі змонтовані резервуари повинні заповнюватися водою з температурою, що не перевищує 45°С, при температурі зовнішнього повітря не нижче -10°С. Швидкість заповнення має відповідати пропускній спроможності вістової труби. Під час заповнення резервуара перебування персоналу в зоні резервуарів заборонено.

Перевірка стану баків акумуляторів гарячої води під час експлуатації та оцінка їх придатності для подальшого використання повинні здійснюватися щорічно, коли установки гарячого водопостачання вимкнені, із складанням відповідного акта перевірки.

Інструментальне обстеження конструкцій баку акумулятора гарячої води, яке включає визначення товщини стінок і днища, повинно проводитися не рідше ніж раз на три роки. Якщо корозійне зношення стін і днища бака становить 20% або більше від проектної товщини, подальша експлуатація бака забороняється.

Зовнішній огляд баку акумулятора гарячої води потрібно виконувати

щодня, приділяючи увагу стану теплової ізоляції трубопроводів та відсутності витоків.

Дію електричної сигналізації бака слід перевіряти щомісяця.

1.1.4 Вихідні дані. Тепломеханічні рішення

Максимальна годинна витрата тепла на опалення складає 8.562 МВт.

Максимальна годинна витрата тепла на гаряче водопостачання складає 1.539 МВт.

Температура середня зовнішнього повітря за період опалювальний складає 0,6 °С.

Температура середня зовнішнього повітря найхолоднішої п'ятиденки становлює -21°С.

Період з середньодобовою температурою повітря, що нижча 8 °С складає 166 діб.

Температура води холодної в зимовий період складає 5 °С.

Температура води холодної в літній період складає 15 °С.

Кількість годин роботи гарячого водопостачання за одну добу складає 24 години.

Швидкість вітру середня для південно-східного регіону відповідно [6] становить від 4 до 6 м/с.

Швидкість вітру середня за рік, для міста Запоріжжя, можна знайти, як середнє арифметичне швидкості вітру по місяцях відповідно [6], м/с.

$$v = \frac{2,7 + 2,9 + 2,7 + 2,5 + 2,1 + 1,8 + 1,7 + 1,7 + 1,9 + 2,2 + 2,6 + 2,6}{12}$$

$$= 2,3$$

ЦТП обладнано централізованим вузлом приготування гарячої води для задовільнення потреб ГВП мікрорайону. Теплообмінниками для

виробництва гарячої води, насосним обладнанням на потреби ГВП, а також на подавальному трубопроводі підкачувальними насосними станціями.

Для вирівнювання нерівномірності водоспоживання на території ЦТП необхідно встановити бак акумулятор об'ємом 400 м³. Максимальна годинна витрата теплоносія на потреби ГВП становить 26,47 м^3/год. Температура теплоносія для гарячого водопостачання дорівнює 60°С.

Існуючим дипломним проєктом передбачається наступне:

- обладнання двох змішувальних насосів FORAS MN50-200B (з частотним регулюванням), один з яких є резервним, з погодним регулюванням теплового потоку для системи теплопостачання після точки зламу температурного графіка;

- обладнання двох підживлювальних насоси FORAS КМ 2 ЮТ, один з яких також є резервним.

Всі насоси приєднано до трубопроводів за допомогою вібровставок.

Температура мережевої води регулюється відповідно до температурного графіка, що залежить від температури зовнішнього повітря, за допомогою електронного регулятора «SIEMENS RMH760B-4».

Монтаж обладнання та трубопроводів слід виконувати спеціалізованими організаціями відповідно до інструкцій виробників обладнання.

Для видалення повітря з верхніх точок трубопровідної системи встановлюються крани для випуску повітря, а в нижніх точках - крани для спуску води.

Спуск води з обладнання та трубопроводів, як плановий, так і аварійний, виконується в діючу систему каналізації.

Після встановлення обладнання трубопроводи підлягають гідравлічному випробуванню під тиском, що дорівнює 1,25 від робочого.

Після завершення монтажу та випробувань, неізольовані поверхні труб слід пофарбувати масляною фарбою ГФ-021 у два шари.

Антикорозійне покриття для ізольованих поверхонь труб необхідно

виконати фарбою БТ-177 у два шари.

Ізоляція трубопроводів здійснюється за допомогою напівциліндрів з заливного поліуретану (ППУ), покритих шаром рулонного склопластику марки РСТ.

Центральний тепловий пункт функціонує в автоматичному режимі за участю обслуговуючого персоналу. Планове профілактичне обслуговування тепломеханічної частини здійснюється відповідно до договору з обслуговуючою організацією в порядку, узгодженому сторонами.

Шкідливі викиди, які можуть забруднювати грунт, атмосферу та водні ресурси, відсутні.

1.2 Принципова теплова схема

Відповідно до наданої Концерном «Міські теплові мережі» принципової теплової схеми, центральний тепловий пункт потрібен для забезпечення гарячим водопостачанням споживачів мікрорайону. Ця схема включає пристрої для підключення магістральних теплових мереж до розподільних мереж мікрорайону, а також підкачувальні насосні станції, розташовані на зворотному трубопроводі. Теплова схема представлена в проєкті для інтеграції системи змішувальних і підживлювальних насосів у загальний контекст теплопостачання мікрорайону.

Встановлення трубопроводів внутрішніх тепломеханічної частини.

Ділянки трубопроводів, які встановлюються в середині будівлі горизонтально, слід прокладати з ухилом не менше 0,002 у напрямку руху теплоносія.

У місцях, де трубопроводи проходять через стіни та підлогу, зазори слід ущільнити цементно-піщаним розчином і прокладати через гільзи, діаметр яких має бути на два діаметри більшим, ніж діаметр труби. Сальниковим набиванням необхідно обладнати труби в гільзах і герметично закрити цементно-піщаним розчином.

Трубопроводи повинні пройти гідравлічні випробування на тиск 1,25 від робочого після того, як виконано монтаж обладнання та трубопроводів.

1.3 Розрахунок системи водопостачання

Головна мета гідравлічного розрахунку - розрахунок діаметрів трубопроводів, визначення втрат тиску в них, розрахунок тиску в різних точках теплової мережі та розрахунок напору (наявного тиску) в різних точках мережі та на існуючих абонентських вводах.

Визначення діаметрів у двотрубних водяних мереж розраховується на основі максимального теплового навантаження на опалення, вентиляцію і ГВП. Незалежно від отриманих результатів, мінімальні діаметри труб, які використовуються для магістралей, становлять 40 мм, а для відгалужень – 25 мм.

Під час гідравлічних розрахунків трубопроводів теплових мереж використовують такі значення еквівалентної шорсткості [1, 5]:

- для водяних теплових мереж значення складає ke = 0,5 мм;
- для паропроводів складає ke = 0,2 мм;
- для конденсатопроводів складає ke = 1,0 мм.

При розрахунку водяних мереж створюється скелетна схема розводки теплових мереж на генеральному плані (рис. 1.1), а також таблиця розрахункових витрат води для кожної ділянки розгалуженої мережі і відстаней між відгалуженнями до споживачів.

При визначенні розрахункових витрат води слід враховувати втрати в мережі, які становлять до 0,5 % від загального обсягу води в системі, а також перспективи розвитку району теплофікації. Витрату розрахункову мережевої води на ГВП потрібно визначати з урахуванням попадання коефіцієнта в максимум φ. Для магістральних трубопроводів φ становить 0,7 - 0,75; для відгалужень φ складає 0,8 - 0,9; для внутрішньоквартальних мереж φ становить 1,0.

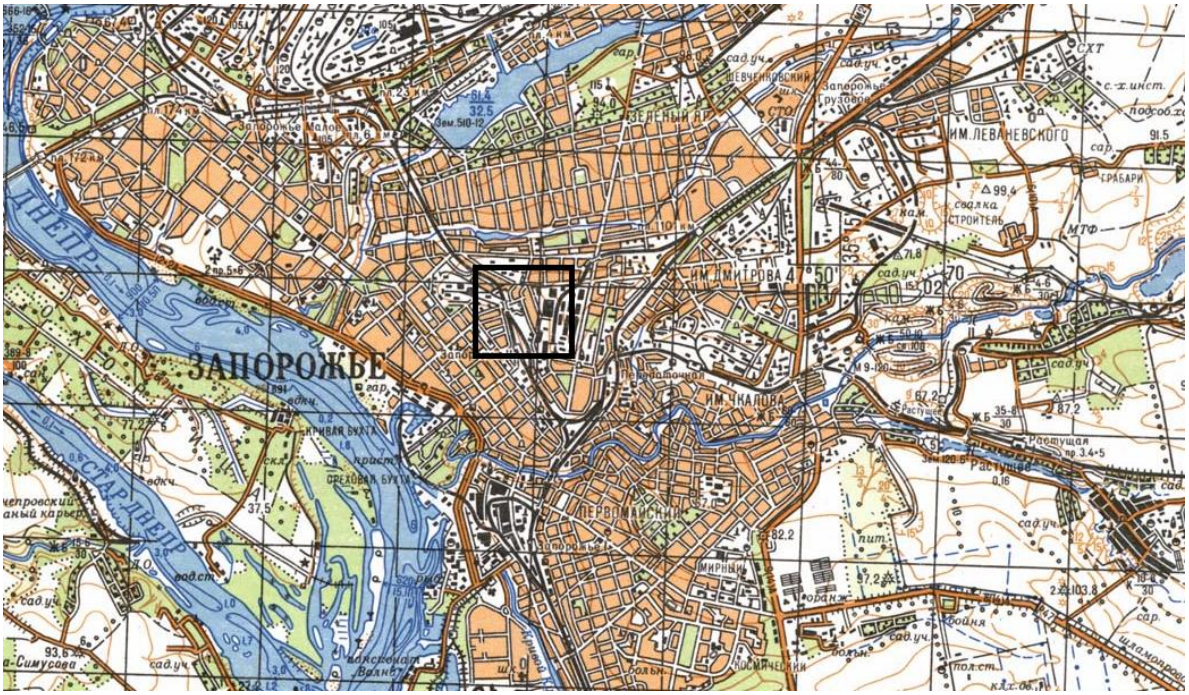


Рис. 1.1 – Топографічна карта району центрального теплового пункту

Гідравлічний розрахунок необхідно виконувати у два етапи - попередній та перевірочний.

1.3.1 Попередній гідравлічний розрахунок

Зважаючи на складність у попередньому визначенні необхідної кількості засувок, переходів діаметрів труб, відводів та компенсаторів, поворотів, які необхідні для нормальної роботи теплової мережі та обслуговування, кількість місцевих опорів визначається за допомогою

емпіричного коефіцієнта, який розраховується за формулою.

$$\alpha = Z \cdot \sqrt{G},$$

де α – це орієнтовний коефіцієнт місцевих опорів;

G - витрата теплоносія на даній ділянці теплової мережі, кг/с;

Z - постійний коефіцієнт.

Для води складає Z = 0,02; для пари відповідно Z = 0,05 - 0,1.

Попереднє значення питомих лінійних втрат тиску можна обчислити за формулою, Па/м.

$$R_{л}^{'} = \frac{\Delta P}{l \cdot (1+\alpha)},$$

де ΔР - наявні втрати тиску у теплових мережах, Па;

l - довжина загальна прямого та зворотного трубопроводу, м.

У попередніх розрахунках рекомендується приймати питомі падіння тиску R'л: для магістральних трубопроводів – не більше 80 Па/м, а для відгалужень – не більше 300 Па/м.

При ke = 0,0005 м орієнтовний внутрішній діаметр трубопроводу розраховується за формулою, м.

$$d_{в}^{'} = 117 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{G^{0,38}}{(R_{л}^{'})^{0,19}},$$

де G - витрата води розрахункова на існуючій ділянці, кг/с.

Діаметр, визначений у попередньому розрахунку, округляється до найближчого більшого стандартного значення.

Потім проводиться перевірочний розрахунок для стандартних розмірів

труб.

1.3.2 Перевірочний гідравлічний розрахунок

На основі скелетної схеми, що представлена на генеральному плані району (рис. 1.1), формується розрахункова схема теплової мережі (рис. 1.2).

Визначається кількість запірної арматури, поворотів та компенсаторів (кількість переходів між різними діаметрами труб встановлюється під час розрахунку) і відображається на розрахунковій схемі.

На теплових мережах секційні засувки необхідно встановлювати не рідше ніж через кожні 1000 метрів з перемичкою між подавальною та зворотною лініями.

Якщо є система водопідготовки, яка дозволяє заповнити секційну ділянку за не більше ніж 5 годин, відстань може бути збільшена до 2-3 км між секційними засувками. Засувки також необхідно встановлювати на всіх значних відгалуженнях і на відводах до великих споживачів тепла.

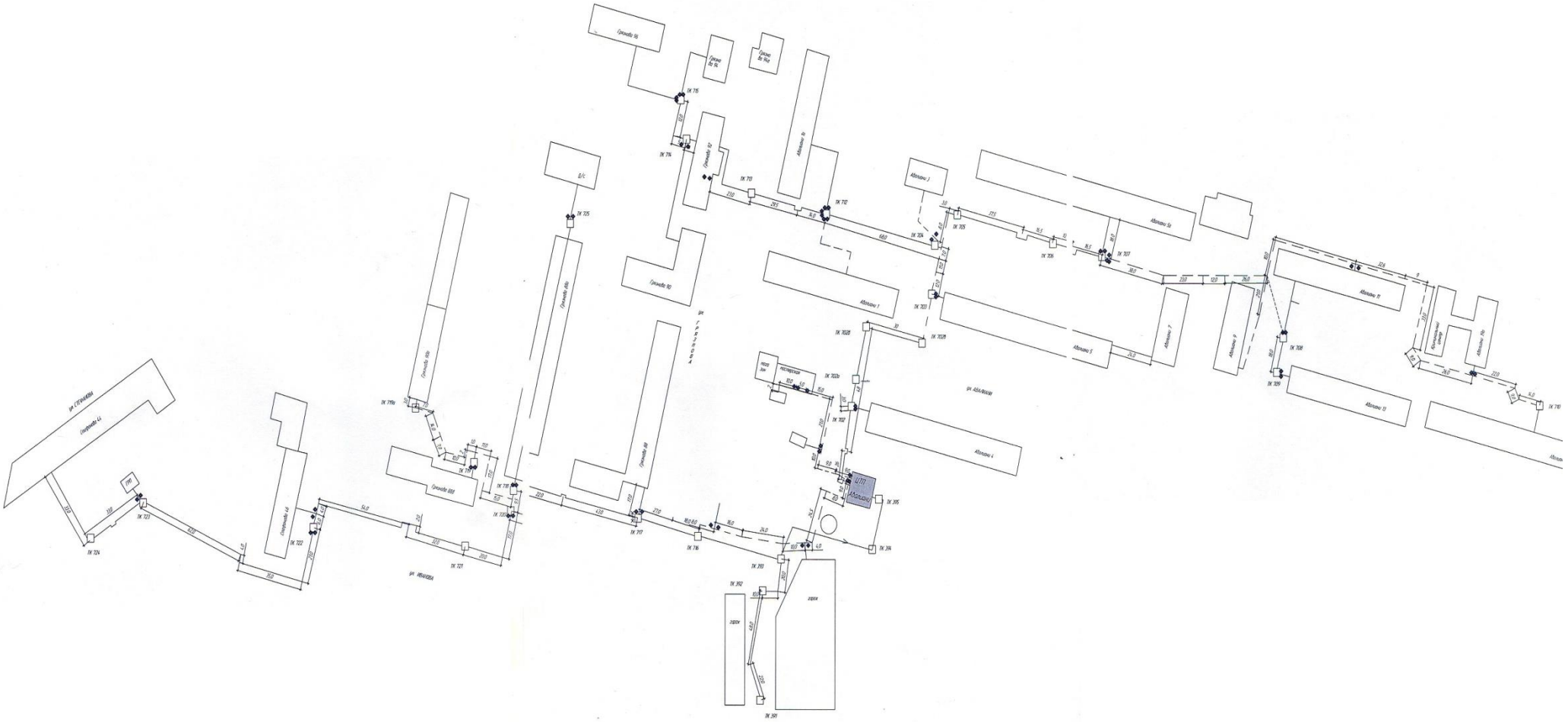


Рисунок 1.2 – Розрахункова схема теплової мережі

Кількість компенсаторів розраховується в залежності від діаметра трубопроводу, типу теплоносія, його характеристик та відстані між нерухомими опорами. При монтажі П-подібних компенсаторів довжина трубопроводу збільшується на певну величину.

$$l_к = 2 \cdot H \cdot n_к,$$

де H - виліт (плече) компенсатора, м;

$n_к$ - це кількість компенсаторів, які встановлено на ділянці.

Виліт (плече) компенсатора залежить від діаметра трубопроводу, а також від температури теплоносія. Під час розрахунку компенсатора обчислюється розрахункове теплове подовження труби ΔX. При попередній розтяжці, що становить 50 % від теплового подовження труби, ΔX обчислюється за формулою.

$$\Delta X = K \cdot \Delta l,$$

де K - коефіцієнт, який залежить від температури теплоносія:

- при $t < 250^oC$ складає K=0,5;
- при $250^oC < t < 300^oC$ складає K=0,6;
- при $300^oC < t < 400^oC$ складає K=0,7;
- при $t > 400^oC$ складає K=1,0.

Δl – це повне теплове подовження трубопроводу, мм,

та визначається за формулою, мм

$$\Delta l = \alpha_1 \cdot L \cdot \Delta t,$$

де Δ1- це коефіцієнт лінійного розширення сталі, мм/м*град;

L- відстань між нерухомими опорами, м;

Δt - різниця температур розрахункова, ^{o}C .

Розрахункова різниця температур Δt обчислюється за формулою,^{0}C

$$\Delta t = t_m - t_o,$$

де $t_т$ - температура теплоносія, яка є максимальною, ^{o}C;

t_o - температура у навколишньому середовищі, ^{o}C .

Якщо прокладати мережі в каналах, температура навколишнього середовища в каналі (t_o) приймається +40 °С. У випадку безканальної прокладки трубопроводів t_o відповідає температурі ґрунту, яка визначається за розрахунковою температурою зовнішнього середовища при проєктуванні систем опалення. При надземному прокладанні трубопроводів t_o дорівнює розрахунковій температурі зовнішнього середовища, що використовується для проєктування систем опалення.

Виходячи з отриманого значення ΔХ, яке залежить від діаметра трубопроводу, типу поворотів (зварні або гладкі гнуті) та довжини спинки компенсатора В (м), знаходиться вильот компенсатора Н (м).

Коли обирається коефіцієнт опору поворотів і компенсаторів, слід використовувати для трубопроводів діаметром $d_в \leq 200$ мм гнуті коліна з радіусом вигину, приблизно рівним чотирьом діаметрам, а для $d_в > 200$ мм – зварні коліна з чотирма зварними швами.

Еквівалентна довжина всіх місцевих опорів розраховується за допомогою наступної формули.

$$l_e = A_l \cdot \sum_{1}^{n} n_n \cdot \xi_n \cdot d_в^{1,25},$$

де $\sum_{1}^{n} n_n \cdot \xi_n$ - сума добутків коефіцієнтів опорів місцевих на

кількість засувок, переходів і поворотів та компенсаторів на цій ділянці;

A_l = 60,7 -для водяних теплових мереж при коефіцієнті k_e = 0,0005 м та A_l = 76,4 -для парових теплових мереж при коефіцієнті k_e = 0,0002 м;

$d_в$ - внутрішній діаметр трубопроводу, м.

Уточнені питомі лінійні втрати розраховуються за допомогою формули.

$$R_л = A_R \cdot \frac{G^2}{d_в^{5,25}},$$

де A_R =13,62 · 10^{-6} - для води при коефіцієнті k_e = 0,0005 м;

$d_в$ – діаметр трубопроводу внутрішній, м.

G - витрати води на розрахунковій ділянці, кг/сек;

Загальне зниження тиску на розрахунковій ділянці тепломережі обчислюється відповідно до формули, Па.

$$\Delta P = R_л \cdot 2 \cdot l_{прив},$$

де $l_{прив}$ - довжина траси приведена

$$l_{прив} = l + l_к + l_e,$$

l - довжина траси відповідно до генплану, м;

$l_к$ - загальна довжина вильотів компенсаторів, м;

l_e - еквівалентна довжина всіх місцевих опорів, м.

