

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ТеСЕТ  
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЇ ГІДРОАЕРОМЕХАНІКИ

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Зав. кафедри ПГМ  
проф., канд. техн. наук  
І.О.Ковальов

---

(підпис, дата)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА**

на тему «Підвищення енергоефективності централізованого забезпечення  
будівель приєднаних до котельні по вул. Р.Линтварьових, 66»

освітня програма “Гідравлічні машини, гідроприводи та  
гідропневмоавтоматика” зі спеціальності 131 “Прикладна механіка”

Виконавець роботи

Гайковий Богдан Едуардович

---

(підпис, дата)

Керівник

Сотник Микола Іванович

---

(підпис, дата)

Суми 2018

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка 130 с., 11 рис., 15 табл., 26 джерел.

Графічні матеріали: креслення робочого колеса – всього 1 аркуш формату А3

Тема роботи: «Підвищення енергоефективності централізованого забезпечення будівель приєднаних до котельні по вул. Р.Линтварьових, 66»

У роботі наведена характеристика мережі тепlopостачання від котельних міста Суми. Більш докладно проаналізовано процес теплозабезпечення групи житлових приміщень, під'єднаних до котельні, розташованої за адресою вул. Родини Линтварьових 66. За результатами аналізу встановлено, що насосне обладнання зазначеної котельні, виходячи з обсягів подачі рідини та величини напору, не є оптимальним.

Це призводить до нераціонального використання електричної енергії. Здійснено гідравлічний розрахунок мережі тепlopостачання від котельні до житлових будинків з метою визначення оптимальних значень обсягу подачі рідини та напорів. Виходячи з цього, розроблено альтернативні технічні рішення, для підвищення енергоефективності роботи насосного обладнання котельні. Одним із них є проектування проточної частини насоса для його модернізації, відповідно до результатів гідравлічного розрахунку.

Іншим передбачено заміна існуючого насосного агрегата на новий, відповідно до результатів гідравлічного розрахунку. Проведений техніко-економічний розрахунок, показав більшу перспективність модернізації існуючого насосного агрегату. Для котельні розглянуто питання дотримання вимог техніки безпеки та охорони праці.

Ключові слова: КОТЕЛЬНЯ, РОБОЧЕ КОЛЕСО, ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ, ТЕПЛОВІ РОЗРАХУНКИ, МОДЕРНІЗАЦІЯ РОБОЧОГО КОЛЕСА.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	16
1.1 Метрологічні методи визначення основних параметрів системи теплозабезпечення.....	16
1.2 Основні метрологічні характеристики засобів вимірювань .....	18
1.3 Статистичні методи дослідження.....	20
1.4 Методика побудови графіків та діаграм.....	26
РОЗДІЛ 2. СИСТЕМА ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПОЖИВАЧІВ МІСТА СУМИ, ЇЇ ОСОБЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ.....	28
2.1. Загальні відомості про систему тепlopостачання.....	28
2.1.1 Технічна характеристика тепlopостачальних підприємств.....	31
2.1.2 Система обліку енергоресурсів.....	32
2.1.3 Використання палива.....	34
2.1.4 Вироблення теплової енергії.....	38
2.1.5 Оцінка енергетичної ефективності існуючої системи тепlopостачання.....	43
2.1.6 Використання електроенергії.....	46
2.2 Характеристика котельні за адресою вул. Р.Линтварьових, 66.....	51
2.3 Характеристика котлів .....	55
2.4 Характеристика насосного обладнання.....	58
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ФАКТИЧНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО СТАНУ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.....	62
3.1 Складові системи теплозабезпечення.....	62
3.2 Джерела втрат теплової енергії.....	67
3.3 Тепловий розрахунок теплових мереж.....	72
3.4.Гідравлічний розрахунок теплових мереж.....	79

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА АЛЬТЕРНАТИВНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПОЖИВАЧІВ ТЕПЛОВОЮ ЕНЕРГІЄЮ .....	87
4.1. Модернізація існуючого насосного агрегату ЗКМ-9. ....	87
4.2. Розрахунок основних розмірів робочого колеса.....	91
4.3. Профілювання каналу робочого колеса у меридіональному перетині.....	100
4.4. Профілювання лопатей робочого колеса.....	101
4.5. Розрахунок спірального відводу колового перетину.....	103
4.6. Підведення рідини до робочого колеса насоса.....	105
4.7. Експлуатація та обслуговування відцентрового насоса.....	106
4.8. Підбір нового насосного агрегату відповідно до оптимальних показників подачі і напору.....	107
4.9. Економічний розрахунок запропонованих енергозберігаючих заходів.....	111
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ. АНАЛІЗ І ОПИС НЕБЕЗПЕЧНИХ ШКІДЛИВИХ ФАКТОРІВ НА КОТЕЛЬНІ.....	114
5.1. Характеристика досліджуваного об'єкта.....	114
5.2. Небезпечні фактори .....	115
5.3. Шкідливі фактори.....	116
5.4. Визначення стійкості і будівель і технологічного обладнання до впливу ударної хвилі, швидкісного напору повітря під час вибуху ємності з пропаном.....	118
5.5. Безпека в надзвичайних ситуаціях на досліджуваному об'єкті.....	121
ВИСНОВКИ.....	123
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	124
Додаток А.....	127
Додаток Б.....	128
Додаток В.....	129
Додаток Г.....	130

## ВСТУП

На сьогодні у системі теплозабезпечення країни накопичилось значна кількість серйозних проблем, починаючи від технічного стану теплогенераційних установок, розподільчих мереж, неефективного споживання теплової енергії, закінчуючи проблемами фінансового забезпечення, особливо гострими з яких є проблема інвестицій, тарифного регулювання та оплати за спожиту теплову енергію. Теплоелектроцентралі (ТЕЦ) країни обігривають понад 25 міст України [25].

Більшість ТЕЦ були введені в дію в період 1950-1980 років минулого століття. За цей час істотно змінилися не тільки технології виробництва, а й попит на теплову енергію в регіонах їх розміщення. Традиційно в Україні процент споживачів, які охоплені централізованим тепlopостачанням, є досить високим. Це пояснюється тим, що, на відміну від країн Західної Європи, значна частина українських побутових споживачів теплової енергії сконцентрована у компактних районах, у багатоквартирних будинках, значні обсяги теплової енергії споживаються промисловими підприємствами. Як відомо, ефективною для ТЕЦ є подача тепла на відстань не більше 10÷12 км.

Останнім часом роздрібні постачальники газу стимулюють встановлення побутовими споживачами індивідуальних опалювальних систем, відбираючи тим самим ринок у ТЕЦ. Одночасно проявляється тенденція, яка пов'язана зі скороченням споживання теплової енергії. Враховуючи, що частка ТЕЦ у покритті теплових навантажень в Україні є відносно невисокою (становить приблизно 25 %), така ситуація не сприяє фінансовій стабілізації ТЕЦ. Для порівняння, у Фінляндії, Данії та Німеччині, когенерація забезпечує вироблення 75-80 % теплової енергії для централізованого тепlopостачання, а котельні, що виробляють лише тепло, використовуються для пікового навантаження.

За винятком відносно нових ТЕЦ Києва та Харкова, на більшості українських ТЕЦ основне устаткування фізично і морально застаріло, потрібні його глибока модернізація або повна заміна. Теплові електростанції

(ТЕС), які разом з виробітком електроенергії постачають частину теплової енергії, також потребують модернізації. На сьогодні 92,1 % енергоблоків ТЕС відпрацювали свій розрахунковий ресурс (100 тис. годин), а 63,8 % енергоблоків перетнули визнану у світовій енергетичній практиці межу граничного ресурсу та фізичного зносу відповідно 170 тис. та 200 тис. годин і потребують модернізації чи заміни. На теплових електростанціях майже всі енергоблоки перевищили подвійний розрахунковий термін.

Не краща ситуація і з технічним станом котелень. У сфері підприємств комунальної теплоенергетики близько 60 % котелень вже відпрацювали свій нормативний термін, а на 38 % котелень експлуатуються малоефективні та застарілі котли з низьким коефіцієнтом корисної дії (ККД), що обумовлює значні втрати палива [18]. Майже 40 % теплових пунктів перебувають у аварійному стані, що призводить до постійних перебоїв у гарячому водопостачанні та перевитрат паливно-енергетичних ресурсів.

Теплові мережі в своїй більшості також мають значний ступінь зношення та не обладнані сучасними видами теплогідроізоляції, 15,8 % від загальної протяжності мереж є аварійними.

Експлуатація морально застарілого та фізично зношеного обладнання призводить до перевитрат палива (які на 20 % вищі від середнього світового рівня) та до значного забруднення навколишнього середовища.

Найбільші втрати природного газу, що використовується на виробництво теплової енергії в комунальній теплоенергетиці, припадають на споживання (до 30 %). Кожен третій житловий будинок потребує капітального ремонту. В аварійному стані перебуває більше третини водопровідно-каналізаційних та теплових мереж, близько 30 % теплових пунктів. Існує гостра необхідність у модернізації системи опалення і гарячого водопостачання на всіх рівнях — від теплогенеруючих пристроїв до кожної квартири. Житловий фонд будинків перших масових серій (60-70-х років забудови) становить близько 72 млн. кв. м і потребує заміни або реконструкції. Фактично кожний четвертий міський житель проживає у

житлових приміщеннях, які мають незадовільний технічний стан, низькі експлуатаційні якості та вичерпали свій експлуатаційний ресурс.

Суттєвою проблемою є забезпечення засобами обліку кількісних і якісних характеристик теплової енергії безпосередньо у її споживача, а також на виході з генерації, виході з теплової мережі. На сьогодні у комунальній сфері залишаються незадовільними темпи оснащення житлового фонду приладами обліку споживання теплової енергії (ними оснащено 35 % будинків).

Ще гіршою є ситуація з оснащенням опалюваних систем приладами регулювання, які б допомогли оптимізувати споживання теплової енергії в залежності від конкретної теплової ситуації безпосередньо у споживача [5]. Питання обліку комунальних ресурсів в цілому та теплової енергії зокрема в чинному законодавстві України врегульовані нечітко, містять цілий ряд неузгодженостей та протиріч. Відсутній системний підхід у правовому регулюванні відносин у зазначеній сфері. Джерела фінансування заходів з придбання та встановлення приладів обліку та регулювання теплової енергії у законодавстві чітко не визначені. Прилади обліку можуть перебувати у різних формах власності та, відповідно, встановлюватися за кошти як держави, так і різних приватних джерел, що не дозволяє чітко визначити відповідальність в процесі установки та подальшої експлуатації приладів.

З огляду на технічний стан основних фондів галузі та стан систем споживання теплової енергії першочерговим завданням є пошук фінансових ресурсів на модернізацію. Своїх коштів галузь не накопичила, у державному бюджеті коштів також замало, тому основним джерелом фінансування модернізації галузі можуть стати приватні інвестиції та запозичення.

Тарифи для населення на послуги тепlopостачання (відповідно до галузевої статистичної звітності) покривають на сьогодні у середньому тільки 62,9 % собівартості тепlopостачання.

Сфера споживання також повинна переходити до повної та своєчасної оплати спожитої теплової енергії, суттєво зменшити її втрати. За даними ДК

«Газ України» середній рівень розрахунків споживачів за послуги теплопостачання станом на 01.04.2017 становив 73,3 %, у тому числі населення розраховалося на 72,2 %, установи та організації, що фінансуються з державного бюджету - на 61,0 %, установи та організації, що фінансуються з місцевого бюджету - на 75,9 %, комерційні споживачі - на 81,6 %.

Покращенню фінансового стану підприємств теплоенергетики повинно сприяти реформування житлово-комунального господарства (ЖКГ), зокрема, вирішення проблеми пошуку ефективного власника житлових будинків, подальший розвиток інституту об'єднань співвласників багатоквартирних будинків (ОСББ), підвищення рівня культури ощадливого використання енергоресурсів серед населення. На сьогодні реформи у ЖКГ здійснюються повільно, що не дає можливості потрібними темпами утеплювати будівлі, оснащати їх лічильниками і здійснювати інші заходи щодо зменшення втрат тепла. Станом на 01.07.2017 в Україні налічується 509 приватних підприємств з утримання житлових будинків і прибудинкових територій та 10993 об'єднання співвласників багатоквартирних будинків, які самостійно утримують відповідні будинки, що становить 14,2 % від кількості будинків (77401 будинків п'ятиповерхових і вище), де може бути створено ОСББ. Працює 66 підприємств служби єдиного замовника.

Недостатньо задіяні наукові вітчизняні організації та підприємства до виробництва устаткування і обладнання для модернізації об'єктів теплоенергетики, хоча можливості для цього є досить широкими. Деякі з можливостей все ж таки використовуються. Як приклад, можна навести:

- освоєння виробництва високоефективних котлів та обладнання нового покоління на заводах оборонної промисловості;
- розробку типових проектів повністю автоматизованих та диспетчеризованих котелень з високоефективними котлами, утилізаторами тепла, малогабаритною установкою для приготування води;
- розробку модульних штампованих конденсаційних котлів;



- теплових насосних установок, модульних котелень, що встановлюються на дахах будинків;

- виробництва емальованих труб на підприємствах комунальної теплоенергетики;

- виробництва приладів обліку та регулювання тепла.