1.3.3 Споживання тепла для опалення та вентиляції житлових, громадських і адміністративних споруд.

Згідно з рекомендаціями [1, 5] та відповідного об'єму будівель, обираємо: для будинків $q_0 = 1{,}24$ кВт/м^3·К. Значення q_0 для даних та інших абонентів наведені у табл.1.1.

Для визначення коефіцієнту інфільтрації, обираючи $B = 0{,}035$с/м, $h = 8$м і $w = 2$м/с

$$\mu_1 = B \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot h\left(1 - \frac{Тн}{Тв}\right) + w^2} = 0{,}035 \cdot \sqrt{2 \cdot 9{,}8 \cdot 8 \cdot \left(1 - \frac{273-21}{273+18}\right) + 2^2} = 0{,}18.$$

Кількість тепла на опалення, а також на вентиляцію житлових приміщень розраховується за допомогою наступних формул

$$Q_0^{\max} = 0{,}9 \cdot q_{ов}^{\max} \cdot m,$$
$$Q_в^{\max} = 0{,}1 \cdot q_{ов}^{\max} \cdot m,$$

де m - кількість мешканців, які проживають, чол;

$q_{ов}$ – кількість тепла, що витрачається на опалення та вентиляцію на одну людину, кДж/с, при температурі розрахунковій зовнішнього повітря, що приймається відповідно [1].

Для будинку по вул. Фортечна, 88

$$Q_0^{\max} = 1{,}24 \cdot 176 = 218{,}24 \text{ Дж/с}.$$

1.3.4 Кількість тепла, що витрачається на ГВП житлових будинків

Середньотижнева витрата тепла для ГВП житлових і громадських будинків розраховується за формулою.

$$Q_{гв}^{ср} = \frac{m \cdot a \cdot c \cdot (t_г - t_х)}{n_с \cdot 3600},$$

де m - це кількість споживачів;

$n_с$ - розрахунковий час подачі гарячої води (ГВ) на добу, год.

Розрахункова (максимальна) витрата тепла на побутове ГВП для індивідуальних споживачів, коли на абонентському вводі відсутні баки акумулятори гарячої води (ГВ), визначається за формулою, кДж/с.

$$Q_{гв}^{р} = Q_{гв}^{ср} \cdot \chi_н \cdot \chi_с,$$

де $\chi_í, \chi_ñ$ - коефіцієнти добові та тижневі нерівномірності споживання ГВ. Обираємо відповідно 1 та 1,7.

Середньотижнева витрата тепла на ГВП будинку по вул. Фортечна, 88, Дж/с

$$Q_{гв}^{ср} = \frac{65 \cdot 176 \cdot 4{,}19 \cdot (65 - 5)}{3600} \cdot 1 \cdot 1{,}7 = 1358{,}12.$$

Сумарне споживання тепла для будинку по вул. Фортечна, 88, Дж/с

$$Q_{сум} = Q_0^{\max} + Q_{гв}^{\max} + Q_в^{\max} = 218{,}24 + 1358{,}12 = 1576{,}36.$$

Для будинку по вул. Фортечна, 88а

$$Q_0^{\max} = 1{,}24 \cdot 174 = 215{,}760 \text{ Дж/с}.$$

Витрата тепла на ГВП житлових будинків.

Середньотижнева витрата тепла на ГВП будинку по вул. Фортечна 88а, Дж/с

$$Q_{гв}^{ср} = \frac{65 \cdot 174 \cdot 4{,}19 \cdot (65-5)}{3600} \cdot 1 \cdot 1{,}7 = 1342{,}686.$$

Сумарне теплоспоживання для будинку по вул. Фортечна, 88а, Дж/с

$$Q_{сум} = Q_0^{\max} + Q_{гв}^{\max} + Q_{в}^{\max} = 215{,}760 + 1342{,}686 = 1558{,}446.$$

Для будинку по вул. Фортечна, 88б

$$Q_0^{\max} = 1{,}24 \cdot 175 = 217 \text{ Дж/с}.$$

Середньотижнева витрата тепла на ГВП будинку по вул. Фортечна, 88б, Дж/с

$$Q_{гв}^{ср} = \frac{65 \cdot 175 \cdot 4{,}19 \cdot (65-5)}{3600} \cdot 1 \cdot 1{,}7 = 1350{,}402.$$

Сумарне теплоспоживання для будинку по вул. Фортечна, 88б, Дж/с

$$Q_{сум} = Q_0^{\max} + Q_{гв}^{\max} + Q_{в}^{\max} = 217 + 1350{,}402 = 1567{,}402.$$

Для будинку по вул. Фортечна, 90

$$Q_0^{\max} = 1{,}24 \cdot 177 = 219{,}480 \text{ Дж/с}.$$

Середньотижнева витрата тепла на ГВП будинку по вул. Фортечна, 90, Дж/с

$$Q_{гв}^{ср} = \frac{65 \cdot 177 \cdot 4{,}19 \cdot (65-5)}{3600} \cdot 1 \cdot 1{,}7 = 1365{,}835.$$

Сумарне споживання тепла для будинку по вул. Фортечна, 90, Дж/с

$$Q_{сум} = Q_0^{\max} + Q_{гв}^{\max} + Q_{в}^{\max} = 219{,}480 + 1365{,}835 = 1585{,}315.$$

Для будинку по вул. Стефанова, 46

$$Q_0^{\max} = 1{,}24 \cdot 176 = 218{,}240 \text{ Дж/с}.$$

Середньотижнева витрата тепла на ГВП будинку по вул. Стефанова, 46, Дж/с

$$Q_{гв}^{ср} = \frac{65 \cdot 176 \cdot 4{,}19 \cdot (65-5)}{3600} \cdot 1 \cdot 1{,}7 = 1358{,}119.$$

Сумарне теплоспоживання для будинку по вул. Стефанова, 46, Дж/с

$$Q_{сум} = Q_0^{\max} + Q_{гв}^{\max} + Q_{в}^{\max} = 218{,}240 + 1358{,}119 = 1576{,}359.$$

Для будинку по вул. Стефанова, 44

$$Q_0^{\max} = 1{,}24 \cdot 170 = 210{,}800 \text{ Дж/с}.$$

Середньотижнева витрата тепла на ГВП будинку по вул. Стефанова, 44, Дж/с

$$Q_{гв}^{ср} = \frac{65 \cdot 170 \cdot 4{,}19 \cdot (65-5)}{3600} \cdot 1 \cdot 1{,}7 = 1311{,}819.$$

Сумарне теплоспоживання для будинку по вул. Стефанова, 44, Дж/с

$$Q_{сум} = Q_0^{\max} + Q_{гв}^{\max} + Q_{в}^{\max} = 210{,}800 + 1311{,}819 = 1522{,}619.$$

Для будинку по вул. Аваліані, 4

$$Q_0^{\max} = 1{,}24 \cdot 176 = 218{,}240 \text{ Дж/с}.$$

Середньотижнева витрата тепла на ГВП будинку по вул. Аваліані, 4, Дж/с

$$Q_{гв}^{ср} = \frac{65 \cdot 176 \cdot 4{,}19 \cdot (65-5)}{3600} \cdot 1 \cdot 1{,}7 = 1358{,}119.$$

Сумарне теплоспоживання для будинку по вул. Аваліані, 4, Дж/с

$$Q_{сум} = Q_0^{\max} + Q_{гв}^{\max} + Q_{в}^{\max} = 218{,}240 + 1358{,}119 = 1576{,}359.$$

Для майстерні

$$Q_0^{\max} = 1{,}24 \cdot 2 = 2{,}480 \text{ Дж/с}.$$

Середньотижнева витрата тепла на ГВП майстерні, Дж/с

$$Q_{гв}^{ср} = 0{,}075 \cdot 4{,}19 \cdot 2 \cdot (65-5) = 37{,}710.$$

Сумарне теплоспоживання для майстерні складає, Дж/с

$$Q_{сум} = Q_0^{\max} + Q_{гв}^{\max} + Q_в^{\max} = 2{,}480 + 37{,}710 = 40{,}190.$$

Для магазина складає

$$Q_0^{\max} = 1{,}24 \cdot 10 = 12{,}400 \text{ Дж/с}.$$

Середньотижнева витрата тепла на ГВП магазина, Дж/с

$$Q_{гв}^{ср} = 0{,}075 * 4{,}19 * 4 * (65 - 5) = 75{,}420.$$

Сумарне теплоспоживання для магазина складає, Дж/с

$$Q_{сум} = Q_0^{\max} + Q_{гв}^{\max} + Q_в^{\max} = 12{,}400 + 75{,}420 = 87{,}820.$$

Для будинку по вул. Аваліані, 3

$$Q_0^{\max} = 1{,}24 \cdot 176 = 218{,}240 \text{ Дж/с}.$$

Середньотижнева витрата тепла на ГВП будинку по вул. Аваліані, 3, Дж/с

$$Q_{гв}^{ср} = \frac{65 \cdot 176 \cdot 4{,}19 \cdot (65 - 5)}{3600} \cdot 1 \cdot 1{,}7 = 1358{,}119.$$

Сумарне теплоспоживання для будинку по вул. Аваліані, 3, Дж/с

$$Q_{сум} = Q_0^{\max} + Q_{гв}^{\max} + Q_в^{\max} = 218{,}240 + 1358{,}119 = 1576{,}359.$$

Для будинку по вул. Аваліані, 1

$$Q_0^{\max} = 1{,}24 \cdot 176 = 218{,}240 \text{ Дж/с}.$$

Середньотижнева витрата тепла на ГВП будинку по вул. Аваліані, 1, Дж/с

$$Q_{гв}^{ср} = \frac{65 \cdot 176 \cdot 4{,}19 \cdot (65-5)}{3600} \cdot 1 \cdot 1{,}7 = 1358{,}119.$$

Сумарне теплоспоживання для будинку по вул. Аваліані, 1, Дж/с

$$Q_{сум} = Q_0^{\max} + Q_{гв}^{\max} + Q_в^{\max} = 218{,}240 + 1358{,}119 = 1576{,}359.$$

Для будинку по вул. Аваліані, 1а

$$Q_0^{\max} = 1{,}24 \cdot 176 = 218{,}240 \text{ Дж/с}.$$

Середньотижнева витрата тепла на ГВП будинку по вул. Аваліані, 1а, Дж/с

$$Q_{гв}^{ср} = \frac{65 \cdot 176 \cdot 4{,}19 \cdot (65-5)}{3600} \cdot 1 \cdot 1{,}7 = 1358{,}119.$$

Сумарне теплоспоживання для будинку по вул. Аваліані, 1а, Дж/с

$$Q_{сум} = Q_0^{\max} + Q_{гв}^{\max} + Q_в^{\max} = 218{,}240 + 1358{,}119 = 1576{,}359.$$

Для будинку по вул. Фортечна, 92

$$Q_0^{\max} = 1{,}24 \cdot 176 = 218{,}240 \text{ Дж/с}.$$

Середньотижнева витрата тепла на ГВП будинку по вул. Фортечна, 92, Дж/с

$$Q_{гв}^{ср} = \frac{65 \cdot 176 \cdot 4{,}19 \cdot (65-5)}{3600} \cdot 1 \cdot 1{,}7 = 1358{,}119.$$

Сумарне теплоспоживання для будинку по вул. Фортечна, 92, Дж/с

$$Q_{сум} = Q_0^{\max} + Q_{гв}^{\max} + Q_в^{\max} = 218{,}240 + 1358{,}119 = 1576{,}359.$$

Для будинку по вул. Фортечна, 90

$$Q_0^{\max} = 1{,}24 \cdot 176 = 218{,}240 \text{ Дж/с}.$$

Середньотижнева витрата тепла на ГВП будинку по вул. Фортечна, 90, Дж/с

$$Q_{гв}^{ср} = \frac{65 \cdot 176 \cdot 4{,}19 \cdot (65-5)}{3600} \cdot 1 \cdot 1{,}7 = 1358{,}119.$$

Сумарне теплоспоживання для будинку по вул. Фортечна, 90, Дж/с

$$Q_{сум} = Q_0^{\max} + Q_{гв}^{\max} + Q_в^{\max} = 218{,}240 + 1358{,}119 = 1576{,}359.$$

Для будинку по вул. Фортечна, 94

$$Q_0^{\max} = 1{,}24 \cdot 176 = 218{,}240 \text{ Дж/с}.$$

Середньотижнева витрата тепла на ГВП будинку по вул. Фортечна, 94, Дж/с

$$Q_{гв}^{ср} = \frac{65 \cdot 176 \cdot 4{,}19 \cdot (65-5)}{3600} \cdot 1 \cdot 1{,}7 = 1358{,}119.$$

Сумарне теплоспоживання для будинку по вул. Фортечна, 94, Дж/с

$$Q_{сум} = Q_0^{\max} + Q_{гв}^{\max} + Q_в^{\max} = 218{,}240 + 1358{,}119 = 1576{,}359$$

Для будинку по вул. Фортечна, 96

$$Q_0^{\max} = 1{,}24 \cdot 176 = 218{,}240 \text{ Дж/с}.$$

Середньотижнева витрата тепла на ГВП будинку по вул. Фортечна, 96, Дж/с

$$Q_{гв}^{ср} = \frac{65 \cdot 176 \cdot 4{,}19 \cdot (65-5)}{3600} \cdot 1 \cdot 1{,}7 = 1358{,}119.$$

Сумарне теплоспоживання для будинку по вул. Фортечна, 96, Дж/с.

$$Q_{сум} = Q_0^{\max} + Q_{гв}^{\max} + Q_в^{\max} = 218{,}240 + 1358{,}119 = 1576{,}359.$$

Для будинку по вул. Аваліані, 5

$$Q_0^{\max} = 1{,}24 \cdot 176 = 218{,}240 \text{ Дж/с}.$$

Середньотижнева витрата тепла на ГВП будинку по вул. Аваліані, 5, Дж/с

$$Q_{гв}^{ср} = \frac{65 \cdot 176 \cdot 4{,}19 \cdot (65-5)}{3600} \cdot 1 \cdot 1{,}7 = 1358{,}119.$$

Сумарне теплоспоживання для будинку по вул. Аваліані, 5, Дж/с

$$Q_{сум} = Q_0^{\max} + Q_{гв}^{\max} + Q_в^{\max} = 218{,}240 + 1358{,}119 = 1576{,}359.$$

Для будинку по вул. Аваліані, 7

$$Q_0^{\max} = 1{,}24 \cdot 176 = 218{,}240 \text{ Дж/с}.$$

Середньотижнева витрата тепла на ГВП будинку по вул. Аваліані, 7, Дж/с

$$Q_{гв}^{ср} = \frac{65 \cdot 176 \cdot 4{,}19 \cdot (65-5)}{3600} \cdot 1 \cdot 1{,}7 = 1358{,}119.$$

Сумарне теплоспоживання для будинку по вул. Аваліані, 7, Дж/с

$$Q_{сум} = Q_0^{\max} + Q_{гв}^{\max} + Q_в^{\max} = 218{,}240 + 1358{,}119 = 1576{,}359.$$

Для будинку по вул. Аваліані, 5а

$$Q_0^{\max} = 1{,}24 \cdot 176 = 218{,}240 \text{ Дж/с}.$$

Середньотижнева витрата тепла на ГВП будинку по вул. Аваліані, 5а,

Дж/с

$$Q_{гв}^{ср} = \frac{65 \cdot 176 \cdot 4{,}19 \cdot (65-5)}{3600} \cdot 1 \cdot 1{,}7 = 1358{,}119.$$

Сумарне теплоспоживання для будинку по вул. Аваліані, 5а, Дж/с

$$Q_{сум} = Q_0^{\max} + Q_{гв}^{\max} + Q_{в}^{\max} = 218{,}240 + 1358{,}119 = 1576{,}359.$$

Для будинку по вул. Аваліані, 9

$$Q_0^{\max} = 1{,}24 \cdot 176 = 218{,}240 \text{ Дж/с}.$$

Середньотижнева витрата тепла на ГВП будинку по вул. Аваліані, 9, Дж/с

$$Q_{гв}^{ср} = \frac{65 \cdot 176 \cdot 4{,}19 \cdot (65-5)}{3600} \cdot 1 \cdot 1{,}7 = 1358{,}119.$$

Сумарне теплоспоживання для будинку по вул. Аваліані, 9, Дж/с

$$Q_{сум} = Q_0^{\max} + Q_{гв}^{\max} + Q_{в}^{\max} = 218{,}240 + 1358{,}119 = 1576{,}359.$$

Для будинку по вул. Аваліані, 11

$$Q_0^{\max} = 1{,}24 \cdot 176 = 218{,}240 \text{ Дж/с}.$$

Середньотижнева витрата тепла на ГВП будинку по вул. Аваліані, 11, Дж/с

$$Q_{гв}^{ср} = \frac{65 \cdot 176 \cdot 4{,}19 \cdot (65-5)}{3600} \cdot 1 \cdot 1{,}7 = 1358{,}119.$$

Сумарне теплоспоживання для будинку по вул. Аваліані, 11, Дж/с

$$Q_{сум} = Q_0^{\max} + Q_{гв}^{\max} + Q_в^{\max} = 218{,}240 + 1358{,}119 = 1576{,}359.$$

Для будинку по вул. Аваліані, 13

$$Q_0^{\max} = 1{,}24 \cdot 176 = 218{,}240 \text{ Дж/с}.$$

Середньотижнева витрата тепла на ГВП будинку по вул. Аваліані, 13, Дж/с

$$Q_{гв}^{ср} = \frac{65 \cdot 176 \cdot 4{,}19 \cdot (65-5)}{3600} \cdot 1 \cdot 1{,}7 = 1358{,}119.$$

Сумарне теплоспоживання для будинку по вул. Аваліані, 13, Дж/с

$$Q_{сум} = Q_0^{\max} + Q_{гв}^{\max} + Q_в^{\max} = 218{,}240 + 1358{,}119 = 1576{,}359.$$

Для будинку по вул. Аваліані, 19а

$$Q_0^{\max} = 1{,}24 \cdot 176 = 218{,}240 \text{ Дж/с}.$$

Середньотижнева витрата тепла на ГВП будинку по вул. Аваліані, 19а, Дж/с

$$Q_{гв}^{ср} = \frac{65 \cdot 176 \cdot 4{,}19 \cdot (65-5)}{3600} \cdot 1 \cdot 1{,}7 = 1358{,}119.$$

Сумарне теплоспоживання для будинкупо вул. Аваліані, 19а, Дж/с

$$Q_{сум} = Q_0^{\max} + Q_{гв}^{\max} + Q_в^{\max} = 218{,}240 + 1358{,}119 = 1576{,}359.$$

Для будинку по вул. Аваліані, 15

$$Q_0^{\max} = 1{,}24 \cdot 176 = 218{,}240 \text{ Дж/с}.$$

Середньотижнева витрата тепла на ГВП будинку по вул. Аваліані, 15, Дж/с

$$Q_{гв}^{ср} = \frac{65 \cdot 176 \cdot 4{,}19 \cdot (65-5)}{3600} \cdot 1 \cdot 1{,}7 = 1358{,}119.$$

Сумарне теплоспоживання для будинку по вул. Аваліані, 15, Дж/с

$$Q_{сум} = Q_0^{\max} + Q_{гв}^{\max} + Q_в^{\max} = 218{,}240 + 1358{,}119 = 1576{,}359.$$

Всі данні заносимо у табл.1.1.

Таблиця 1.1 – Розрахунок теплоспоживання району

№	Название абонента	m	qo	Q^{max}_{o}	Q^{p}_{o}	∑Q	$Q^{в}_{гвс}$	Go кг/с	G гвс	∑G
1	Фортечна, 88	176	1,24	218,240	218,240	1576,359	1358,119	0,651	0,011	0,662
2	Фортечна, 88 а	174	1,24	215,760	215,760	1558,446	1342,686	0,644	0,011	0,654
3	Фортечна, 88б	175	1,24	217,000	217,000	1567,402	1350,402	0,647	0,011	0,658
4	Фортечна, 90	177	1,24	219,480	219,480	1585,315	1365,835	0,655	0,011	0,666
5	Стефанова, 46	176	1,24	218,240	218,240	1576,359	1358,119	0,651	0,011	0,662
6	Стефанова, 44	170	1,24	210,800	210,800	1522,619	1311,819	0,629	0,010	0,639
7	Аваліані, 4	176	1,24	218,240	218,240	1576,359	1358,119	0,651	0,011	0,662
8	Мастерская	2	1,24	2,480	2,480	40,190	37,710	0,007	0,000	0,008
9	Магазин	10	1,24	12,400	12,400	87,820	75,420	0,037	0,001	0,038
10	Аваліані, 3	176	1,24	218,240	218,240	1576,359	1358,119	0,651	0,011	0,662
11	Аваліані, 1	176	1,24	218,240	218,240	1576,359	1358,119	0,651	0,011	0,662
12	Аваліані, 1а	176	1,24	218,240	218,240	1576,359	1358,119	0,651	0,011	0,662
13	Фортечна, 92	176	1,24	218,240	218,240	1576,359	1358,119	0,651	0,011	0,662
14	Фортечна, 90	176	1,24	218,240	218,240	1576,359	1358,119	0,651	0,011	0,662
15	Фортечна, 94	176	1,24	218,240	218,240	1576,359	1358,119	0,651	0,011	0,662
16	Фортечна, 96	176	1,24	218,240	218,240	1576,359	1358,119	0,651	0,011	0,662
17	Аваліані, 5	176	1,24	218,240	218,240	1576,359	1358,119	0,651	0,011	0,662
18	Аваліані, 7	176	1,24	218,240	218,240	1576,359	1358,119	0,651	0,011	0,662
19	Аваліані, 5а	176	1,24	218,240	218,240	1576,359	1358,119	0,651	0,011	0,662
20	Аваліані, 9	176	1,24	218,240	218,240	1576,359	1358,119	0,651	0,011	0,662
21	Аваліані, 11	176	1,24	218,240	218,240	1576,359	1358,119	0,651	0,011	0,662
22	Аваліані, 13	176	1,24	218,240	218,240	1576,359	1358,119	0,651	0,011	0,662
23	Аваліані, 19а	176	1,24	218,240	218,240	1576,359	1358,119	0,651	0,011	0,662
24	Аваліані, 15	176	1,24	218,240	218,240	1576,359	1358,119	0,651	0,011	0,662
	ВСЬОГО			4806,24	4806,24	34736,25	29930,01	14,34	0,24	14,577

1.4 Регулювання теплового навантаження

У системах теплопостачання зазвичай використовується в залежності від опалювального навантаження метод якісного регулювання.

Розрахунок цього регулювання полягає у визначенні температури води у тепломережі та у місцевій системі опалення, що залежить від температури навколишнього повітря, при постійній витраті теплоносія в тепломережі та в опалювальній системі.

Температуру теплоносія можно знайти за такими формулами [1].

Температура води в мережі перед опалювальним обладнанням.

$$\tau_{01} = t_{в.р.} + \Delta t_0^{`}(\overline{Q}_0)^{0.8} + \left(\delta\tau_0^{`} - \frac{\Theta^{`}}{2}\right)\cdot\overline{Q}_0,$$

де $t_{вр}$ –температура повітря розрахункова приміщень, $t_{вр}=18^0$С;

$\delta\tau^{'} = \tau_1^{'} - \tau_2^{'} = 150 - 70 = 80^0$С – перепад температур води розрахунковий у тепломережі;

$\Theta^{'} = \tau_3^{'} - \tau_2^{'} = 95 - 70 = 25^0$С - перепад температур води розрахунковий у місцевій системі.

Температурний напір опалювального пристрою при розрахунковому режимі

$$\Delta t_0^{`} = (\tau_{03}^{`} - \tau_{02}^{`})/2 - t_{в,р,} = (95+70)/2 - 18 = 64{,}5^{\circ}C.$$

Відносне теплове навантаження визначається

$$\overline{Q}_0 = \frac{t_{в.р.} - t_н}{t_{в.р.} - t_{н,о,}},$$

Температура води після опалювального пристрою

$$\tau_{02} = \tau_{01} - \delta\tau_0^{`} \cdot \overline{Q}_0 = t_{в.р.} + \Delta t_0^{`} (\overline{Q}_0)^{0.8} - \frac{\Theta^{`}}{2} \cdot \overline{Q}_0 .$$

Температура води у системі опалення після пристрою змішувального - елеватора

$$\tau_{03} = t_{в.р.} + \Delta t_0^{`} (\overline{Q}_0)^{0.8} + \frac{\Theta^{`}}{2} \cdot \overline{Q}_0 .$$

Результатами розрахунків якісного регулювання теплового навантаження є табл.1.2. На основі даних з цієї таблиці створюється графік якісного регулювання (рис. 1.3).

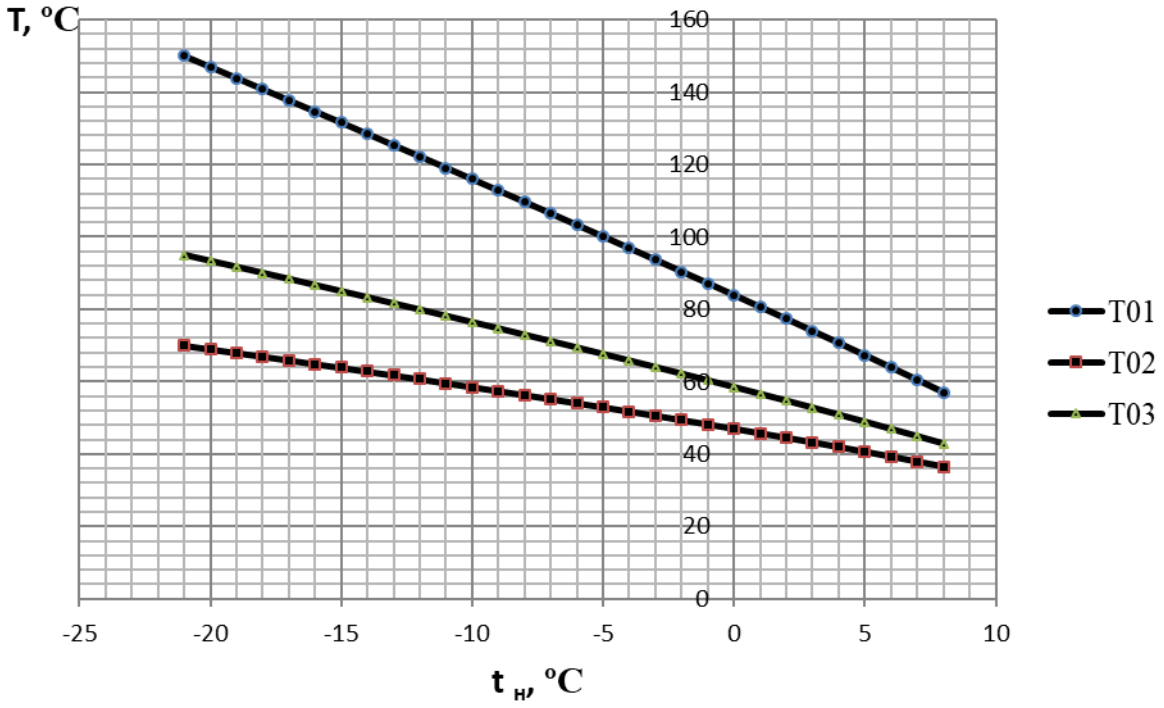


Рисунок 1.3 – Графік якісного регулювання

Таблиця 1.2 – Регулювання теплового навантаження якісне

$t_н$	Q_0	τ_{01}	τ_{02}	τ_{03}
-21	1	150	70	95
-20	0,9744	146,94	68,994	93,353
-19	0,9487	143,88	67,981	91,699
-18	0,9231	140,81	66,961	90,038
-17	0,8974	137,73	65,933	88,369
-16	0,8718	134,64	64,898	86,693
-15	0,8462	131,55	63,854	85,008
-14	0,8205	128,44	62,803	83,315
-13	0,7949	125,33	61,742	81,614
-12	0,7692	122,21	60,673	79,904
-11	0,7436	119,08	59,594	78,184
-10	0,7179	115,94	58,506	76,455
-9	0,6923	112,79	57,408	74,716
-8	0,6667	109,63	56,299	72,966
-7	0,641	106,46	55,179	71,205
-6	0,6154	103,28	54,048	69,432
-5	0,5897	100,08	52,904	67,647
-4	0,5641	96,876	51,747	65,85
-3	0,5385	93,654	50,577	64,039
-2	0,5128	90,419	49,393	62,214
-1	0,4872	87,168	48,194	60,373
0	0,4615	83,902	46,978	58,517
1	0,4359	80,618	45,746	56,643
2	0,4103	77,315	44,495	54,751
3	0,3846	73,993	43,224	52,839
4	0,359	70,65	41,932	50,906
5	0,3333	67,283	40,617	48,95
6	0,3077	63,891	39,276	46,968
7	0,2821	60,471	37,907	44,958
8	0,2564	57,02	36,507	42,918

1.5 Визначення витрати теплоносія

Витрати теплоносія в двотрубних закритих тепломережах визначаються окремо для опалення, вентиляції та ГВП, зважаючи на розрахункові теплові навантаженнях та користуючись відповідною

формулою.

$$G = \frac{Q}{c \cdot (\tau_1 - \tau_2)},$$

де Q – є теплове навантаження в залежності від видів теплоспоживання, Дж/с;

τ_1 - температура води розрахункова у прямому (подавальному) трубопроводі для проєктування системи опалення, вентиляції та ГВП,

τ_2 - температура води розрахункова у зворотному трубопроводі для проєктування системи опалення, вентиляції та ГВП,

с - теплоємність води.

Для будинку по вул. Фортечна, 88

$$G_{от} = \frac{218{,}24}{4190 \cdot (150 - 70)} = 0{,}651 \text{кг/с};$$

$$G_{гвс} = \frac{1358{,}119}{4190 \cdot (70 - 40)} = 0{,}011 \text{ кг/с};$$

$$G_{сум} = 0{,}651 + 0{,}011 = 0{,}662 \text{ кг/с}.$$

Для будинку по вул. Фортечна, 88а

$$G_{от} = \frac{215{,}76}{4190 \cdot (150 - 70)} = 0{,}644 \text{кг/с};$$

$$G_{гвс} = \frac{1342{,}686}{4190 \cdot (70 - 40)} = 0{,}011 \text{ кг/с};$$

$$G_{сум} = 0{,}644 + 0{,}011 = 0{,}654 \text{ кг/с}.$$

Для будинку по вул. Фортечна, 88б

$$G_{от} = \frac{217}{4190 \cdot (150 - 70)} = 0{,}647 \text{ кг/с};$$

$$G_{гвс} = \frac{1350{,}402}{4190 \cdot (70 - 40)} = 0{,}011 \text{ кг/с};$$

$$G_{сум} = 0{,}647 + 0{,}011 = 0{,}658 \text{ кг/с}.$$

Для будинку по вул. Фортечна, 90

$$G_{от} = \frac{219{,}480}{4190 \cdot (150 - 70)} = 0{,}655 \text{ кг/с};$$

$$G_{гвс} = \frac{1365{,}835}{4190 \cdot (70 - 40)} = 0{,}011 \text{ кг/с};$$

$$G_{сум} = 0{,}655 + 0{,}011 = 0{,}666 \text{ кг/с}.$$

Для будинку по вул. Стефанова, 46

$$G_{от} = \frac{218{,}24}{4190 \cdot (150 - 70)} = 0{,}651 \text{ кг/с};$$

$$G_{гвс} = \frac{1358{,}119}{4190 \cdot (70 - 40)} = 0{,}011 \text{ кг/с};$$

$$G_{сум} = 0{,}651 + 0{,}011 = 0{,}662 \text{ кг/с}.$$

Для будинку по вул. Стефанова, 44

$$G_{от} = \frac{210{,}800}{4190 \cdot (150 - 70)} = 0{,}629 \text{кг/с};$$

$$G_{гвс} = \frac{1311{,}819}{4190 \cdot (70 - 40)} = 0{,}010 \text{ кг/с};$$

$$G_{сум} = 0{,}629 + 0{,}010 = 0{,}639 \text{ кг/с}.$$

Для будинку по вул. Аваліані, 4

$$G_{от} = \frac{218{,}24}{4190 \cdot (150 - 70)} = 0{,}651 \text{кг/с};$$

$$G_{гвс} = \frac{1358{,}119}{4190 \cdot (70 - 40)} = 0{,}011 \text{ кг/с};$$

$$G_{сум} = 0{,}651 + 0{,}011 = 0{,}662 \text{ кг/с}.$$

Для майстерні

$$G_{от} = \frac{2,480}{4190 \cdot (150 - 70)} = 0,007 \text{ кг/с};$$

$$G_{гвс} = \frac{37,710}{4190 \cdot (70 - 40)} = 0,0003 \text{ кг/с};$$

$$G_{сум} = 0,007 + 0,0003 = 0,008 \text{ кг/с}.$$

Для магазина

$$G_{от} = \frac{12,400}{4190 \cdot (150 - 70)} = 0,037 \text{ кг/с};$$

$$G_{гвс} = \frac{75,420}{4190 \cdot (70 - 40)} = 0,001 \text{ кг/с};$$

$$G_{сум} = 0,037 + 0,001 = 0,038 \text{ кг/с},$$

Для будинку по вул. Аваліані, 3

$$G_{от} = \frac{218,24}{4190 \cdot (150 - 70)} = 0,651 \text{ кг/с};$$

$$G_{гвс} = \frac{1358,119}{4190 \cdot (70 - 40)} = 0,011 \text{ кг/с};$$

$$G_{сум} = 0,651 + 0,011 = 0,662 \text{ кг/с}.$$

Для будинку по вул. Аваліані, 1

$$G_{от} = \frac{218{,}24}{4190 \cdot (150 - 70)} = 0{,}651 \text{кг/с};$$

$$G_{гвс} = \frac{1358{,}119}{4190 \cdot (70 - 40)} = 0{,}011 \text{ кг/с};$$

$$G_{сум} = 0{,}651 + 0{,}011 = 0{,}662 \text{ кг/с}.$$

Для будинку по вул. Аваліані, 1а

$$G_{от} = \frac{218{,}24}{4190 \cdot (150 - 70)} = 0{,}651 \text{кг/с};$$

$$G_{гвс} = \frac{1358{,}119}{4190 \cdot (70 - 40)} = 0{,}011 \text{ кг/с};$$

$$G_{сум} = 0{,}651 + 0{,}011 = 0{,}662 \text{ кг/с}.$$

Для будинку по вул. Фортечна, 92

$$G_{от} = \frac{218{,}24}{4190 \cdot (150 - 70)} = 0{,}651 \text{кг/с};$$

$$G_{гвс} = \frac{1358{,}119}{4190 \cdot (70 - 40)} = 0{,}011 \text{ кг/с};$$

$$G_{сум} = 0,651 + 0,011 = 0,662 \text{ кг/с.}$$

Для будинку по вул. Фортечна, 90

$$G_{от} = \frac{218,24}{4190 \cdot (150 - 70)} = 0,651 \text{кг/с;}$$

$$G_{гвс} = \frac{1358,119}{4190 \cdot (70 - 40)} = 0,011 \text{ кг/с;}$$

$$G_{сум} = 0,651 + 0,011 = 0,662 \text{ кг/с.}$$

Для будинку по вул. Фортечна, 94

$$G_{от} = \frac{218,24}{4190 \cdot (150 - 70)} = 0,651 \text{кг/с;}$$

$$G_{гвс} = \frac{1358,119}{4190 \cdot (70 - 40)} = 0,011 \text{ кг/с;}$$

$$G_{сум} = 0,651 + 0,011 = 0,662 \text{ кг/с.}$$

Для будинку по вул. Фортечна, 96

$$G_{от} = \frac{218,24}{4190 \cdot (150 - 70)} = 0,651 \text{кг/с;}$$

$$G_{гвс} = \frac{1358{,}119}{4190 \cdot (70 - 40)} = 0{,}011 \text{ кг/с};$$

$$G_{сум} = 0{,}651 + 0{,}011 = 0{,}662 \text{ кг/с}.$$

Для будинку по вул. Аваліані, 5

$$G_{от} = \frac{218{,}24}{4190 \cdot (150 - 70)} = 0{,}651 \text{кг/с};$$

$$G_{гвс} = \frac{1358{,}119}{4190 \cdot (70 - 40)} = 0{,}011 \text{ кг/с};$$

$$G_{сум} = 0{,}651 + 0{,}011 = 0{,}662 \text{ кг/с}.$$

Для будинку по вул. Аваліані, 7

$$G_{от} = \frac{218{,}24}{4190 \cdot (150 - 70)} = 0{,}651 \text{кг/с};$$

$$G_{гвс} = \frac{1358{,}119}{4190 \cdot (70 - 40)} = 0{,}011 \text{ кг/с};$$

$$G_{сум} = 0{,}651 + 0{,}011 = 0{,}662 \text{ кг/с}.$$

Для будинку по вул. Аваліані, 5а

$$G_{от} = \frac{218{,}24}{4190 \cdot (150 - 70)} = 0{,}651 \text{кг/с};$$

$$G_{гвс} = \frac{1358{,}119}{4190 \cdot (70 - 40)} = 0{,}011 \text{ кг/с;}$$

$$G_{сум} = 0{,}651 + 0{,}011 = 0{,}662 \text{ кг/с.}$$

Для будинку по вул. Аваліані, 9

$$G_{от} = \frac{218{,}24}{4190 \cdot (150 - 70)} = 0{,}651 \text{кг/с;}$$

$$G_{гвс} = \frac{1358{,}119}{4190 \cdot (70 - 40)} = 0{,}011 \text{ кг/с;}$$

$$G_{сум} = 0{,}651 + 0{,}011 = 0{,}662 \text{ кг/с.}$$

Для будинку по вул. Аваліані, 11

$$G_{от} = \frac{218{,}24}{4190 \cdot (150 - 70)} = 0{,}651 \text{кг/с;}$$

$$G_{гвс} = \frac{1358{,}119}{4190 \cdot (70 - 40)} = 0{,}011 \text{ кг/с;}$$

$$G_{сум} = 0{,}651 + 0{,}011 = 0{,}662 \text{ кг/с;}$$

Для будинку по вул. Аваліані, 13

$$G_{от} = \frac{218{,}24}{4190 \cdot (150 - 70)} = 0{,}651 \text{кг/с};$$

$$G_{гвс} = \frac{1358{,}119}{4190 \cdot (70 - 40)} = 0{,}011 \text{ кг/с};$$

$$G_{сум} = 0{,}651 + 0{,}011 = 0{,}662 \text{ кг/с}.$$

Для будинку по вул. Аваліані, 19а

$$G_{от} = \frac{218{,}24}{4190 \cdot (150 - 70)} = 0{,}651 \text{кг/с};$$

$$G_{гвс} = \frac{1358{,}119}{4190 \cdot (70 - 40)} = 0{,}011 \text{ кг/с};$$

$$G_{сум} = 0{,}651 + 0{,}011 = 0{,}662 \text{ кг/с}.$$

Для будинку по вул. Аваліані, 15

$$G_{от} = \frac{218{,}24}{4190 \cdot (150 - 70)} = 0{,}651 \text{кг/с};$$

$$G_{гвс} = \frac{1358{,}119}{4190 \cdot (70 - 40)} = 0{,}011 \text{ кг/с};$$

$$G_{сум} = 0{,}651 + 0{,}011 = 0{,}662 \text{ кг/с}.$$

1.6 Теплові мережі. Гідравлічний розрахунок

Ціль гідравлічного розрахунку - встановлення діаметрів труб, оцінка втрат тиску в них, визначення тиску в різних точках тепломережі, а також визначення наявного тиску (напору) в різних точках тепломережі та на абонентських вводах.