Багато проблем теплопостачання пов'язано із відсутністю чіткої системи державного регулювання цієї галузі, яка на ринку комунальних послуг є природною монополією. Розмежування функцій центральних та місцевих органів влади, органів місцевого самоврядування чітко не встановлено, що не дає можливості оперативно реагувати на зміну ціни на зовнішніх ринках. Управління і встановлення тарифів на теплопостачання знаходиться в одних руках, що призводить до непрозорості системи формування витрат на виробництво і постачання теплової енергії. Недосконалість цінової та тарифної політики, яка заснована на стримуванні тарифів на послуги теплопостачання і встановлення їх на засадах політичної та соціальної доцільності, призводить до неможливості забезпечення рентабельної роботи підприємств галузі, створення фінансової основи для їх модернізації.

Перспективи розвитку системи теплопостачання не мають чіткої окресленості, оскільки стратегічне планування у сфері теплопостачання не забезпечує цілісності та комплексності, здійснюється без урахування результатів територіального та енергетичного планування.

Досі не розробляється єдиний енергетичний баланс країни, не ведеться розробка теплових балансів, у результаті чого ускладнюється прогнозування теплових навантажень у системах теплопостачання [20]. Схеми теплопостачання населених пунктів, розробка яких передбачена Законом України «Про теплопостачання», розробляються без урахування або при відсутності схем територіального розвитку та генеральних планів міст, що знаходяться на даній території. Це не дозволяє забезпечити оптимальний

розвиток системи у майбутньому на основі поєднання систем централізованого, децентралізованого та автономного теплопостачання.

Таким чином, не зважаючи на низку прийнятих законодавчо-нормативних актів, урядових програм і планів (у тому числі Закону України «Про теплопостачання», Закону України «Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу», Закону України «Про житлово-комунальні послуги», Державної цільової економічної програми модернізації комунальної теплоенергетики на 2015-2020 роки), ситуація у теплоенергетичній галузі і сфері споживання теплової енергії залишається критичною. Технічний стан об'єктів генерації, транспортування і споживання теплової енергії є таким, що потребує заміни та модернізації більшої частини основних фондів, підвищення ефективності, зменшення втрат тепла та зменшення шкідливого впливу на довкілля. Низький рівень забезпечення приладами обліку та регулювання теплової енергії, незадовільна система державного регулювання, недосконалість тарифної політики не стимулюють до ефективного використання теплової енергії.

Зміна ситуації можлива за умови залучення до галузі значних фінансових ресурсів, в першу чергу, приватних і застосування сучасних технологій. Особливо важливу роль повинна зіграти розробка та впровадження стратегічних науково обґрунтованих планів реконструкції систем теплозабезпечення з метою підвищення їх економічної і енергетичної ефективності та зменшення шкідливого впливу на довкілля. До цих планів повинні бути включені питання розробки оптимальних для кожної території теплових балансів, заходи щодо зменшення споживання імпортованих енергоресурсів, збільшення частки використання нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії.

В роботі вирішується проблема підвищення енергетичної ефективності функціонування систем енергозабезпечення будівель з використанням різних систем їх теплозабезпечення з оцінюванням економічної доцільності їх

експлуатації за різних кліматичних умов та інших техніко-економічних факторів.

**Постановка проблеми.** Економічне зростання України значно залежить від рівня забезпечення енергоносіями, потенціалом енергоефективності та рівнем їх використання у промисловості. Низька ефективність діяльності паливно-енергетичного комплексу (ПЕК) призвела до того, що в Україні енергомісткість постійно зростає, що у 2-3 рази перевищує цей показник у зарубіжних країнах. Сьогодні у ПЕК зношеність виробничих фондів становить понад 60 %, а відношення річних інвестицій у розвиток енергетики становить близько 1 % (при нормі 4-5 %), що не дозволяє компенсувати навіть зменшення виробничих потужностей. Для вирішення цієї проблеми в країні доцільно проводити активні енергозберігаючі заходи, дотримуватись головних вимог енерго- та ресурсозбереження, залучаючи різноманітні механізми, способи та засоби реалізації енергетичної політики України. Ключовою умовою успішної реалізації таких заходів із енергозбереження є достатність фінансування ПЕК країни. За результатами пілотного «Рейтингу енергоефективності регіонів» Україна має щорічний потенціал енергоефективності національної економіки на рівні 11,8 млрд. євро, а загалом у країні він складає близько 52 % від країн ЄС. Дослідження сучасного стану витрат і збереження всіх видів енергії у промисловості свідчить про те, що питання розробки обґрунтованої системи заходів щодо формування та оцінювання потенціалу енергозбереження є вкрай актуальним.

**Актуальність теми.** Системи централізованого теплопостачання є основним джерелом теплової енергії для індивідуально-побутового сектору, промислових підприємств та соціально-бюджетної сфери міст. На сьогодні існує необхідність вирішення проблеми енергозбереження у комунальній теплоенергетиці. Дефіцит паливно-енергетичних ресурсів та зростання їх вартості спричиняють підвищення тарифів па теплову енергію. Єдиним шляхом скорочення оплати за спожиту теплову енергію є зменшення обсягів

її споживання. При цьому необхідно зберігати комфортні умови в опалюваних приміщеннях для споживачів.

Існує два основних напрями реалізації задач енергозбереження в системах централізованого тепlopостачання. Перший напрям полягає у підвищенні енергоефективності будівель шляхом утеплювання стін, заміни вікон тощо. Другий напрямок пов'язаний із розробленням та використанням систем управління теплозабезпеченням. Впровадження заходів із підвищення енергоефективності будівель не призводить до економії споживання теплової енергії, якщо їх не поєднувати з управлінням теплозабезпеченням на стороні споживача. Стосовно об'єктів соціально-бюджетної сфери значний потенціал енергозбереження міститься у своєчасному управлінні теплозабезпеченням з урахуванням графіка роботи закладу та зміни погодних умов.

Згідно з нормативно-технічними вимогами України будинки високої енергетичної ефективності повинні щорічно споживати до 65...75 кВт годин на 1 кв. м. площі, для Німеччини аналогічний показник становить 40 кВт годин на 1 кв. м., а для будівель так званого «пасивного типу» - не більше 15 кВт годин на 1 кв. м. Для кліматичних умов України рівень теплоспоживання будинку пасивного типу законодавчо не визначений. Тому проблема суттєвого підвищення енергоефективності будівель шляхом теплосбереження за рахунок використання інноваційних будівельних конструкцій та застосування сучасних інженерних систем теплозабезпечення (включаючи використання поновлюваних та альтернативних джерел енергії) є вкрай актуальною.

Магістерська робота виконана у відповідності до тематики робіт кафедри прикладної гідроаеромеханіки щодо підвищення енергоефективності технологічних процесів, що застосовуються у житлово-комунальному господарстві країни, галузях промисловості та електроенергетики.

Дослідження магістерської роботи спрямовані на вдосконалення технологій енергозабезпечення будівель з одночасним зменшенням нерационального споживання енергоносіїв та енергії і наразі є актуальними.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами**

Магістерська робота виконана у відповідності до тематики робіт кафедри прикладної гідроаеромеханіки щодо підвищення енергоефективності технологічних процесів, що застосовуються у житлово-комунальному господарстві країни, галузях промисловості та електроенергетики, які виконуються на замовлення Замовників.