Для того, щоб розрахувати водяні мережі, створюється скелетна схема розводки тепломереж на генеральному плані, а також таблиця розрахункових витрат води для кожної ділянки розгалуженої мережі і відстаней між відгалуженнями до споживачів.

Гідравлічний розрахунок проводиться у два етапи: попередній та перевірочний.

1.6.1 Попередній розрахунок

Для виконання гідравлічного розрахунку потрібно встановити довжину окремих ділянок головної мережі та відгалужень до конкретних споживачів. Для цього на генеральному плані розробляється скелетна схема прокладання теплопроводів - план траси.

Наступним етапом є створення розрахункової схеми теплової мережі, на якій позначаються вузли відведень та розміщуються засувки. Дренажі, спускники повітря, переходи діаметрів і підкачуючі насоси наносяться на схему після виконання гідравлічного розрахунку.

Розрахунок магістралі здійснюється поетапно, ділячи її на окремі ділянки. На початку визначаємо витрату води для кожної ділянки і довжини ділянок відповідно до генерального плану. Всі дані по ділянках та результати розрахунків фіксуються в таблиці 2.1.

Питомі лінійні втрати тиску, які є орієнтовними, обираємо для магістралі 80 Па/м.

Діаметр трубопроводу, який є орієнтовним, на ділянці 0-1 обчислюється за наступною формулою

$$d' = 0{,}117 \cdot \frac{G^{0.38}}{Rл^{0{,}19}} = 0{,}117 \cdot \frac{14{,}57^{0{,}38}}{80^{0{,}19}} = 0{,}141\text{м} \ (141 \text{ мм}).$$

Знайдений у попередньому розрахунку діаметр округлюється до найближчого більшого стандартного значення [1, 5]. Обираємо найближчий стандартний діаметр труби $d_{ст} = 184$ мм.

Аналогічні розрахунки виконуються для інших ділянок головної магістралі та відгалужень.

1.6.2 Перевірочний розрахунок

Дивлячись на рис. 2.2, уточнюємо опори місцеві (такі, як засувки, повороти та ін.). Обираємо з [1] коефіцієнти опорів місцевих. Для стандартного діаметра трубопроводу приймаємо допустимі відстані L між нерухомими опорами в 120 м. Таким чином, на ділянці 0 – 1 потрібно встановити...

$$n_{k_1} = \frac{l_{0-1}}{L} = \frac{166}{80} = 3 \text{ компенсатори.}$$

Еквівалентна довжина опорів місцевих, м

$$l_e = 60.7 \cdot 5{,}5 \cdot 0{,}100^{1.25} = 18{,}77.$$

Приведена довжина труби, яка знаходиться на ділянці 0 - 1, м

$$l_{прив} = 166 + 18{,}77 = 184{,}77.$$

Падіння тиску на ділянці 0 – 1

$$\Delta P = R_{л} \cdot l_{прив} = 37{,}68 \cdot 184{,}77 = 6962 \text{Па},$$

$$\Delta H = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g} = \frac{6962}{975 \cdot 9.81} = 72{,}8 = 73 \text{м.вод.ст.}$$

Розрахунки для інших ділянок виконуються за аналогічним принципом. Отримані результати заносимо до таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Зведена таблиця гідравлічного розрахунку водяних теплових мереж

Ділянка мережі	Витрати води на ділянці. G кг/с	Довжина ділянки за генпланом l уч, м	Орієнтовані питомі витрати тиску $R_л$, Па/м	Орієнтований внутрішній діаметр труби d^1, м	Внутрішній діаметр. d м	Питомі витрати тиску .Rл
0-0"	14,57653	5	80	0,141	0,184	20,98
0-1	3,94119	166	80	0,086	0,100	37,68
1 - 2	3,28683	75	80	0,080	0,100	26,20
2 - 3	2,62871	43	80	0,073	0,100	16,76
3 - 4	1,96307	51	80	0,066	0,100	9,35
2 - 5	1,30119	129	80	0,056	0,082	11,64
5 - 6	0,66188	190	80	0,044	0,070	6,91
0 - 8	0,04529	79	80	0,016	0,033	1,68
8 - 9	0,03759	2	80	0,015	0,033	1,16
0 - 7	10,59005	51	80	0,125	0,150	32,37
7 -17	1,32376	62	80	0,057	0,082	12,05
17 - 18	0,66188	24	80	0,044	0,070	6,91
17 - 10	4,63315	30	80	0,091	0,100	52,07
10 - 11	3,97127	68	80	0,086	0,100	38,25
11 - 12	3,30939	7	80	0,080	0,100	26,57
12 -13	2,64751	67	80	0,074	0,100	17,00
13 - 14	1,98564	5	80	0,066	0,100	9,56
14 - 15	1,32376	17	80	0,057	0,082	12,05
15 - 16	0,66188	5	80	0,044	0,070	6,91
10 - 19	3,97127	110	80	0,086	0,100	38,25
19 - 20	3,30939	120	80	0,080	0,100	26,57
20 - 21	3,30939	35	80	0,080	0,100	26,57
21 - 22	0,66188	28	80	0,044	0,070	6,91
21 - 23	1,32376	94	80	0,057	0,082	12,05

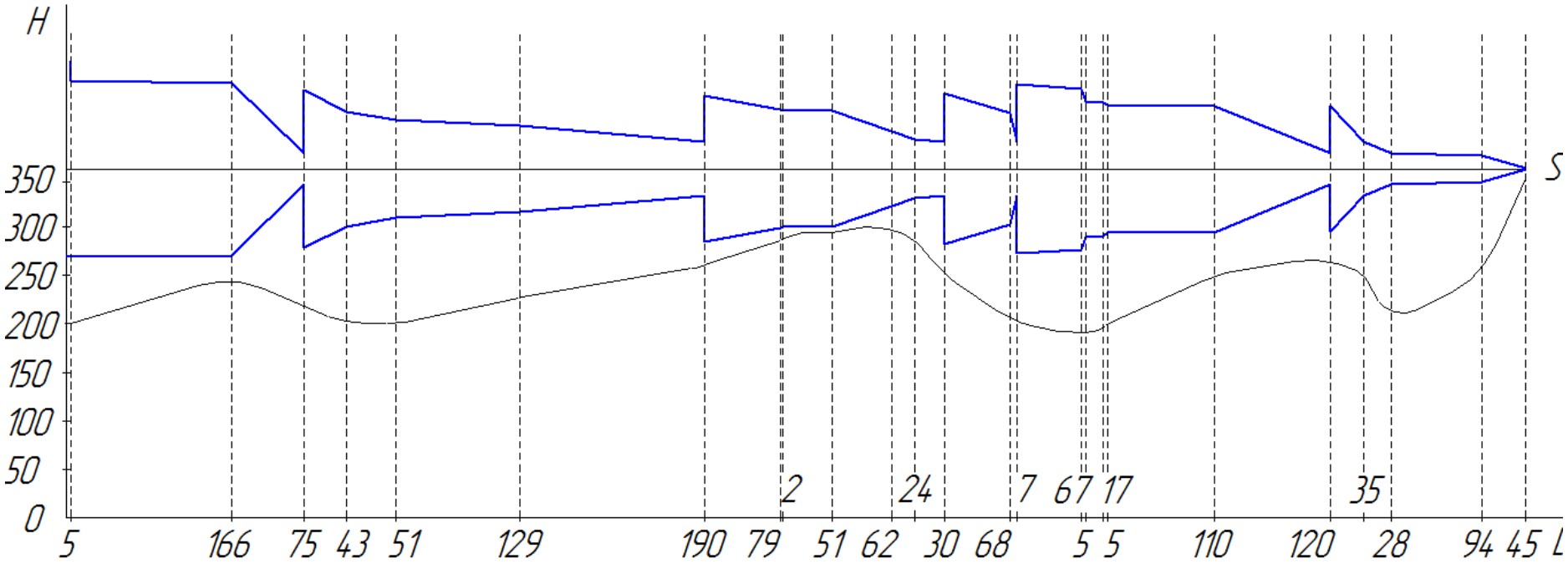


Рисунок 1.4 – П’єзометричний графік розрахункової тепломережі

2 ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

2.1 Обґрунтування щодо вибору насосного обладнання

Робоче колесо (див. рис. 2.1) є основним компонентом центробіжної машини. Складається робоче колесо з 2-х фасонних дисків і кількох, як правило вигнутих, лопатей 3. Диск задній 1, який є ведучим або основним, жорстко закріплений на валу 6 і, зазвичай, утворює єдине ціле зі ступицею 7. Передній диск 2, що є ведомим, з'єднується із заднім за допомогою лопатей 3. Рідина чи газ потрапляє через вхідну порожнину 5, змінює напрямок на 90°, далі входить до міжлопатевих каналів та обертається навколо осі 0-0 робочого колеса, під впливом відцентрових сил переміщується до периферії колеса і викидається в спіральний канал 4. Є деякі пристрої, у котрих підведення і відведення рідини або газу здійснюється за допомогою спеціальних напрямних лопаток. Дія відцентрових сил на шляху від входу в міжлопатеві канали до виходу з них призводить до підвищення енергії потоку. В залежності від форми лопатей (або лопаток) розрізняють колеса робочі з лопатками, які загнуті назад, з радіальним виходом, а також з лопатками, які загнуті вперед.

Рідина, яка рухається вздовж лопаті та має відносну швидкість W, обертається одночасно з швидкістю окружною U. Швидкість абсолютна C - це геометрична сума швидкостей U та W, яка представляє собою діагональ паралелограма. На вході в міжлопатевий канал усі ці швидкості мають індекс «1», а на виході мають індекс «2». На рис. 2.1 зображені паралелограми швидкостей для осьової лінії міжлопатевого каналу. Кутом α позначається кут між векторами абсолютної та окружної швидкостей, натомість кутом β позначається кут між вектором швидкості відносної та негативним напрямком швидкості окружної. На лопатці кут β відрізняється від кута βл на вході на кут атаки, а на виході відрізняється на кут відставання δ. Кут α являється режимним, тому що змінюється в

залежності від режиму роботи нагнітача, тоді як кут β є конструктивним і залишається незмінним для даного нагнітача.

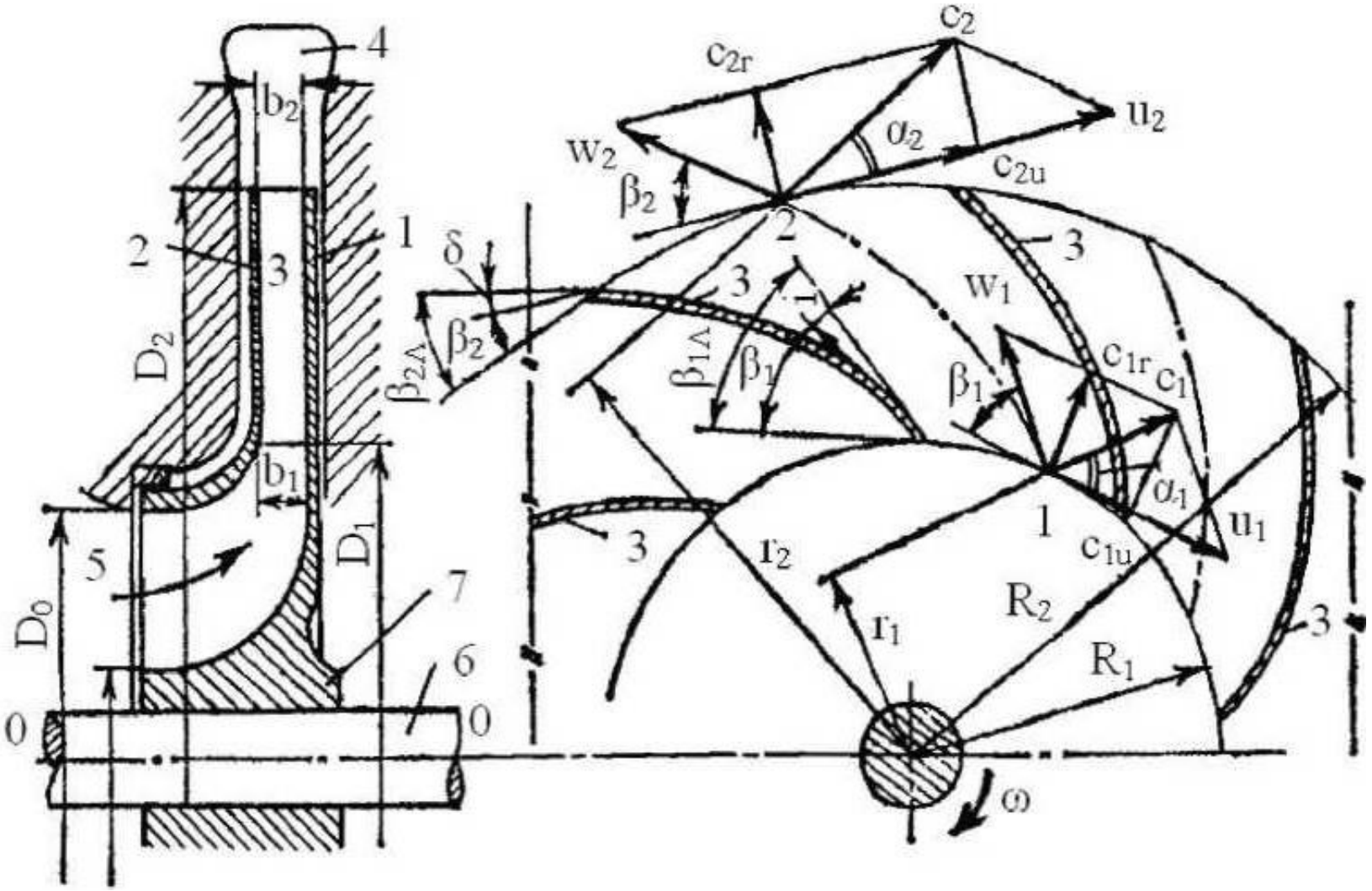


Рисунок 2.1 - Розрізи колеса центробіжної машини. Паралелограми швидкостей на вході і виході міжлопатевих каналів

Позначення C_u - *п*роекція швидкості абсолютної на окружну. Цей складовий елемент швидкості представляє собою швидкість закручування потоку. Радіальна (меридіональна) складова швидкості абсолютної представлена як проекція C_r

2.1.1 Характеристики нагнітачів відцентрових

Характеристикою відцентрового нагнітача є графічне зображення залежностей: $H=f(Q)$, $p=f(Q)$, $N=f(Q)$, $\eta=f(Q)$, $H_{cm}=f(Q)$.

Основою характеристикою є $H=f(Q)$.

2.1.2 Робота нагнітача на мережу. Паралельне та послідовне з'єднання нагнітачів

Будь-який нагнітач, генеруючи потік рідини (або газу), витрачає енергію на його переміщення, яка дорівнює величині втрат тиску, необхідних для подолання опору системи. Зазвичай, рух у системі є турбулентним, тому втрати пропорційні квадрату швидкості, а отже, і квадрату витрати рідини.

$$\Delta p_{пот} = \left(\sum \lambda \frac{l_i}{d_i} + \sum k_{МС} \right) \frac{\rho w^2}{2} = k \cdot Q^2 .$$

Щоб отримати реальну характеристику мережі, необхідно робити експериментальні дослідження. При ухваленні проектних рішень важливо особливо уважно виконувати гідравлічний розрахунок характеристик мережі, враховуючи залежність коефіцієнта тертя та коефіцієнтів місцевого опору від числа Рейнольдса. Нагнітач, функціонуючи в певній мережі, формуватиме параметри Q1 і H1 в точці перетину характеристик H=f(Q)

нагнітача та мережі Нмер=f(Q) (т.А). Інші параметри, такі як потужність та ККД (N1, η1), будуть визначатися перетином абсциси Q1 (рис. 2.2) з відповідними характеристиками нагнітача N=f(Q) і η=f(Q).

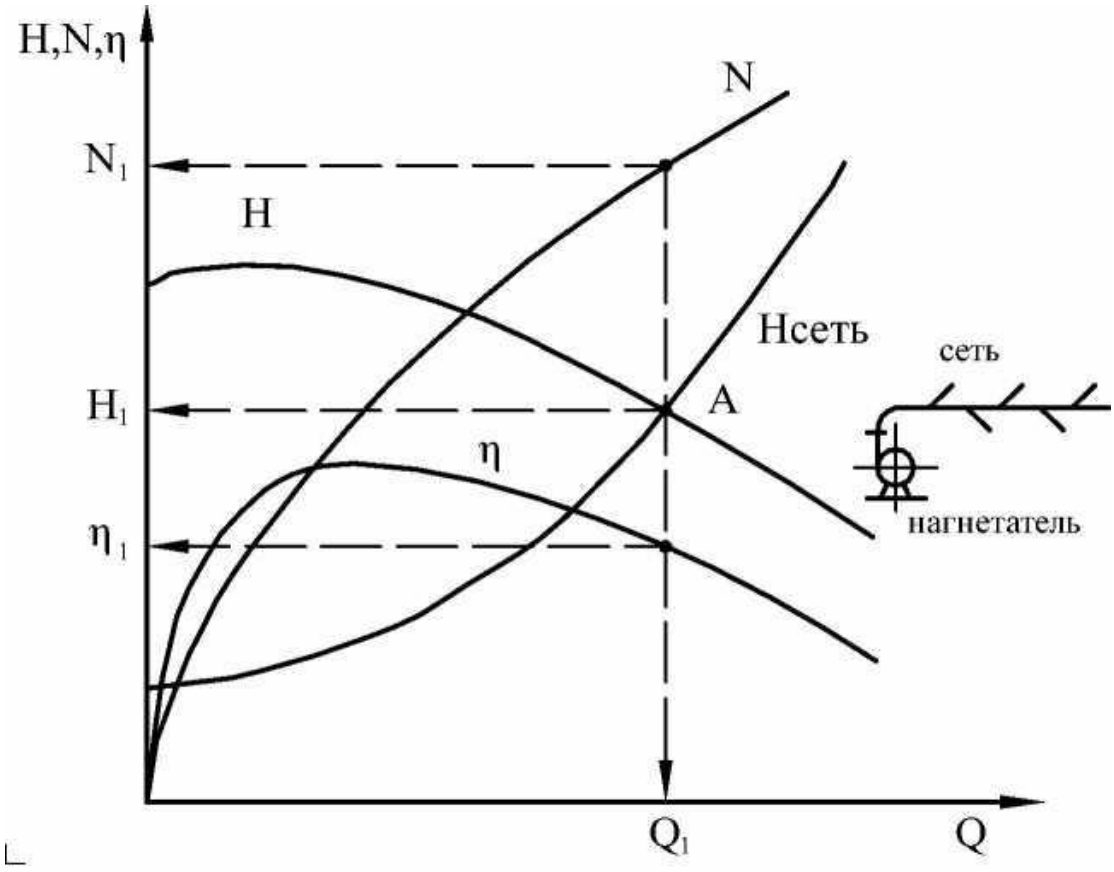


Рисунок 2.2 – Робота нагнітача на мережу

У виробничих умовах можуть виникати ситуації, коли теплове навантаження об'єкта або виробництво електроенергії змінюється з різних причин, наприклад, в залежності від часу доби або пори року. Це, в свою чергу, впливає на продуктивність нагнітачів. При регулюванні роботи нагнітачів для зменшення навантаження, зазвичай спостерігається зниження ККД, що свідчить про відхилення від оптимального режиму.

Для забезпечення надійності функціонування систем встановлюють резервні нагнітачі, причому вартість нагнітача зростає пропорційно його потужності.

При послідовному підключенні двох нагнітачів рідина (або газ)

спочатку проходить через перший нагнітач, а потім через другий, після чого надходить у мережу. У випадку паралельного підключення рідина проходить окремо через кожен нагнітач і подається в мережу (рисунок 2.3).

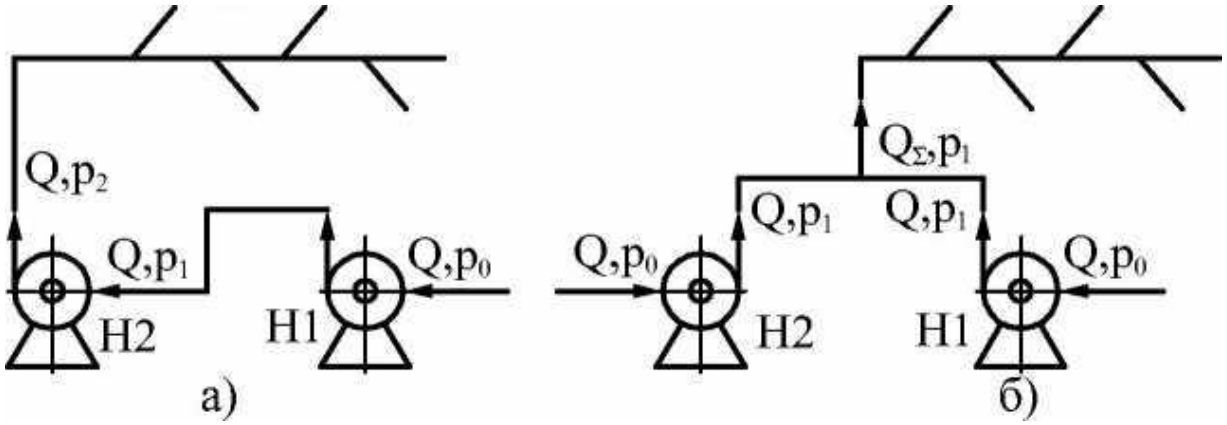


Рисунок 2.3 - Послідовне (а) і паралельне (б) включення в мережу двох нагнітачів Н1 і Н2

При послідовному підключенні метою є підвищення продуктивності (подачі), тоді як при паралельному – підвищення тиску (напору). Це не означає, що при включенні, як приклад, двох нагнітачів, параметри Н та Q автоматично подвоюються. Зміна параметрів залежить від характеристик спарених нагнітачів і мережі. Сума характеристик двох нагнітачів, які є однаковими між собою та які з'єднані послідовно, $H=f(Q)$ формується шляхом подвоєння значень ординат характеристики одного нагнітача $H=f(Q)$ при незмінних абсцисах. Якщо виникає ситуація, коли при роботі одного нагнітача робочі параметри H_1, Q_1 і відповідають точці перетину A_1 то при роботі двох нагнітачів, які послідовно з'єднані, робочі параметри $H_\Sigma=f(Q)$ відповідають точці перетину $A_{1\Sigma}$. Оптимальне досягнення мети послідовного з'єднання нагнітачів можливе, коли характеристика мережі має крутий вигляд (див. рисунок 2.4, де представлена характеристика мережі).

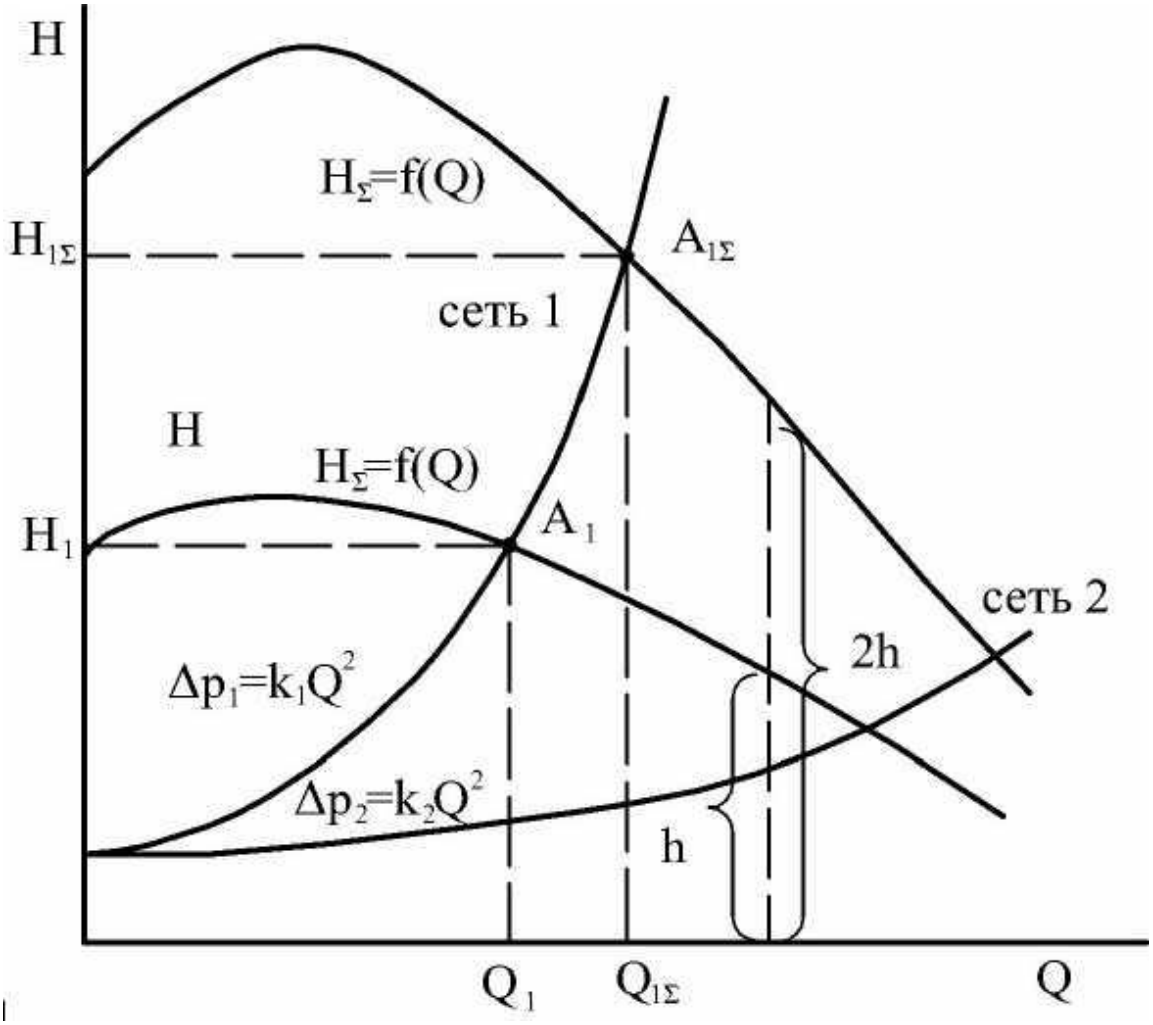


Рисунок 2.4 - Характеристика двох нагнітачів, які послідовно включені

Сумарна характеристика двох нагнітачів, які є однаковими та з'єднані паралельно $H_{\Sigma}=f(Q)$ формується шляхом подвоєння абсцис при постійній ординаті (рис. 2.5). Якщо працює один нагнітач на мережу 2 основні робочі параметри H_2, Q_2 відповідають точці перетину A_2. Коли працюють два паралельних нагнітачі $H_{2\Sigma}$, $Q_{2\Sigma}$ відповідають точці перетину $A_{2\Sigma}$. Оптимальне досягнення мети паралельного з'єднання нагнітачів

можливе за умови, що характеристика мережі має пологий вид.

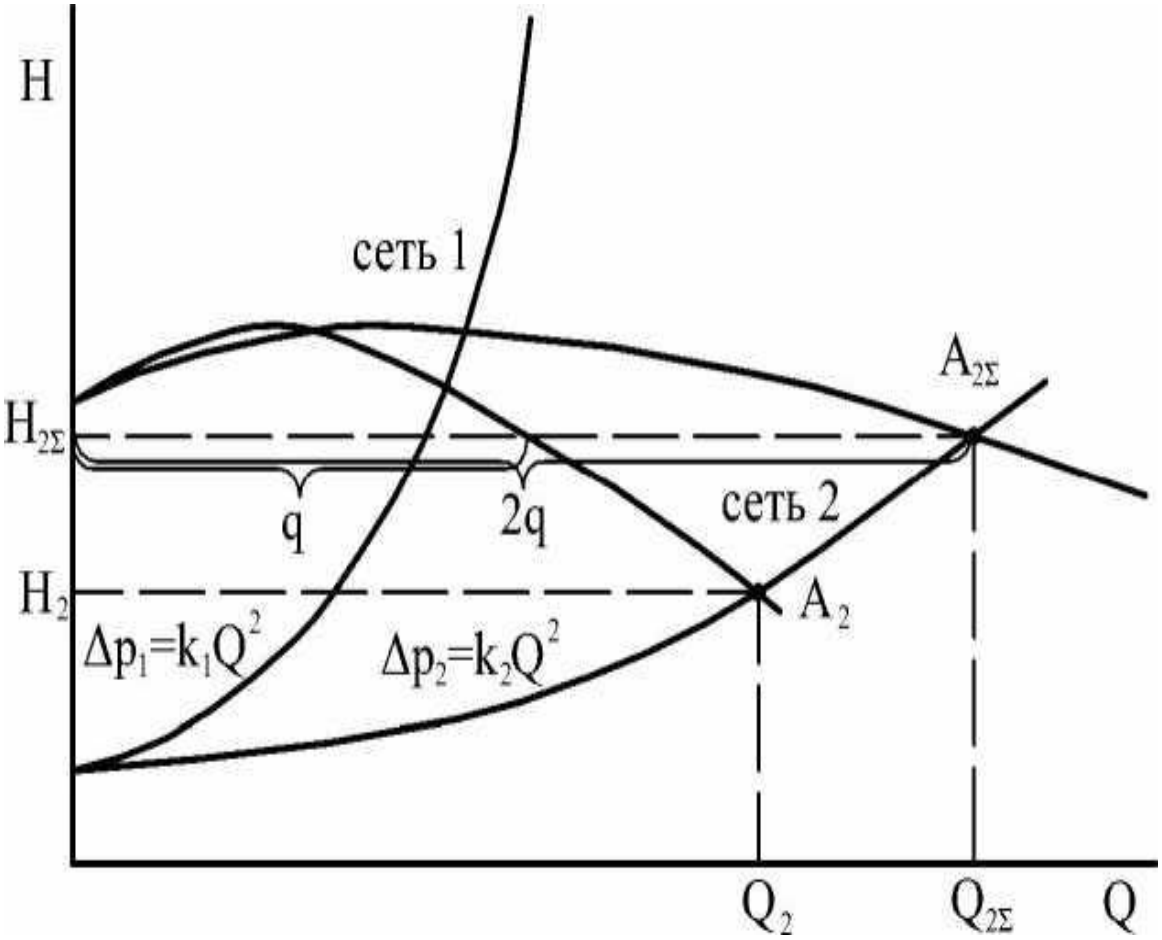


Рисунок 2.5 - Характеристика двох нагнітачів, які паралельно включених

2.1.3 Регулювання відцентрових нагнітачів

Усі методи регулювання подачі можна класифікувати на дві основні категорії:

А – регулювання, яке проходить при однаковій швидкості обертання робочого колеса;

В - регулювання шляхом зміни швидкості обертання робочого колеса.

До категорії А відносяться:

А.1. Регулювання дроселем;

А.2. Регулювання, яке відбувається напрямним апаратом на

патрубку;

А.3. Регулювання за допомогою пристроїв, інтегрованих у робоче колесо (зміна геометрії колеса та лопатей).

До категорії В відносяться:

В.1. Зміна швидкості обертання валу нагнітача, яке відбувається без зміни швидкості обертання двигуна (ремінні, зубчасті, фрикційні редуктори; індукторні та гідравлічні муфти);

В.2. Різні електричні методи регулювання швидкості обертання електричного двигуна.

В.3. В паротурбінних двигунах відбувається зміна витрати пари у турбіні.

Величина зменшення потужності при зниженні подачі є об'єктивним критерієм для оцінки методу регулювання.

Регулювання за допомогою дроселя є найпростішим, але водночас і найменш економічним способом регулювання подачі (див. рис. 2.6). Припустимо, що дросельна характеристика А нагнітача є найбільш економічною при роботі з мережею Б в точці 1, коли дросель у мережі повністю відкритий, подача досягає максимального значення, а ККД має найвищий показник. В разі, коли потрібно зробити меншою подачу, дросель закривають, що призводить до збільшення загального коефіцієнта опору мережі. Новою характеристикою мережі *В* є перетин з характеристикою нагнітача (точка 3) і опір мережі складає H_3. Необхідний тиск при зменшенні подачі без використання дроселя дорівнює H_2. Таким чином, різниця (H_3 - H_2) відображає втрати напору на дроселі та визначає енергетичні витрати. Непродуктивні витрати також пов'язані зі зниженням коефіцієнта корисної дії (ККД).

Регулювання напрямних апаратом (НА) відбувається в налаштуванні характеристик нагнітача відповідно до характеристик мережі без зміни швидкості обертання робочого колеса. НА розміщується у

всмоктуючому патрубку поблизу робочого колеса і може представляти собою, наприклад, систему поворотних лопаток (осьовий НА, рис. 2.8).

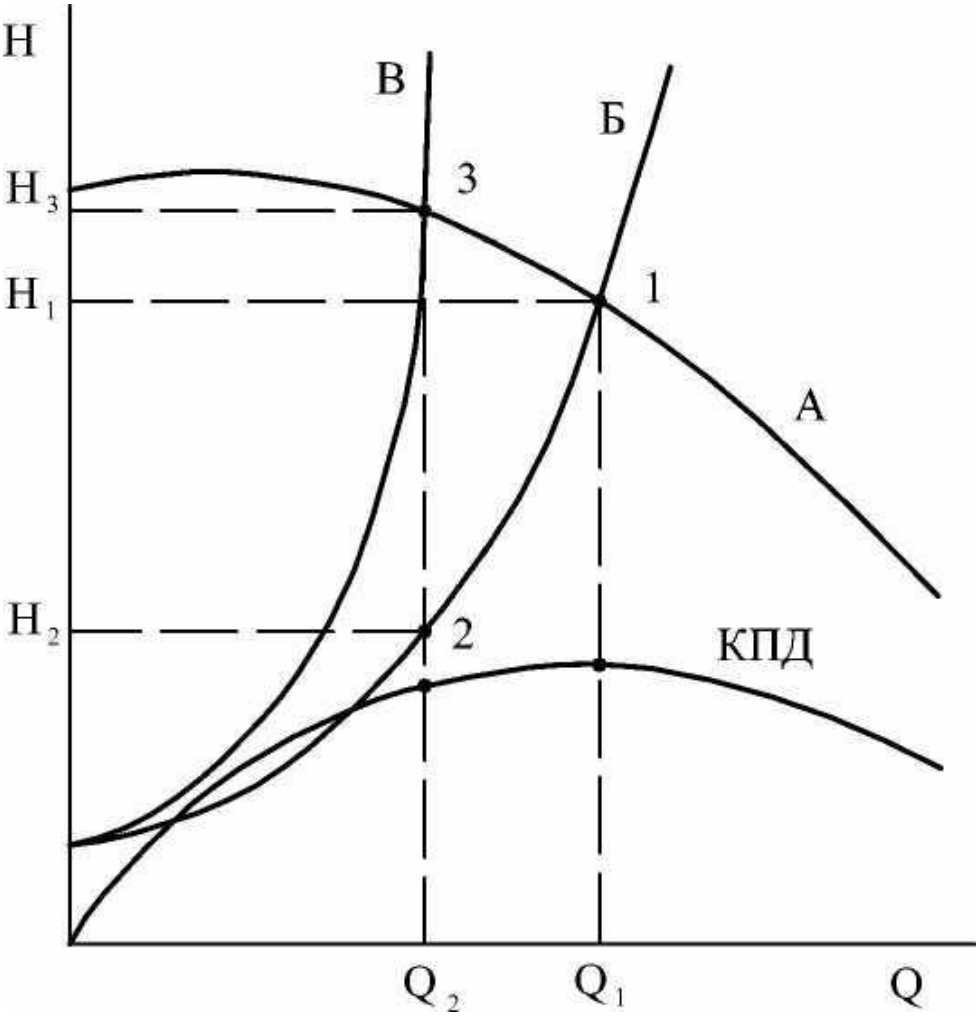


Рисунок 2.7 - Регулювання дроселем: А - дросельна характеристика нагнітачів; Б - характеристика мережі; В - характеристика мережі з дроселем

В разі максимальної подачі кут повороту φ=0, лопатки розташовуються ребром у напрямку до всмоктуючого потоку, не створюючи жодних збурень. При повороті лопаток під кутом φ> 0 виникає закручування та зниження розвиваного напору. Це відбувається через появу складової абсолютної швидкості, яка визначає ступінь закрутки потоку на вході в міжлопастний канал робочого колеса. Відповідно до рівняння Ейлера, це призводить до зменшення розвиваного напору: чим більший кут повороту лопаток, тим нижчий натиск нагнітача (див. рис. 2.8).

Непродуктивні витрати енергії суттєво нижчі, якщо порівнювати з регулюванням дроселем (див. рис. 2.7). У випадку регулювання НА вони пов'язані зі зниженням ККД, а також з певним дроселюванням всмоктуючого потоку.

Регулювання геометрії робочого колеса та лопатей теоретично може забезпечити оптимальний результат, проте на практиці це є досить складним процесом. У нагнітачах, які використовуються в промисловій теплотехніці та теплоенергетиці, такі рішення практично не реалізуються.

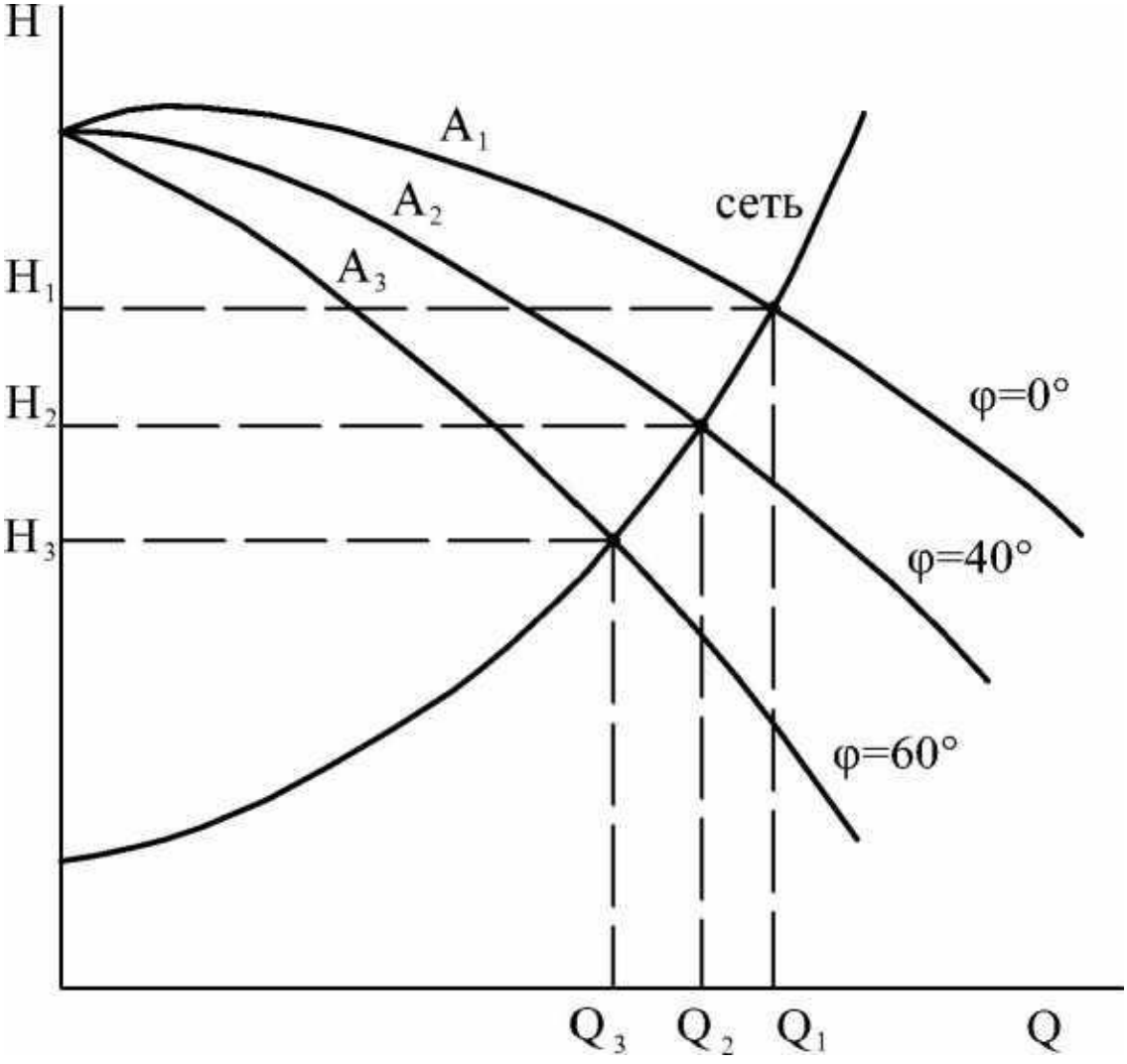


Рисунок 2.8 - Регулювання напрямних апаратом: A_1 A_2, A_3 - характеристики нагнітачів при різному положенні НА

Серед методів щодо регулювання категорії В широко використовується зміна швидкості обертання валу. Якщо двигуном є парова турбіна, то в цьому випадку витрата пари в турбіні регулюється за допомогою спеціальної системи управління та впуску. Зміна обертів електродвигуна може забезпечити регулювання, яке наближається до ідеального (див. рис. 2.9), проте на практиці це не завжди можливо. Плавна або ступенева зміна швидкості обертання доступна лише для спеціальних електродвигунів великої потужності, які є дорогими, і їх використання повинно бути економічно обґрунтованим. Використання приводних систем, таких як редуктори, гідравлічні та індукційні муфти, для зміни обертів вала нагнітача при постійній швидкості електродвигуна доцільно розглядати лише після проведення економічного аналізу. Це пов'язано з тим, що зростає вартість установки, а також виникають додаткові втрати потужності в регулюючих пристроях.