**Метою роботи** є дослідження особливостей підвищення енергоефективності функціонування системи централізованого теплозабезпечення будівель на прикладі теплового комплексу теплових мереж приєднаних до котельні за адресою м. Суми вул. Р.Линтварьових, 66, та житлових будинків, приєднаних до котельні, що користуються тепловою енергією на потреби опалення.

Відповідно до мети роботи необхідно вирішити наступні **задачі**:

1. Проведення дослідження та аналізу енергетичного стану складових системи теплозабезпечення споживачів від котельні розташованої за адресою вул. Р.Линтварьових,66.
2. Проведення аналізу режимів експлуатації системи теплозабезпечення.
3. Визначення питомих величин фактичного енергоспоживання системою теплозабезпечення.
4. Порівняння показників фактичного енергоспоживання з нормованими.
5. Аналіз мережі теплопостачання та проведення її гідравлічного розрахунку.
6. Розробка альтернативних варіантів підвищення енергетичної ефективності функціонування елементів технологічного циклу котельні.

7. Розробка проекту, відцентрового консольного насосу згідно даних гідравлічного розрахунку мережі теплопостачання.

8. Підбір нового насосного агрегату, за даними гідравлічного розрахунку мережі теплопостачання.

9. Проведення економічних розрахунків за альтернативними варіантами підвищення енергетичної ефективності функціонування.

10. Розроблення питання дотримання вимог техніки безпеки та охорони праці, при експлуатації котельні.

**Об'єктом дослідження** є система централізованого теплозабезпечення будівель під'єднаних до котельні за адресою вул. Р.Линтварьових,66.

**Предметом дослідження** є гідравлічні та енергетичні процеси, які відбуваються у складових системи централізованого теплозабезпечення будівель.

**Методи дослідження.** Аналіз процесів здійснюється на базі методів інструментального дослідження, статистичних методах обробки даних, методах математичного моделювання.

**Новизна (наукова) отриманих результатів** полягає в наступному:

- отримані нові статистичні дані щодо енергоспоживання, елементами системи теплозабезпечення будівель, у залежності від умов їх експлуатації та змінних кліматичних параметрів навколишнього середовища;

- проведено математичне моделювання умов функціонування системи теплових мереж;

- запропоновано уточнену методику розрахунку теплового стану мереж;

- запропоновано та обраховано декілька альтернативних варіантів режимів функціонування мереж теплопостачання.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в наступному:

- запропоновано уточнену методику оцінювання технічного стану мереж тепlopостачання;

- запропоновано уточнену структуру показників оцінювання доцільності застосування альтернативних варіантів насосного обладнання.

**Особистий внесок магістранта.** Автором зібрано вихідні дані щодо функціонування систем теплозабезпечення котельні. Проведено діагностування існуючого стану мережі, шляхом теплових та гідравлічних розрахунків. Проаналізовано режими енергоспоживання, визначено питомі величини показників енергоспоживання. Розроблено математичні моделі функціонування систем енергоспоживання будівель. Здійснений підбір параметрів насосного обладнання для різних варіантів гідравлічного і теплового стану мережі. Розроблено енергозберігаючі заходи щодо раціоналізації енергоспоживання у відповідності до режимів функціонування будівель та змінних кліматичних умов.

Виконано необхідні економічні розрахунки. Представлені технічні пропозиції по заміні та модернізації насосного обладнання. Зроблено висновки за результатами проведеної роботи.

## **РОЗДІЛ 1. МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ**

Аналіз енергетичного стану системи генерації та транспортування теплової енергії до споживачів, факторів, що на нього впливають, аналіз стану енергетичних процесів, який проведено у процесі виконання роботи ґрунтується на базі методів інструментального дослідження, статистичних методів обробки даних, методів числового математичного моделювання енергетичних процесів.

### **1.1 Метрологічні методи визначення основних параметрів системи теплозабезпечення**

Однією зі складових комплексного підходу до раціонального використання тепла в системах централізованого тепlopостачання є організація обліку споживання тепла за допомогою теплотічильників. Це дає змогу розробити техніко-організаційні заходи, спрямовані на зменшення втрат та запобігання нераціональному використанню тепла, встановлювати об'єктивні норми обліку споживання тепла. Досвід зарубіжних країн показує, що комплексний підхід до енергозаощадження дає змогу економити до 25 % споживаних енергоносіїв. Враховуючи те, що ціни на імпортований природний газ постійно зростають, актуальним є вирішення завдання зменшення його використання житлово-комунальними господарствами (ЖКГ) для обігріву помешкань. В Україні житловий фонд використовує принцип колективного тепlopостачання, понад половини матеріально-технічної бази як ЖКГ, так і житлового фонду є фізично зношеною і морально застарілою. В цих умовах важливою проблемою тепlopостачання є об'єктивний облік кількості спожитої теплової енергії із урахуванням якості наданих послуг. Постановка задачі досліджень. Одним з шляхів забезпечення якості приладів обліку тепла є розроблення нормативних документів, в яких регламентуються основні вимоги до систем індивідуального обліку тепла. Цим завданням відповідає стандарт ДСТУ EN 1434 “Теплотічильники”, гармонізований з європейськими нормами. Стандарт регламентує формули



для розрахунку кількості тепла та дійсного значення теплового коефіцієнта, що є функцією властивостей теплоносія, що вкрай необхідно для розробників теплолічильників. Теплолічильники поділяються на три класи точності, залежно від нормованих границь допустимої похибки, причому її значення не перевищує декількох відсотків. Такі порівняно великі значення похибок колективних лічильників дають змогу визначити індивідуально спожиту кількість тепла з похибками, значення яких може сягати навіть декількох десятків відсотків. Особливою, дуже важливою проблемою побудови систем обліку тепла є розроблення та впровадження засобів індивідуального обліку теплової енергії без врізування в наявну теплову мережу, що слугуватиме об'єктивним чинником її всебічної економії. Останнім часом була запропонована система та методика визначення індивідуально спожитого тепла, яка ґрунтується на визначенні різниць температур між входами нагрівальних пристроїв сусідніх приміщень, розташованих як в горизонтальних, так і у вертикальних площинах будівлі. Ця структура будинкової системи для визначення розподілу спожитої енергії на опалення індивідуальних споживачів не вимагає врізування в наявну теплову мережу. Але її впровадження в практику стримується невирішеністю проблеми метрологічного забезпечення на місці експлуатації складної багатоканальної вимірювальної системи обліку спожитої теплової енергії. Окрім того, відсутні нормативні документи, які б регламентували питання обліку спожитого тепла індивідуальними споживачами – приватними особами, підприємствами тощо. Оскільки споживану окремим споживачем кількість теплової енергії в багатоквартирній будівлі практично неможливо теплоізулювати через теплопередавання огорожувальними будівельними конструкціями, то пропонується використати інтегральний принцип побудови, що ґрунтується на вимірюванні різниці температур між поверхами вздовж теплорозподільних стояків. Метрологічні особливості побудови систем індивідуального обліку тепла. Узагальненим параметром, пропорційним до спожитого тепла в кожному опалюваному приміщенні, в