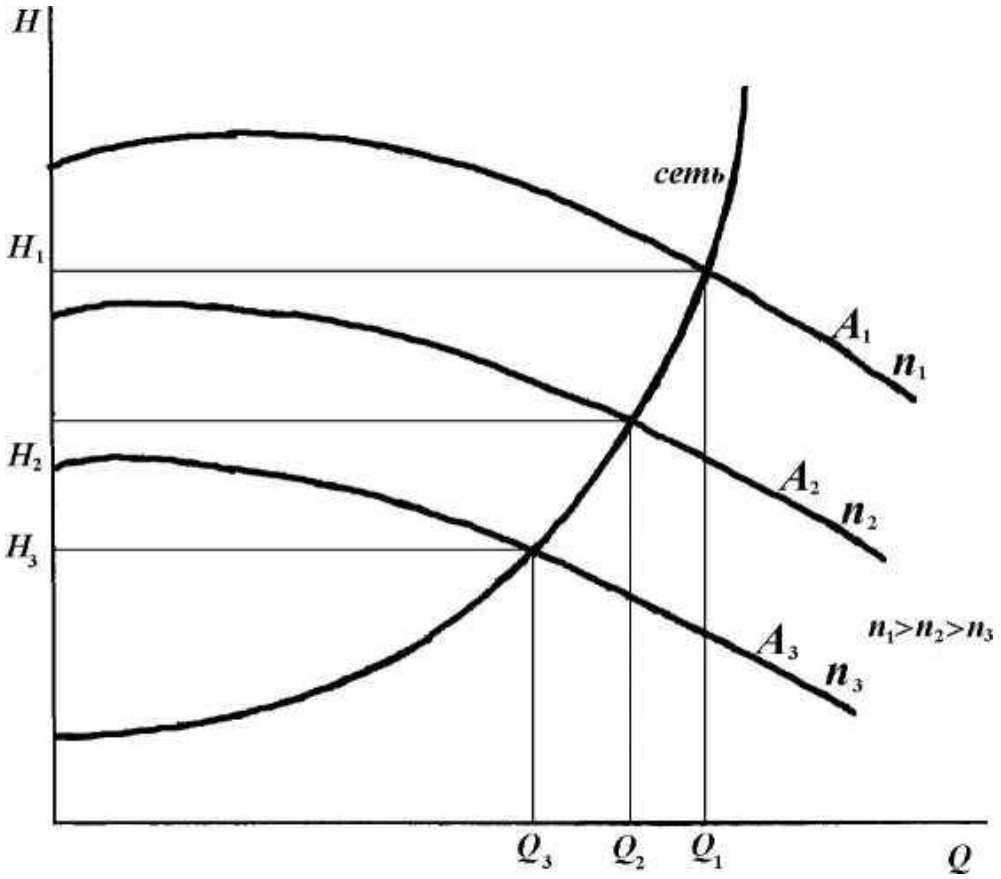


Рисунок 2.9 - Регулювання швидкістю обертання валу: A_1 A_2, A_3 -

характеристики нагнітачів, які мають різне число обертів "n"

Для ЦТП були вибрані відцентрові насоси марки FORAS. Залежність напору, який створюють насоси від витрати рідини через них представлено на рис.2.11.

Залежності ККД і потужності на валу від витрати рідини представлено на рис. 2.10.

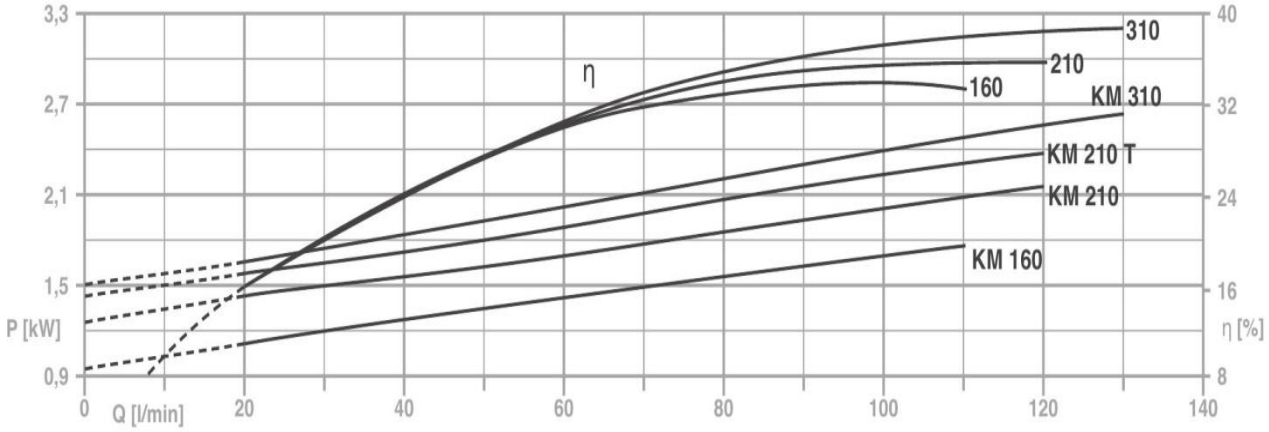


Рисунок 2.10 – Графіки залежності ККД та потужності для насосів центробіжних марки FORAS

Особливо зосереджено увагу на спільній праці гідравлічної мережі і насосів. Тому були створені графіки залежності напору від витрати рідини для мережі та ЦБМ (рис. 2.12 – 2.15). На перетині цих двох залежностей були визначені режимні параметри спільної роботи гідравлічної мережі та ЦБМ.