такій системі буде його температура, причому значення вимірюного індивідуального спожитого тепла в ньому через уточнювальщш коефіцієнт приводиться до вимірюної колективним лічильником кількості тепла. Така система обліку може забезпечити високу точність і стати комерційною. Завдяки малим масогабаритним показникам та невеликій вартості, що дасть змогу у результаті й істотно зменшити собівартість системи обліку теплової енергії, перевагу у використанні як температурних сенсорів треба віддати кремнієвим термоперетворювачам на основі р-п-переходу, діапазон вимірювання є задовільним ( $-60 \dots +150$ )°C і похибка не перевищує декількох десятих Кельвіна. Також теоретично показано ефективність методу цифрового опрацювання миттєвих значень різниць температур між поверхами з отриманням проміжних результатів вимірювань теплової енергії у вигляді кодів з подальшим їх опрацюванням мікро-ЕОМ. Для усунення розкиду параметрів таких сенсорів від зразка до зразка запропонований метод уніфікації їх характеристик з модуляцією вимірювального струму.

Теоретичні та лабораторні дослідження показали, що в цьому режимі температурна залежність сенсорів з р-п-переходом є лінійною у порівняно широкому діапазоні перетворюваних температур від 100 до приблизно 500 К з похибкою, не більшою за  $+0,1$  К. Забезпечуються також інваріантність до впливу опорів бази та емітера вимірювального діода, а також опорів двопровідної з'єднувальної лінії зв'язку. Запропоновано також пристрій для вимірювання температури, який легко може бути реалізований в інтегральному виконанні, у вигляді окремої мікросхеми, або як вимірювальний канал температури у багатофункціональних пристроях.

## **1.2 Основні метрологічні характеристики засобів вимірювань**

ГОСТ 8.009-84 встановлює номенклатуру нормованих характеристик засобів вимірювань, які незалежно від виду вимірюваних величин і принципів дії засобів вимірювань необхідні для обґрунтованої оцінки

похибки вимірювання, що проводяться в конкретних умовах як в статичному, так і динамічному режимах, а також способи нормування і форми їх подання.

Метрологічна характеристика засобів вимірювань – характеристика однієї з властивостей вимірювань, що впливають на результат вимірювань або його похибка.

Нормовані метрологічні характеристики – це метрологічні характеристики, встановлені нормативно-технічними документами.

Дійсні метрологічні характеристики – це характеристики засобів вимірювань, отримані експериментально.

Стандарт передбачає таку номенклатуру метрологічних характеристик: характеристики, призначені для визначення результату вимірювань; характеристики похибок засобів вимірювань (сумарна похибка; систематична і випадкова складова похибки; похибки внаслідок гістерезису); характеристики чутливості засобів вимірювань до впливаючих величин (функція впливу; характеристики зміни метрологічної характеристики під впливом впливають величин); динамічні характеристики – характеристики динамічних засобів вимірювань, які відображають залежність вихідного сигналу від мінливого у часі вхідного сигналу (перехідну, імпульсну, амплітудно-частотна і фазова характеристики; приватні характеристики – час встановлення показання приладу, час реакції і т. д.); характеристики властивостей засобів вимірювань, що впливають на похибку через взаємодії засобів вимірювань.

У стандарті для кожної характеристики встановлені способи нормування і форми подання, наведено рекомендації щодо вибору комплексів метрологічних характеристик.

Основними метрологічними характеристиками є діапазон вимірювань (або показань) та різні складові похибки засобу вимірювань.

Для кожного типу засобів вимірювань встановлюють свої метрологічні характеристики.

Діапазон показань – це область значень шкали, обмежена кінцевим і початковим значенням, тобто найменшим і найбільшим значеннями вимірюваної величини.

Шкала – це частина пристрою, що представляє собою сукупність відміток і проставлених біля деяких із них чисел відліку або інших символів, відповідних ряду послідовних значень величини.

Відмітка шкали – це знак (штрих, крапка тощо) на шкалі, відповідний деякому окремому значенню вимірюваної величини.

Проміжок між двома сусідніми відмітками шкали називається діленням шкали.

Ціна поділки шкали – це різниця значень величин, відповідних двом сусіднім відміткам шкали.

Діапазон вимірювань – область значень вимірюваної величини, для якої нормовані допустимі межі похибки засобу вимірювань.

Чутливість вимірювального приладу – відношення зміни сигналу на виході вимірювального приладу викликає його зміни вимірюваної величини.

Розрізняють абсолютну і відносну чутливість.

Незмінність у часі метрологічних характеристик вимірювального приладу визначає його стабільність.

Стабільність засобів вимірювань визначається як найбільша різниця між повторними показаннями вимірювального приладу (найбільший розкид показів) при багаторазовому вимірюванні однієї і тієї ж величини при незмінних зовнішніх умовах. Цей показник є конструктивною характеристикою і відбиває якість виготовлення приладу.

### **1.3 Статистичні методи дослідження**

Будь-яке статистичне дослідження послідовно проходить 3 етапи:

- перший етап – збирання первинного статистичного матеріалу реєстрацією фактів чи опитуванням респондентів (метод статистичного спостереження);

- на другому етапі зібрані дані підлягають первинній обробці, систематизації та групуванню – від характеристик окремих елементів переходять до узагальнюючих показників у формі абсолютних, відносних чи середніх величин (методи зведення та групувань, табличний та графічний методи);

- третій етап передбачає аналіз отриманих під час зведення та групування матеріалів для одержання обґрунтованих висновків про стан явищ, що вивчаються, та закономірностей їх розвитку (методи вивчення варіації, диференціації та сталості, тенденцій розвитку, прогнозування, вивчення взаємозв'язків тощо).

Вказана послідовність є лише загальною, а конкретний зміст того чи іншого етапу залежить від мети дослідження та характеру даних. Передумовою використання статистичних методів має бути визначення і розуміння суті явища, що вивчається, його властивостей, особливостей конкретних обставин.

**Статистичне спостереження** є першим кроком статистичного дослідження і полягає в планомірному, науково-організованому збиранні даних. Формування якісної інформаційної бази – це фундамент статистичного дослідження, оскільки використання лише об'єктивної та достатньо повної інформації на подальших етапах дослідження надає можливість отримати правильні, обґрунтовані висновки про характер і закономірності досліджуваного процесу. Але не всі вихідні дані можна покласти в основу узагальнень і висновків, тому статистичні дані, що придатні для цього повинні бути:

- вірогідними і точними – статистичні дані мають доказову силу лише тоді, коли вони правдиві і достовірні;

- повними, не випадковими чи уривчастими; дістають їх реєстрацією значень ознак усіх одиниць сукупності за необхідний період чи на певний момент часу;

- однотиповими, порівнюваними – для їх узагальнення і зіставленості у часі і просторі.

Слід звернути увагу на те, що статистичні дані від інших даних відрізняє масовість. Лише завдяки переходу від окремих фактів до масових можна визначити загальну закономірність, позбавлену впливу випадкових причин. Процес проведення статистичного спостереження здійснюється в три етапи:

- підготовка спостереження (складається план: визначаються мета, об'єкт, одиниці дослідження, способи збирання даних);

- проведення масового збору інформації (реєстрація установлених фактів; саме забезпечення реєстрації відрізняє статистичне спостереження від спостерігання);

- формування бази даних (контроль та нагромадження даних спостереження, а також їх збереження).

Мета спостереження – основний очікуваний результат статистичного дослідження. Вона повинна мати чітке формулювання. Невизначеність поставленої мети може призвести до зібрання зайвих або неповних даних.

Мета спостереження визначає його об'єкт – деяку сукупність явищ, що підлягають обстеженню. Чітке визначення суті, істотних ознак та меж об'єкта дозволяє запобігти різному тлумаченню результатів обстеження. Наприклад, для дослідження рівня безробіття, необхідно визначити які категорії населення можна віднести до безробітних. Якщо вважати за таких усіх хто займається пошуками роботи, то рівень безробіття буде високим, якщо ж безробітною визначити людину, яка протягом 3-х місяців не має роботи, то рівень безробіття буде низьким.

Уявлення про об'єкт дослідження можна отримати лише при наявності інформації, яка характеризує його окремі складові. Тому в ході спостереження виокремлюють одиницю спостереження – первинну, звітну одиницю, від якої одержують інформацію та одиницю сукупності –

первинний елемент об'єкта статистичного спостереження, який підлягає обстеженню і реєстрації. Іноді ці одиниці збігаються, іноді ні.

Для досягнення більшої точності результатів дослідження та можливості застосування широкого спектра засобів аналізу, під час реєстрації слід врахувати, що ознаки за формою вираження можуть бути як кількісними, так і атрибутивними; тому, добираючи шкалу їх вимірювання, перевагу слід віддати не тільки більш інформативним ознакам (номінальній шкалі), а й ознакам із ширшими можливостями статистичної обробки (порядковій та метричній шкалам).

Щоб спостереження дало вірогідні та своєчасні дані, необхідно вирішити питання часу та періоду спостереження. Час спостереження (об'єктивний час) – це час, до якого належать дані спостереження. Період спостереження (суб'єктивний час) – час, протягом якого реєструються дані. Зібрана інформація відображується в обліковому документі – статистичному формулярі у вигляді анкети, картки, звіту, опитувального листа. При статистичному дослідженні використовують три форми спостереження:

- статистична звітність; статистичний реєстр;
- спеціально організоване спостереження (охоплює ті явища і процеси, які знаходяться поза звітністю – соціальні дослідження, переписи, опитування тощо).

Види статистичного спостереження розрізняють:

- за повнотою охоплення одиниць сукупності
  - суцільне спостереження (реєструються усі без винятку одиниці сукупності, наприклад, переписи);
  - несцільне спостереження (реєструється певна частина одиниць сукупності); залежно від завдань дослідження і характеру об'єкта несцільне спостереження може здійснюватися способом основного масиву, монографічним, вибіркоким, анкетним, через моніторинг; при цьому має забезпечуватися репрезентативність відібраної частини елементів, тобто їх здатність відтворювати властивості усієї сукупності елементів (висновки

роблять за відібраною частиною про ціле); найпоширенішим є вибіркоче спостереження;

- за часом реєстрації даних
  - поточне (систематична реєстрація фактів щодо явищ у міру їх виникнення, наприклад, робота транспорту, запис актів громадського стану);
  - періодичне (проводиться через певні, як правило, рівні проміжки часу, наприклад, переписи);
  - разове (виконується за необхідністю, наприклад, вивчення думки читачів часопису);
- за способом одержання відомостей (первинних статистичних даних)
  - безпосередній облік (дослідник особисто реєструє факти, наприклад, метеорологічні спостереження);
  - документальний облік (джерелом відомостей є відповідні документи);
  - опитування (відомості фіксуються зі слів респондентів); може здійснюватися експедиційним способом, через самореєстрацію та кореспондентським способом).

Різні види та форми статистичного спостереження можуть бути поєднані, взаємно доповнювати одне одного. Але слід взяти до уваги, що анкетний, кореспондентський способи, самореєстрація не забезпечують відповідної якості матеріалу в силу незацікавленості частини респондентів в опитуванні (повертається не більше 80 % анкет), неможливості безпосередньої перевірки достовірності одержаних відповідей. Ці методи найбільш поширені у соціальних дослідженнях, при вивченні громадської думки, коли не вимагається висока точність, а потрібно лише зорієнтуватися в тому чи іншому питанні.

Високу точність результатів дослідження гарантують вибіркочий, експедиційний методи за умов їх правильної організації. Моніторинг – це не зовсім традиційне статистичне спостереження, проте воно є важливим джерелом статистичних оперативних даних для прийняття рішення.



Помилки спостереження – це розбіжності між даними спостережень та реальними даними. Залежно від причини виникнення розрізняють помилки:

- репрезентативності – властиві тільки несущільному спостереженню і виникають в результаті некоректного формування відібраної сукупності, яка недостатньо повно відтворює склад усієї досліджуваної сукупності;

- реєстрації – виникають при будь-якому спостереженні внаслідок неправильного встановлення фактів або невірного їх запису і бувають випадковими (описки, незнання, неуважність) або систематичними (навмисне викривлення фактів, приховування, некомпетентність, неосвіченість).

Зверніть увагу, що систематичні помилки є більш небезпечними. Вони приводять до викривлення загальних підсумків, оскільки завжди мають однакову тенденцію чи до збільшення, чи до зменшення значень показників по кожній одиниці спостереження. Тому величина показника по сукупності в цілому включатиме накопичену помилку і взаємно не урівноважується. Наприклад: округлення віку респондентами, замість 49 чи 51 кажуть 50. Випадкові помилки виникають внаслідок дії випадкових факторів, наприклад, цифри переставлені місцями. Вони можуть відхиляти дані спостереження в бік збільшення або зменшення. Проте деякою мірою взаємознищуються у відповідності з дією закону великих чисел і не є небезпечними.