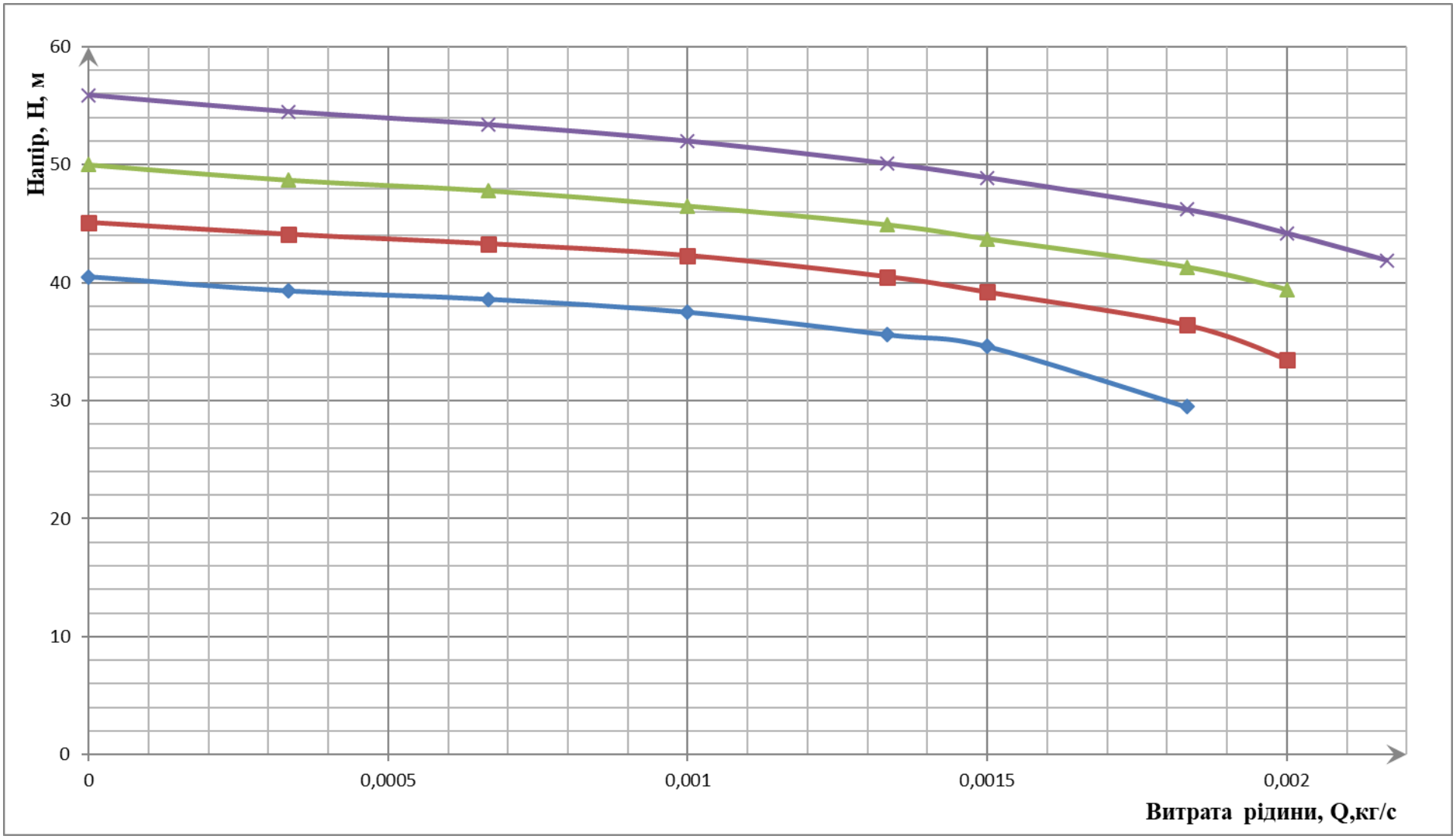


Рисунок 2.11 – Графіки залежності *H=f(Q)* для насосів центробіжних FORAS

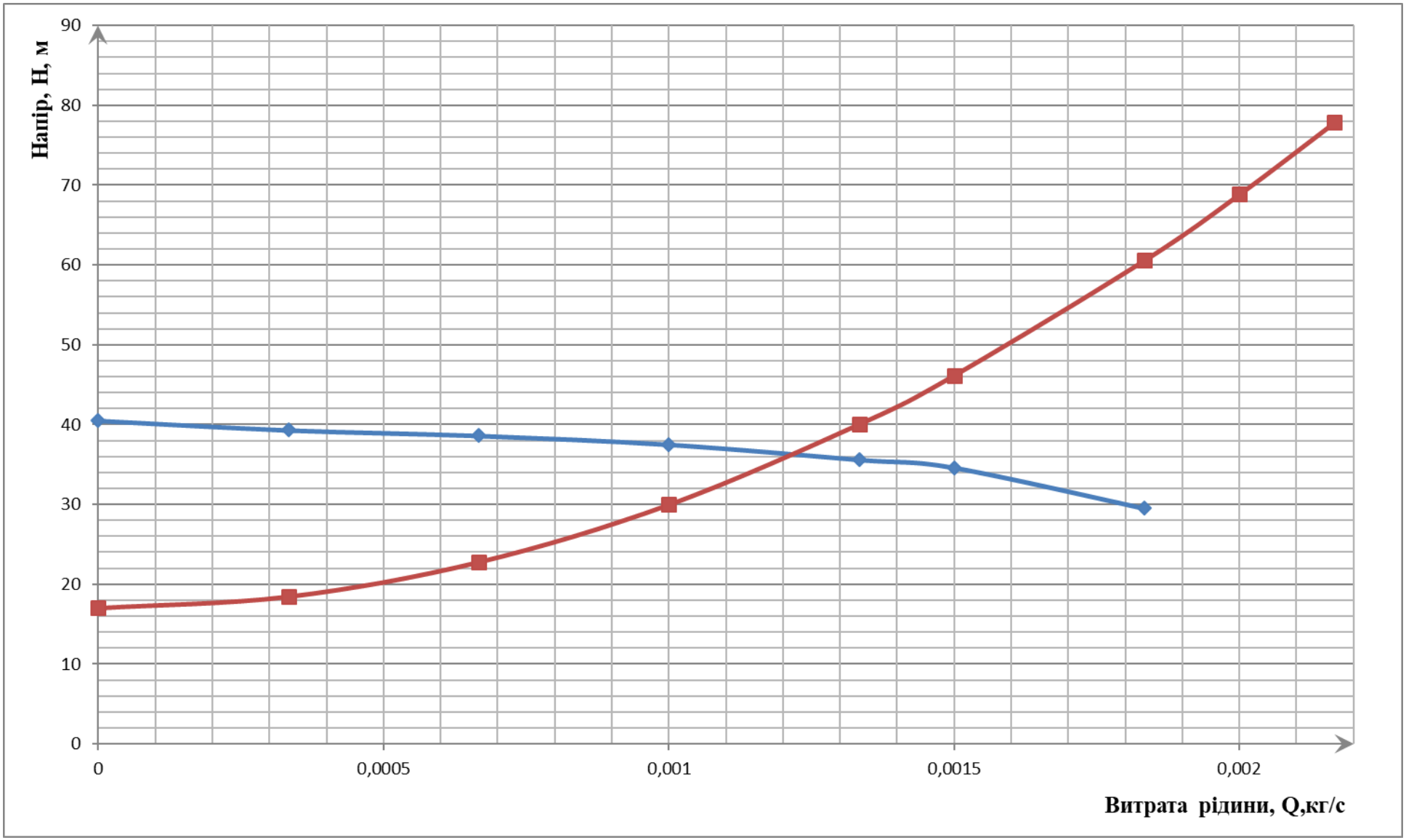


Рисунок 2.12 – Спільна робота насоса центробіжного FORAS KM160/164 та мережі

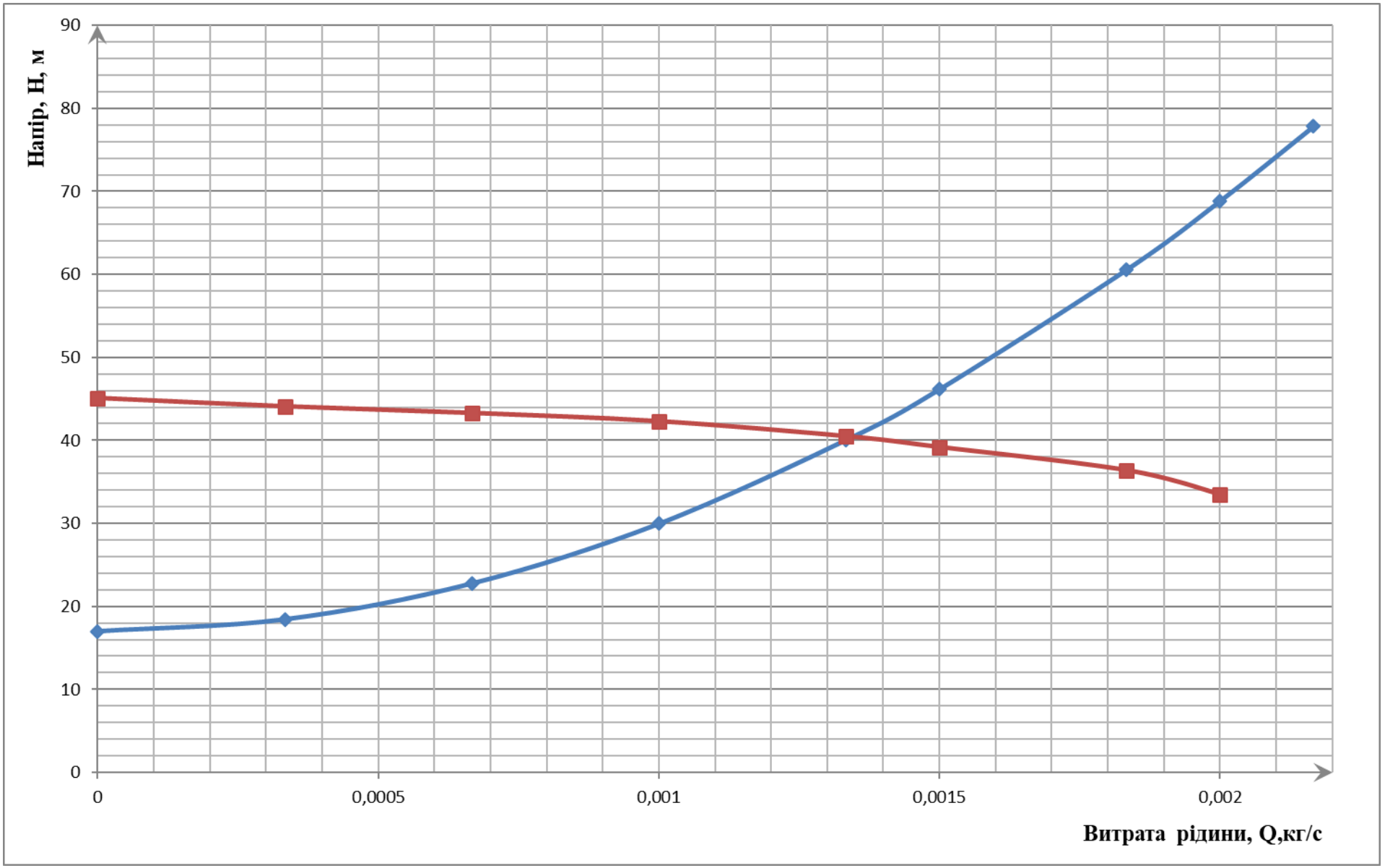


Рисунок 2.13 – Спільна робота насоса центробіжного FORAS KM210/214 та мережі

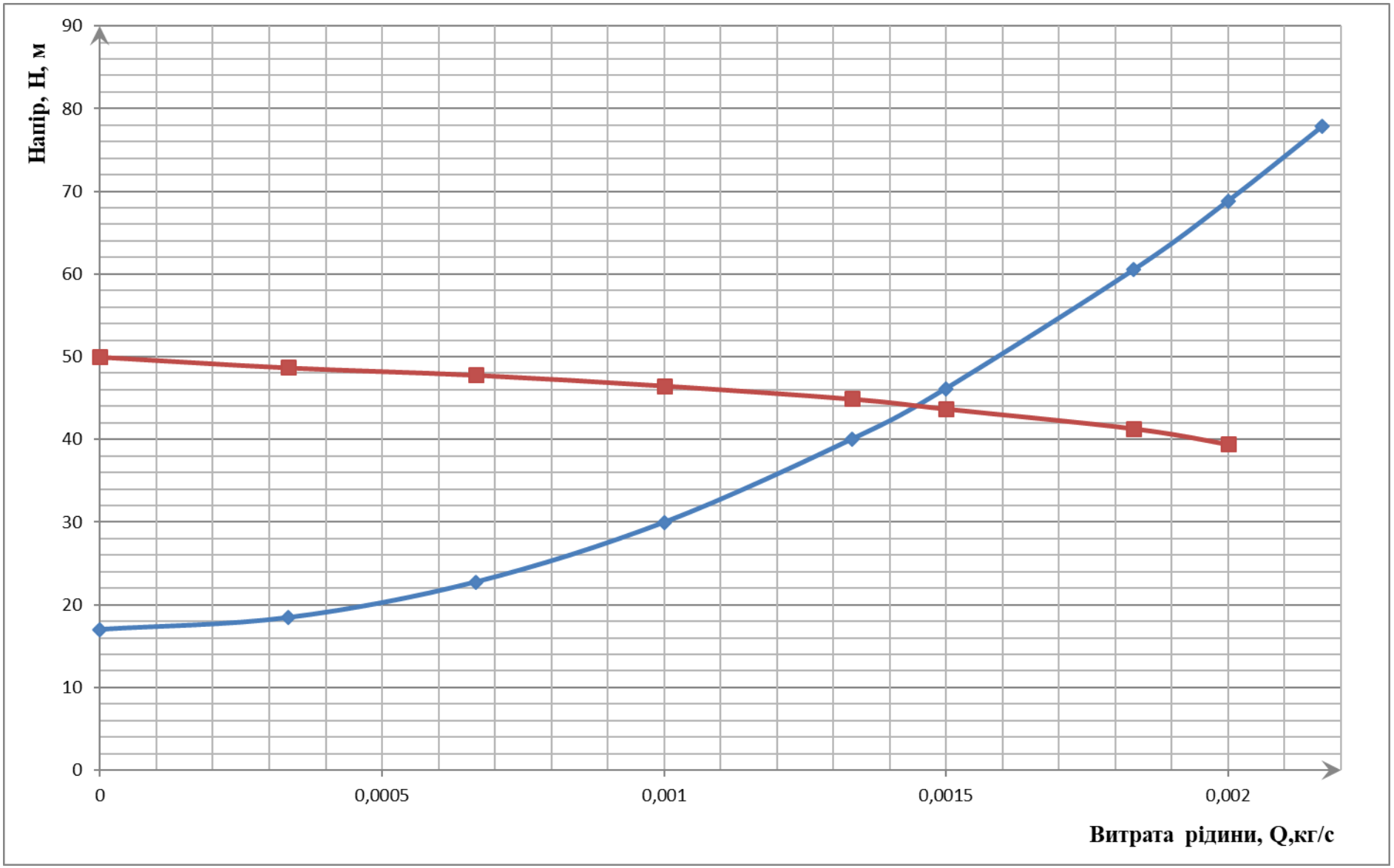


Рисунок 2.14 – Спільна робота насоса центробіжного FORAS KM210/214T та мережі

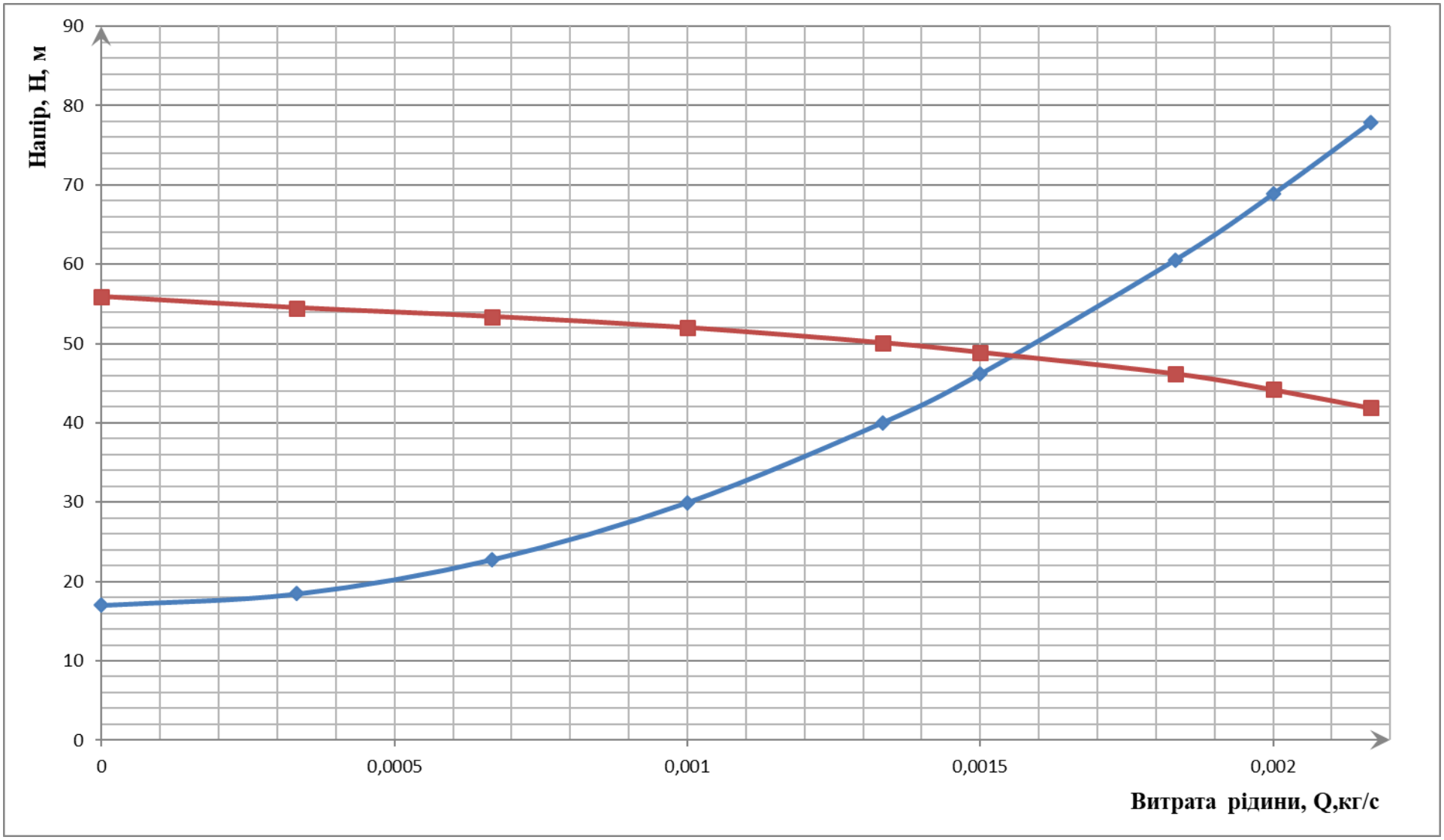


Рисунок 2.15 – Спільна робота насоса центробіжного FORAS KM310/314 та мережі

2.2 Розрахунок необхідної товщини теплової ізоляції для баків-акумуляторів гарячої води

2.2.1 Вимоги, які стосуються проектування систем опалення та внутрішнього теплопостачання

Відповідно до ДБН В.2.5-67:2013, при проектуванні та будівництві систем опалення, внутрішнього теплопостачання, вентиляції, повітряного опалення, кондиціонування та охолодження повітря необхідно враховувати певні вимоги для забезпечення безпечної експлуатації.

Системи слід проектувати, враховуючи вимоги безпеки, визначені в документах органів державного нагляду та відповідно до інструкцій виробників обладнання, арматури та матеріалів, за умови, що вони не суперечать нормам ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Температуру теплоносія для систем опалення, внутрішнього теплопостачання, повітронагрівачів, припливних установок, кондиціонерів, повітротеплових завіс та інших подібних систем слід встановлювати не нижче ніж на 20 °С менше температури самозаймання речовин, що знаходяться в приміщенні. Вона також не повинна перевищувати максимально допустиму температуру, зазначену в додатку А ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування», а також не повинна перевищувати значення, вказане в технічній документації на обладнання, арматуру та трубопроводи.

Температура поверхні відкритих частин опалювальних приладів, включаючи панелі та трубопроводи системи опалення, не повинна перевищувати максимально допустимі значення, зазначені в додатку А ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Інтенсивність теплового випромінювання під час променевого опалення і нагрівання газовими або електричними інфрачервоними випромінювачами, залежно від температури повітря у виробничих

приміщеннях, не повинна перевищувати встановлені норми, визначені в ГОСТ 12.1.005 «Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони». При тепловому опроміненні працівників температуру повітря на робочих місцях слід визначати відповідно до ДСН 3.3.6.042 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень».

Теплова ізоляція опалювального та вентиляційного обладнання, внутрішніх трубопроводів систем теплопостачання, воздуховодів, димовідводів і димоходів повинна бути передбачена з метою:

- запобігання опікам;

- забезпечення тепловтрат менше, ніж нормовані;

- уникнення конденсації вологи;

- запобігання замерзанню теплоносія в трубопроводах, які розташовані в неопалюваних приміщеннях або в приміщеннях з штучним охолодженням.

Конструкції з теплоізоляції треба передбачати згідно з СНіП 2.04.14 «Теплова ізоляція обладнання і трубопроводів». Товщину теплоізоляції трубопроводів слід приймати відповідно до додатка Б ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Гарячі поверхні опалювального і вентиляційного обладнання, труб, воздуховодів, димовідводів і димоходів, які знаходяться в приміщеннях, де існує ризик займання газів, парів, аерозолів або пилу, повинні бути ізольовані. Температура на поверхні конструкції теплоізоляційної повинна бути не менш ніж на 20 °С нижче температури їх самозаймання. Опалювальне та вентиляційне обладнання, труби та воздуховоди не слід розміщувати в таких приміщеннях, якщо немає технічної можливості

знизити температуру поверхні теплоізоляції до зазначеного рівня.

Не дозволяється прокладати або перетинати в одному каналі трубопроводи внутрішнього теплопостачання, опалення та охолодження з трубопроводами горючих рідин, пари та газів, температура спалаху яких становить 170 °С і менше, а також з корозійно-активними парами та газами.

У системах повітряного опалення температура повітря, що виходить з повітророзподільників, повинна бути не менше ніж на 20 °С нижче температури самозаймання газів, парів, аерозолів та пилу, які виділяються в приміщенні, а також не перевищувати 70 °С. Це має бути забезпечено при дотриманні заданих температури та швидкості руху повітря на вході струменя в робочу зону або зону обслуговування відповідно до вимог 5.1, 5.6 ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Температура повітря, що подається повітротепловими завісами, повинна становити не більше 50 °С біля зовнішніх дверей та не перевищувати 70 °С біля зовнішніх воріт і прорізів.

Опалювальне та вентиляційне обладнання труб та воздуховодів, що розташоване в приміщеннях з активним корозійним середовищем, а також системи, призначені для видалення повітря з таких середовищ, повинні виготовлятися з антикорозійних матеріалів або мати захисне покриття від корозії. Для антикорозійного захисту повітроводів дозволяється їх фарбування горючими матеріалами завтовшки не більше 0,2 мм, за винятком повітроводів, які мають нормований клас вогнестійкості.

Відстань між поверхнею трубопроводу, що містить теплоносій температурою понад 105 °С, і поверхнею конструкцій з горючих матеріалів повинна становити не менше 100 мм. Якщо ця відстань менша, необхідно забезпечити теплову ізоляцію конструкцій з негорючих матеріалів.

У системах внутрішнього теплопостачання і водяного опалення слід використовувати засоби безпеки для запобігання перевищенню

максимально допустимої температури та тиску, згідно з вимогами додатка В ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Для систем водяного опалення та внутрішнього теплопостачання необхідно вжити заходів, які запобігають закипанню води.

Системи трубопроводів для опалення та внутрішнього теплопостачання повинні витримувати випробування під тиском без руйнування та втрати герметичності, відповідно до вимог додатку Г ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування». Пробний тиск під час гідравлічного випробування трубопровідної системи не повинен перевищувати максимальний пробний тиск для використовуваних у системі опалювальних або охолоджувальних приладів, обладнання, арматури та трубопроводів. Гідравлічні випробування трубопроводів слід проводити за умов плюсової температури повітря в приміщенні.

Випробування систем вентиляції та кондиціонування повітря в громадських та адміністративно-побутових будівлях на етапі їх введення в експлуатацію повинні проводитися відповідно до ДСТУ EN 12599. Ці положення також можуть бути використані при випробуваннях систем вентиляції та кондиціонування повітря в житлових та виробничих будівлях, за умови, що технологія обробки повітря в цих системах є аналогічною технології зазначених вище систем.

2.2.2 Розрахунок необхідної товщини ізоляції

Визначаємо діаметр бака акумулятора, м:

$$d_{\text{вн}} = 2 \cdot r = 2 \cdot 4{,}285 = 8{,}57;$$

$$d_1 = d_{\text{вн}} + 2 \cdot \delta_{\text{из.}} = 8{,}57 + 2 \cdot 0{,}05 = 8{,}67\ ;$$

$$d_2 = d_1 + 2 \cdot \delta_{\text{г.из.}} = 8{,}67 + 2 \cdot 0{,}0001 = 8{,}6702\ ;$$

$$d_{\text{н}} = d_2 + 2 \cdot \delta_{\text{оц.л.}} = 8{,}6702 + 2 \cdot 0{,}007 = 8{,}6842\ ;$$

де $dвн$ – діаметр баку;

$d1$ – діаметр бака з урахуванням товщини ізоляції;

$d2$ – діаметр бака з урахуванням товщини ізоляції;

$dн$ – зовнішній діаметр бака;

$\delta из.$ – товщина ізоляції, м;

$\delta г.из.$ – товщина гідроізоляції, м;

$\delta оц.л.$ – товщина листа оцинкованого, м.

Обчислюємо різницю температур між теплоносієм і навколишнім середовищем, °С

$$\Delta t = t_{\text{вн}} - t_{\text{ср.н.}} = 60 - 9 = 51,$$

де $tвн$ – це температура теплоносія в середині бака акумулятора;

$tср.н.$ – це середня температура повітря зовнішнього за рік.

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі від поверхні вертикальної до навколишнього середовища, Вт / (м^2 · К)

$$\alpha_{\text{н}} = 5{,}8 + 11{,}6 \cdot \sqrt{\vartheta_{\text{ср.}}} = 5{,}8 + 11{,}6 \cdot \sqrt{2{,}28} = 23{,}3156,$$

де $\vartheta ср.$ – це швидкість повітря середня у м. Запоріжжя, м/с.

Тепловтрати з бічної поверхні бака за рік, МДж:

$$Q_{\text{тп}} = \frac{\pi \cdot l \cdot \Delta t}{R_{\text{вн}} + R_{\text{ст}} + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{\text{из.}}} \cdot ln\left(\frac{d_1}{d_{\text{вн}}}\right) + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{\text{г.из.}}} \cdot ln\left(\frac{d_2}{d_1}\right) + \frac{1}{2 \cdot \lambda_{\text{оц.л.}}} \cdot ln\left(\frac{d_{\text{н}}}{d_2}\right) + \frac{1}{d_{\text{н}} \cdot \alpha_{\text{н}}}} \cdot \tau;$$

$$q_{\text{тп}} = \frac{3{,}14 \cdot 7{,}45 \cdot 51}{0 + 0 + \frac{1}{2 \cdot 0{,}03} \cdot ln\left(\frac{8{,}67}{8{,}57}\right) + \frac{1}{2 \cdot 0{,}04} \cdot ln\left(\frac{8{,}6702}{8{,}67}\right) + \frac{1}{2 \cdot 61} \cdot ln\left(\frac{8{,}6842}{8{,}6702}\right) + \frac{1}{8{,}684 \cdot 23{,}3156}} == 6007{,}52 \text{ Вт};$$

$$Q_{\text{тп}} = q_{\text{тп}} \cdot \tau = \frac{(6007{,}52 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365)}{10^6} = 189453{,}15\ ;$$

де $R_{\text{вн}}$ – це внутрішній тепловий опір з боку стінки бака;

$Rст$ – це тепловий опір стінки баку;

$\lambda из.$ – це коефіцієнт теплопроводності ізоляції, Вт/(м·К);

$\lambda г.из.$ – це коефіцієнт теплопроводності гідроізоляції, Вт/(м·К);

$\lambda оц.л.$ – це коефіцієнт теплопроводності оцинкованого листа, Вт/(м·К);

$\alpha н$ – це коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні баку у навколишнє середовище, Вт/(м^2·К);

висота баку акумулятора, м.

Визначаємо вартість річних тепловтрат з бокової поверхні бака, грн/рік

$$Z_{\text{тп}} = \frac{Q_{\text{тп}}}{\eta} \cdot z_{\text{тп}} = \frac{189453{,}15}{0{,}8 \cdot 3{,}6} \cdot 0{,}79 = 51968{,}11\ ,$$

де коефіцієнт перетворення теплотворної здатності пального в теплову енергію;

$zтп$ – вартість газа, грн / кВт -год.

Вартість на придбання ізоляційних матеріалів та виконання монтажних робіт, грн. :

$$\Delta Z_{из} = Z_{из} + Z_{г.из} + Z_{оц.л.};$$

$$Z_{из} = z_{из} \cdot F_{вн} \cdot \delta_{из.} = 3500 \cdot (2 \cdot 3{,}14 \cdot 4{,}285 \cdot 7{,}45) \cdot 0{,}05 = 35083{,}65175;$$

$$Z_{г.из} = z_{г.из} \cdot F_1 \cdot \vartheta_{г.из} \cdot k_p = 182 \cdot (2 \cdot 3{,}14 \cdot (4{,}285 + 0{,}05) \cdot 7{,}45) \cdot 0{,}12 \cdot 1{,}5 = 6644{,}295;$$

$$Z_{оц.л.} = z_{оц.л.} \cdot F_2 \cdot 1{,}5 \cdot k_p = 40 \cdot (2 \cdot 3{,}14 \cdot (4{,}285 + 0{,}05 + 0{,}0001) \cdot 7{,}45) \cdot 1{,}5 \cdot 1{,}5 = 18253{,}98;$$

$$\Delta Z_{из} = 35083{,}65175 + 6644{,}295 + 18253{,}98 = 59981{,}926,$$

де $_{вн}$ – це площа первісна бокової поверхні баку, м^2;

– це площа поверхні бака із тепловою ізоляцією, м^2;

– це площа поверхні бака із тепловою ізоляцією та гідроізоляцією;

$\vartheta_{г.из}$ – це витрата гідроізоляції, кг/м^2;

$k_р$ – це коефіцієнт що враховує вартість робіт;

$z_{из}$ – це ціна теплоізоляції, грн/м^3;

$z_{г.из}$ – це ціна гідроізоляції, грн/кг;

$z_{оц.л.}$ – це ціна листа оцинкованого, грн/м^2;

коефіцієнт, що враховує монтаж оцинкованого листа внахльост.

Обчислюємо відношення вартості придбання ізоляції і проведення

ізоляційних робіт на ефективний термін служби ізоляції, грн

$$\frac{\Delta Z_{из}}{n} = \frac{59981{,}926}{30} = 1999{,}398\,,$$

де e це ефективний термін служби ізоляції, років.

Підсумовуємо витрати на річні теплові втрати з бічної поверхні бака, а також співвідношення вартості придбання ізоляції та виконання ізоляційних робіт до ефективного терміну служби цієї ізоляції, грн

$$Z_{сум} = Z_{тп} + \frac{\Delta Z_{из}}{n} = 51968{,}11 + 1999{,}398 = 53967{,}5.$$

Далі, за аналогічним принципом, обчислюємо всі зазначені параметри для інших товщин ізоляції, а потім заносимо результати розрахунків у таблицю. Після завершення всіх операцій потрібно побудувати графік залежності: *Zтп=fδиз., ΔZизп=fδиз., Zсум=fδиз., який представлений на рисунку 2.12.*

Згідно з графіком (рисунок 2.12), ми визначили ефективну товщину ізоляції для бічної поверхні, яка в даному випадку становить 0,33 м.