Помилки, допущені на етапі збору даних не, можуть бути виправлені на 2-му та 3-му етапах спостереження. Тому ще на стадії спостереження необхідно застосовувати засоби контролю даних, а саме:

- зовнішній – контроль повноти даних, здійснюється візуально при перевірці наявності даних за всіма одиницями та позиціями;

- арифметичний – базується на використанні кількісних зв'язків між значеннями різних показників і полягає у перевірці (перерахунку) усіх узагальнених показників; з його допомогою можна встановити розмір помилки та виправити її;

- логічний – базується на сумісності даних і полягає у зіставленні відповідей респондентів за їх логічним зв'язком, наприклад, порівнянні віку з сімейним станом, освітою; виду діяльності з джерелом засобів існування тощо. Такий контроль лише встановлює наявність помилки, а не її розмір. Для виправлення помилок, що встановлені в результаті логічного та арифметичного контролю, треба повторно звернутися до джерела вихідних даних.

#### **1.4 Методика побудови графіків та діаграм**

Для того щоб більш наочно уявити особливості інформації в електронній таблиці, наприклад виявити і показати якийсь тренд, який простежується в масиві введених даних, або максимально аргументовано підкріпити якесь твердження про природу і параметрах цих даних під час виступу з презентацією, корисно використовувати графічні ілюстративні матеріали, які легко можна отримати за допомогою стандартних функцій табличного процесора. Для цих цілей у Excel існують засоби формування діаграм.

Діаграма - це графічне представлення числових даних. У табличному процесорі Excel можна отримати діаграми різних типів, наприклад гістограми і графіки. На гістограмі числові дані відображаються стовпчиками (або областями, якщо побудована кругова діаграма), на графіку числові дані відображаються точками (або іншими графічними примітивами), які з'єднуються лініями.

Графіки зазвичай використовують для відображення процесів, які змінюються при змінах в масиві даних, що лежать в основі цих процесів, наприклад якихось процесів, що розвиваються в часі. Гістограми більш зручні для наочного подання співвідношення будь - яких величин. Лінія на графіку або група стовпчиків гістограми зображує ряд даних, які знаходяться в декількох сусідніх елементах таблиці. Крім гістограм і графіків, широко використовуються кругові діаграми, які зручні для наочного подання співвідношення величин, що утворюють ціле.

За побудову графіків і діаграм в Excel відповідає Майстер діаграм, який викликається через розділ меню Вставки, підрозділ Діаграма. Перед тим як почати побудову діаграми, необхідно виділити діапазон даних, на основі яких буде побудована діаграма. На одній діаграмі можна представити кілька рядів даних. Якщо діаграма будується на основі декількох діапазонів, то потрібно обов'язково простежити за тим, щоб ці діапазони були симетричні.

Найпростіше побудувати діаграму, якщо таблиця містить дані, назви даних і пояснення до них, причому рядки, в яких знаходяться дані, слідують одна за одною, а назви даних знаходяться на початку рядка даних. На основі такого розташування даних легко сформувавши діапазон, який буде оброблений в Майстрі діаграм для побудови відповідного графіка.

### **Висновки за розділом 1.**

Прийняті для застосування у подальших дослідженнях при виконанні роботи методи та методики досліджень, інструментарій є загальновизнаними та дають можливість однозначно визначати параметри будівлі і систем енергозабезпечення (з визначеними наперед похибками), а також отримувати коректні значення величин, одержаних за аналітичними розрахунками. Точність метрологічних засобів, що використовувалися для інструментальних вимірів є необхідною та достатньою для верифікації результатів проведених досліджень.

## **РОЗДІЛ 2. СИСТЕМА ТЕПЛОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПОЖИВАЧІВ МІСТА СУМИ, ЇЇ ОСОБЛИВОСТІ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ**

### **2.1. Загальні відомості про систему теплопостачання**

Об'єктом дослідження є система теплозабезпечення будівель комунального підприємства “Міськводоканал” м.Суми. Вона є елементом загальної системи тепло забезпечення міста Суми.

Теплозабезпечення об'єктів інфраструктури та житла міста Суми сформоване історично та наразі розвивається за традиційними напрямками, а також з впровадженням новітніх тенденцій поєднання централізованих систем теплозабезпечення та систем індивідуального опалення.

Основними постачальниками теплової енергії для потреб опалення об'єктів міста є ТОВ “Сумитеплоенерго”, яке експлуатує Сумську ТЕЦ, встановленої потужності 469 Гкал/год (545 МВт), та 20 відокремлених котельень, загальною встановленою потужністю 142,489 Гкал/год (165,46 МВт) дві з яких також забезпечують технологічною водяною парою медичні заклади міста; Дирекція “КППВ” ПАТ “Сумське НВО” яке експлуатує котельню встановленої потужності 464 Гкал/год (539,6 МВт); ТОВ “Сумська паляниця”, котельня, встановленої потужності 2,14 Гкал/год (2,5 МВт), якого забезпечує тепловою енергією об'єкти підприємства та підключеного до неї житла; Сумський національний аграрний університет (СНАУ), що має на своєму балансі та у експлуатації котельню встановленої потужності 19,5 Гкал/год (22,68 МВт), та забезпечує теплопостачання у житлові багатоквартирні будинки та об'єкти міської інфраструктури; КП “Міськводоканал”, котельня, встановленої потужності 0,897 Гкал/год (1,043 МВт), якого виробляє теплову енергію для технологічних потреб підприємства та теплозабезпечення житлових будинків, приєднаних до неї; Державна установа “Сумська виправна колонія (№116)”, яка своєю котельнею встановленої потужності 4,0 Гкал/год (4,6 МВт) опалює будівлі, установи та одночасно забезпечує тепловою енергією будівлі житлового

фонду міста; Полтавська КЕЧ, яка котельнею встановленої потужності 7,256 Гкал/год (8,439 МВт) забезпечує тепловою енергією для потреб опалення об'єкти військової частини та комунального навчального закладу “Сумський кадетський корпус ім. Харитоненка”.

Наразі здебільшого багатоквартирні будинки багатоповерхової забудови міста проектується та зводяться з облаштуванням систем квартирною індивідуального опалення, дахових котелень, що у короткотерміновому майбутньому матиме негативні наслідки щодо подальшого розвитку міської централізованої системи теплопостачання та деякі екологічні проблеми житлових масивів.

Теплозабезпечення об'єктів приватної житлової забудови міста здійснюється, в основному, індивідуальними теплогенераційними засобами з використанням індивідуальних котельних агрегатів, які використовують як паливо природний газ, тверде паливо (в основному, деревину).

Централізовані системи теплопостачання запроектовані, як залежні централізовані, з використанням центральних теплових пунктів (ЦТП), індивідуальних теплових пунктів (ІТП), з застосуванням теплового графіку подачі теплоносія 95–70 °С та 110–70 °С.

На котельнях встановлено та переважно експлуатуються котли старих типів з експлуатаційним ККД – від 82 % до 90 %.

Теплові мережі в основному закриті, 2-х трубні та 4-х трубні підземного, наземного каналного та безканалного прокладання. Зважаючи на реальні терміни експлуатації мереж, фактичний технічний стан, їх теплоізолюючі властивості у багатьох випадках не відповідають чинним нормативам.