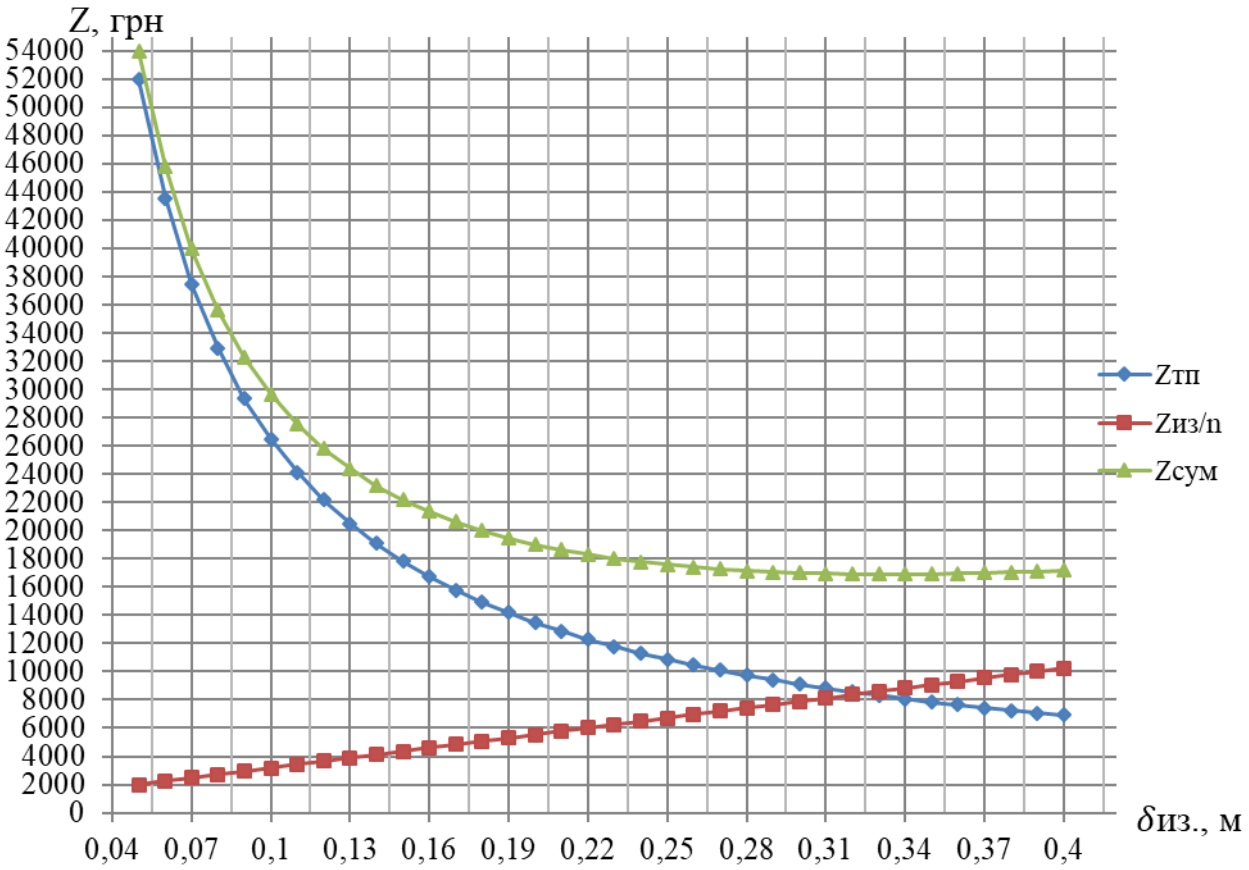


Рисунок 2.12 – Графік для визначення оптимальної товщини ізоляції поверхні бака акумулятора

Обчислюємо коефіцієнт тепловіддачі від горизонтальної поверхні у навколишнє середовище, Вт/(м^2·К)

$$\alpha_н = 8{,}6 + 2{,}6 \cdot \sqrt{\vartheta_{ср.}} = 8{,}6 + 2{,}6 \cdot \sqrt{2{,}28} = 12{,}5259,$$

де $\vartheta ср.$ – це середня швидкість повітря у м. Запоріжжя, м/с.

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі даху баку акумулятора, Вт/(м^2·К)

$$K_{\text{кр.}} = \frac{1}{R_{\text{вн}} + R_{\text{ст}} + \frac{\delta_{\text{из.}}}{\lambda_{\text{из.}}} + \frac{\delta_{\text{оц.л.}}}{\lambda_{\text{оц.л.}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}}} = \frac{1}{0 + 0 + \frac{0{,}05}{0{,}03} + \frac{0{,}007}{61} + \frac{1}{12{,}5259}} = 0{,}5725.$$

Площа поверхні даху, що враховує ізоляцію оцинкованого листа, м^2

$$F_{\text{кр.}} = \pi \cdot r \cdot l = \pi \cdot r \cdot \sqrt{r^2 + a^2} = 3{,}14 \cdot 4{,}285 \cdot \sqrt{4{,}285^2 + (0{,}45 + 0{,}05 + 0{,}007)^2} = 58{,}05641,$$

де радіус даху, м;

висота даху, м (див. рис. 2.13).

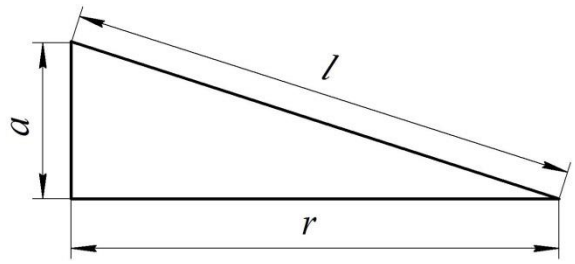


Рисунок 2.13– Схема даху бака акумулятора

Визначаємо тепловтрати з даху бака за один рік, МДж

$$Q_{\text{тп}}^{\text{кр.}} = \frac{K_{\text{кр.}} \cdot F_{\text{кр.}} \cdot \Delta t \cdot \tau}{10^6} = \frac{0{,}5725 \cdot 58{,}05641 \cdot 51 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 365}{10^6} = 53460{,}07.$$

Вартість річних тепловтрат від даху бака, грн/рік

$$Z_{\text{тп}}^{\text{кр.}} = \frac{Q_{\text{тп}}^{\text{кр.}}}{\eta} \cdot z_{\text{тп}} = \frac{53460{,}07}{0{,}8 \cdot 3{,}6} \cdot 0{,}79 = 14664{,}39.$$

Ціна покупки ізоляції та проведення ізоляційних робіт, грн.:

$$\Delta Z_{\text{из}}^{\text{кр.}} = Z_{\text{из}}^{\text{кр.}} + Z_{\text{оц.л.}}^{\text{кр.}};$$

$$Z_{\text{из}}^{\text{кр.}} = z_{\text{из}} \cdot \text{F}_{\text{вн}}^{\text{кр.}} \cdot \delta_{\text{из.}} = 3500 \cdot \left(3{,}14 \cdot 4{,}285 \cdot \sqrt{4{,}285^2 + 0{,}45^2}\right) \cdot 0{,}05 = 10144{,}98;$$

$$Z_{\text{оц.л.}}^{\text{кр.}} = z_{\text{оц.л.}} \cdot \text{F}_1^{\text{кр.}} \cdot 1{,}5 \cdot k_p = 40 \cdot \left(3{,}14 \cdot 4{,}285 \cdot \sqrt{4{,}285^2 + (0{,}45 + 0{,}05)^2}\right) \cdot 1{,}5 \cdot 1{,}5 = 5224{,}08;$$

$$\Delta Z_{\text{из}}^{\text{кр.}} = 10144{,}98 + 5224{,}08 = 15369{,}06;$$

де $внкр.$ - це первісна площа даху бака, м^2;

$кр.$ – це площа даху бака з урахуванням теплової ізоляції, м^2.

Обчислюємо співвідношення витрат на придбання ізоляційних матеріалів та виконання ізоляційних робіт до їх ефективного терміну служби, грн.

$$\frac{\Delta Z_{\text{из}}^{\text{кр.}}}{n} = \frac{15369{,}06}{30} = 512{,}3.$$

Підсумовуємо витрати на річні теплові втрати з даху резервуара та співвідношення вартості придбання ізоляції та виконання ізоляційних робіт до ефективного терміну служби ізоляції, грн.

$$Z_{\text{сум}}^{\text{кр.}} = Z_{\text{тп}}^{\text{кр.}} + \frac{\Delta Z_{\text{из}}^{\text{кр.}}}{n} = 14664{,}39 + 512{,}3 = 15176{,}69.$$

Таким же чином обчислюємо всі зазначені вище параметри для

інших товщин ізоляції, а потім заносимо результати розрахунків у таблицю. Після завершення всіх операцій потрібно побудувати графік залежності: $Z_{тпкр.}=f\delta_{из.}$, $\Delta Z_{изкр.п}=f\delta_{из.}$, $Z_{сумкр.}=f$

Згідно з графіком (рисунок 2.14), ми визначили ефективну товщину ізоляції для бічної поверхні, яка в даному випадку становить 0,34 м.

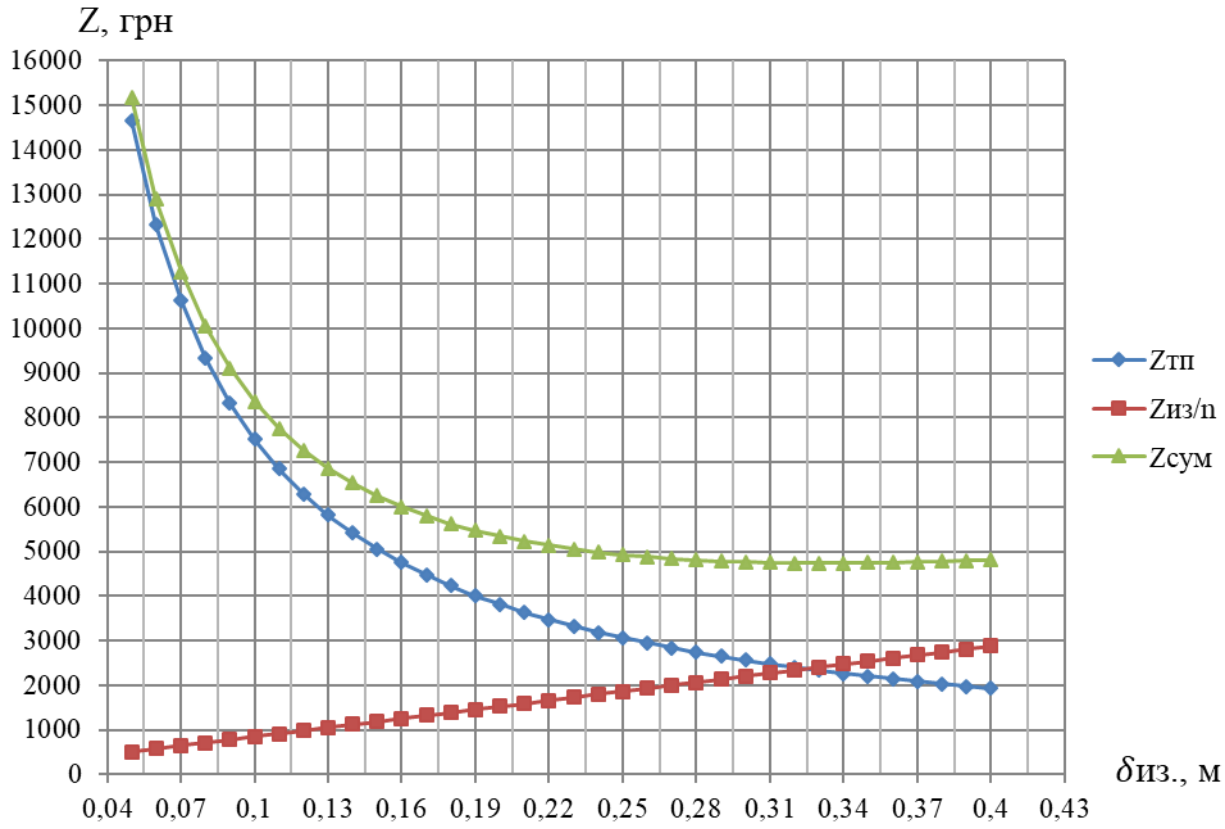


Рисунок 2.14 – Графік для визначення оптимальної товщини ізоляції даху бака акумулятора

ВИСНОВКИ

У процесі виконання цієї дипломної роботи було проведено розрахунок системи теплопостачання.

У першій частині були проведені розрахунки витрат тепла на опалення, вентиляцію та ГВП в житлових будинках. З використанням методу якісного регулювання за опалювальним навантаженням були визначені температури води в тепловій мережі та в місцевій системі опалення в залежності від температури навколишнього повітря при стабільній витраті теплоносія. Крім того, було визначено витрату теплоносія, яка розраховується окремо для опалення, вентиляції та ГВП. Наступним етапом було проведення гідравлічного розрахунку теплової мережі, що включає попередній та перевірочний розрахунки. Основною метою гідравлічного розрахунку є розрахунок діаметрів трубопроводів, втрат тиску в них, а також тиску в різних точках теплової мережі. Крім того, розрахунок дозволяє встановити наявний тиск (напір) у різних точках мережі та на абонентських вводах. Склали схематичну основу розводки теплових мереж на генеральному плані, таблицю розрахункових витрат води для кожної ділянки розгалуженої мережі, а також визначили відстані між відгалуженнями до споживачів.

У другому розділі наведено обґрунтування вибору насосів та оптимальної товщини ізоляції для баків гарячого водопостачання. Ефективна товщина ізоляції для бічної поверхні акумуляторного бака становить 0,33 м, а для даху — 0,34 м.

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Соловьев, Ю.П. Проектирование крупных центральных котельных для комплекса тепловых потребителей [Текст] / Ю.П.Соловьев. - М.: Энергия, 1976.-196 с.

2. Johnson, M. Advanced Power Cycles with Mixtures as the Working Fluid [Text] / M. Johnson. - Department of Chemical Engineering and Technology, Energy Processes Royal Institute of Technology Stockholm, Sweden, 2003. -84 p.

3. Шубин, Е.П Проектирование теплоподготовительных установок ТЭЦ и котельных [Текст] / Е.П. Шубин.– М.: Энергия, 1970. – 496 с.

4. Кривов, В.Г. Повышение эффективности дизельных энергоустановок путем утилизации отходящей теплоты [Текст] / В.Г.Кривов. – М.:Двигателестроение, 1979. – 54 с.

5. Кузнєцов, Н.В. Тепловий розрахунок котельних агрегатів: Нормативний метод [Текст] / Н.В. Кузнєцов. – М.: Енергія, 1973. – 296 с.

6. Безгрешнов, А. Н. Розрахунок парових котлів у прикладах і задачах. Уч. посібник для вузів [Текст] / А.Н. Безгрешнов, Ю.М. Липів, Б.М. Шлейфер. – М.: Вища школа, 1991. – 240 с.

7. Кузнецов, Н.В. Тепловой расчет котельных установок. Нормативный метод [Текст] / Н.В. Кузнецов. - М: Энергия, 1973. – 324 с.

8. Мочан, С.И. Аэродинамический расчет котельных установок [Текст] / С.И. Мочан. - Л: Энергия, 1977. – 255 с.

9. Липов, Ю.М. Компоновка и тепловой расчет парогенератора [Текст] / Ю.М. Липов. – М: Энергия, 1975. – 266 с.

10. Частухин, В.И. Тепловой расчет промышленных парогенераторов [Текст] / В.И. Частухин.– К: Вища школа, 1980. – 184 с.

11. Макаров, В.Н. Методика поверочного теплового расчета парогенератора [Текст] / В.Н. Макаров.– М: МЭИ, 1976. – 52 с.

12. Балдіна, О.М. Гідравлічний розрахунок котельних агрегатів: Нормативний метод [Текст] / О.М. Балдіна, В.А. Локшина, Д.Ф. Петерсон. – М.: Енергія, 1978. – 256 с.

13. Бобровський, Р.С. Котельні установки малої потужності [Текст] / Р.С. Бобровський. – М.: Машгіз, 1961. – 331 с.

14. Нечаєв, Р.К. Автоматика і автоматизація виробничих процесів [Текст] / Р.К. Нечаєв. – К.: Вища школа, 1985. – 279 с.

15. Староверов, К.В. Справочник проектировщика [Текст] / К.В. Староверов. - М.: Стройиздат, 1976. – 120 с.

16. Николаев, А.А. Справочник проектировщика. Проектирование топок и печей [Текст] / А.А. Николаев. - М.: Стройиздат, 1965. – 236 с.

17. Файерштейн, Л.М. Довідник з автоматизації котелень [Текст] / Л.М. Файерштейн, Л.С. Этинген, Р.Р. Гохбойн. – М.: Вища школа, 1985. – 296 с.

18. Бузников, Е.Ф. Виробничі та опалювальні котельні [Текст] / Е.Ф. Бузников, К.Ф. Роддатис. – М.: Вища школа, 1984. – 248 с.

19. Староверов, К.В. Справочник проектировщика [Текст] / К.В. Староверов. - М.: Стройиздат, 1976. – 120 с.

20. Николаев, А.А. Справочник проектировщика. Проектирование топок и печей [Текст] / А.А. Николаев. - М.: Стройиздат, 1965. – 236 с.

21. Plechec, L. Tepelny vypocet plynuteho vinuti transformatoru s prirozenym obehem obeje [Text] / L. Plechec // Electrotechnic obz. — 1972— №1— P.5-10.

22. Petras, V. Teplotne pole olejoveha transformatora so zvitkovym vinutim [Text] / V. Petras, L. Kriho, T. Fiedler // Transformatory.- 1984.- №2.- P. 7-13.

23. Guerra, F. Primeira abordagem a utilizacáo de modelos reduzidos para a determinacao experimental do campo termico de transformatores arrefecidos por conveceáo natural [Text] / Fraklin Guerra, Isaac Moreira // Electricidade.- 1987.- № 233.- P. 141-145.

24. Pivnek, M. Vyzkum tepelnych zavislosti na modelech vinuti transformatoru [Text] / M. Pivnek, K.Havlichek // Electrotechn. obz. — 1974. — №4. — pp. 175-181.

25. Die Darstellung das Wärmeüberganskoeffiyienten im transformator mit Kriteriellen Potenzfunktion [Text] / H. Lobenstein // Elektric. — 1979. — №4. — pp. 218-220.

26. Вукалович, М.П. Теплофизические свойства воды и водяного пара [Текст] / М.П. Вукалович. - М.: Машиностроение, 1967. - 160 с.

27. Дубковский, В.А. Рациональные процесы, циклы и схемы энергоустановок [Текст] / В.А. Дубковский.- Одесса: Наука и техника, 2003. - 224 с.

28. Ривкин, С.Л. Теплофизические свойства воды и водяного пара [Текст] / С.Л. Ривкин, А.А. Александров. – М.: Энергия, 1980. – 424 с.

29. Беляева, Г. Г. Оценка экономической целесообразительности использования тепловых насосов в коммунальной энергетике Украины / Г. Г. Беляева, А. А. Рутенко, О. В. Басок // Пром. Теплотехніка. - 2009. – Т. 31. - № 5. – С. 81 - 87.

30. Чепурний, М. М. Показники ефективності роботи енергетичних установок для сумісного виробництва теплової та електричної енергії [Електронний ресурс] / М. М. Чепурний, С. Й. Ткаченко, Н. В. Пішеніна // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. - № 1. – 2010. Режим доступу: http://www.nbuv.gov.ua/e-journals/VNTU/2010_1/2010-1.files/uk/10mmcaee_ua.pdf.

31. Бэр, Г. Д. Техническая термодинамика / Г. Д. Бэр. – М.: Мир, 1977. – 318 с.

32. Чепурний, М. М. Аналіз впливу температур на ефективність роботи теплонососних установок / Чепурний М. М., Ткаченко С. Й., Куть Т. П. // Вісник Вінницького політехнічного інституту. - 2001. - № 4. – С. 53 – 56.

33. Кименов, Г. А. Техническая термодинамика / Г. А. Кименов. – Техника: София, 1981. – 374 с.