Міські централізовані системи теплопостачання мають резервні трубопроводи, хоча наразі не завершеною є дискусія щодо будівництва резервної теплотраси для мережі опалення 12-го житлового мікрорайону [11].

Втрати теплової енергії при її транспортуванні тепловими мережами, які декларують підприємства – надавачі послуг з теплопостачання варіюють

від 3 % до 30 % і залежать від стану теплоізоляції трубопроводів, їх діаметрів, способу прокладання мереж, об'ємів фактичних витоків теплоносія з мереж та інших факторів. Однак, чіткого уявлення про поелементні об'єми тепловтрат, а тим паче підтвердженого чинними та достовірними розрахунками, які базуються на затверджених у нормативному порядку результатах досліджень та вимірів підприємства-надавачі послуг з тепlopостачання не мають.

Середнє значення теплових втрат у теплових мережах складає 29,5 %. Будівлі закладів бюджетної сфери міста практично повністю забезпечені засобами інструментального обліку спожитої теплової енергії, однак наразі проблематичним є оснащення таких будівель системами та пристроями автоматичного регулювання теплового потоку на вході в будівлі [14].

Це призводить до перевитрат теплової енергії у осінньо - весняні періоди року. Аналогічна ситуація відстежується і в житлових будинках багатоповерхової забудови.

Результати проведених вибірових обстежень будівель споживачів та об'єктів теплогенерації міста підтверджують, що тепlopостачання споживачів від централізованих систем тепlopостачання організоване з урахуванням вимог ДБН В.2.5-39:2008 [10], "Правила технічної експлуатації тепловикористовуючих установок та теплових мереж".

Теплове навантаження системи централізованого теплозабезпечення м. Суми визначається головним чином комунально-побутовими потребами міста.

Сучасний стан промисловості та житлового будівництва (нове житло будується переважно з індивідуальними джерелами опалення) у короткостроковій перспективі не дозволяють розраховувати на зростання теплових навантажень систем централізованого опалення, що зумовило б необхідність введення нових теплогенераційних потужностей [2].

### **2.1.1 Технічна характеристика теплопостачальних підприємств**

Наразі у зазначених системах міста експлуатуються 101 котли різного типу сумарної встановленої потужності – 1095,512 Гкал/год, що працюють на газоподібному та твердому (вугільному) паливі. Загальне підключене теплове навантаження складає 681,53 Гкал/год, тобто, загальна завантаженість котельних за потужністю складає 62 %. Проектні навантаження діючих котелень визначені виходячи з перспективи активного розвитку приєднання теплового навантаження, що і продиктувало номенклатуру встановленого на них котельного обладнання, яке у деяких випадках практично не експлуатується через високу одиничну потужність. Зниження темпу приросту теплового навантаження котелень, а у багатьох випадках взагалі його зменшення є однією з причин використання у технологічному процесі теплозабезпечення застарілих морально та фізично котлів НИИСТУ 5. Кількість встановлених котлів цієї марки на теплогенераційних об'єктах міста 28 штук. При їх експлуатації здебільшого використовується спрощене регулювання співвідношення газ/повітря та застарілі конструкції пальників, які не відповідають сучасним вимогам експлуатації котельного обладнання та енергозбереження. Результати аналізу наданих вихідних даних функціонування котелень та їх обладнання за останні 3 роки вказують на високу енергоємність їх технологічного процесу та необхідність розробки і впровадження технічних та організаційних заходів щодо підвищення їх енергоефективності.

Суттєва частина опалювальних навантажень житлово-комунального сектору одноповерхової забудови покривається індивідуальним автономним опаленням.

Транспортування теплової енергії забезпечується тепломережами, які характеризуються високим рівнем зношення, на рівні 58 %, та потребують виконання заходів щодо їх реновації.

Результати теплових та гідравлічних розрахунків, проведених за вихідними даними функціонування систем тепlopостачання (станом на 01.01.2017р.) вказують на невідповідність у деяких випадках геометричних параметрів елементів існуючих теплових мереж та реальних теплових навантажень приєднаних до них об'єктів. Цей факт необхідно обов'язково враховувати при розробленні проектно-кошторисної документації реновації теплових мереж.

### **2.1.2 Система обліку енергоресурсів**

Енергетичні ресурси та холодна вода, що використовуються у технологічному процесі генерації теплової енергії для потреб теплозабезпечення об'єктів інфраструктури міста постачаються на котельні мережами енергопостачальних організацій ПАТ “СумиГаз”, ПАТ “Сумиобленерго”, КП “Міськводоканал”. Облік об'ємів постачання проводиться з використанням лічильників води, електричної енергії, газу розташованих переважно на межі розмежування енергопостачальних мереж [5]. Метрологічне забезпечення обліку енергоресурсів підтримується періодичною державною перевіркою приладів обліку, дотриманням державних стандартів та чинних нормативних документів, які визначають вимоги до облаштування пунктів обліку. Проведене вибіркове обстеження пунктів та приладів обліку в котельнях підтверджує відповідність їх встановлення та експлуатації чинним стандартам і нормам. Наразі теплогенеруючі об'єкти облаштовані приладами обліку енергоресурсів, які використовуються для генерації теплової енергії [9].

Теплова енергія, що надходить від котелень до теплових мереж обліковується тепловими лічильниками, встановленими, як правило, на виході з котелень [13].

Облік теплової енергії, що споживається будівлями інфраструктури міста та житловим фондом організовано через лічильники теплової енергії, встановлені у теплових пунктах будівель. Зняття показань лічильників



проводиться відповідальними особами та оформляються згідно визначених процедур щомісячно. У місті функціонує міська автоматизована система моніторингу та прогнозування теплоспоживання, до якої наразі підключені об'єкти бюджетних закладів Управління освіти і науки СМР. Її перша черга розрахована на одночасний автоматичний моніторинг теплоспоживання 100 об'єктів. Наразі проводиться моніторинг (без впливу “людського фактору”) 5 шкіл. Результати функціонування цієї системи упродовж декількох років підтверджують доцільність її розширення.

В деяких випадках облік теплової енергії, спожитої будівлями організовано за “груповим” принципом. Тобто, існує практика обліку споживання теплової енергії декількох будинків одним лічильником. При цьому розподіл об'ємів споживання проводиться розрахунковим шляхом з використанням методики, яка базується на визначенні опалюваних площ та розподілі через них часток теплоспоживання. Така ситуація не спонукає у повній мірі споживачів до енергозбереження та раціонального споживання теплової енергії. Крім того є проблематичним врахування реальних теплових втрат у тепловій мережі, яка з'єднує будівлі такої “групи”.

Не зважаючи на високий відсоток охоплення будівель лічильниками теплової енергії, вони наразі лише частково виконують одну з основних своїх функцій – спонукання населення до зменшення теплоспоживання через відсутність на теплопунктах та будинкових системах розподілу тепла сучасних приладів керування та автоматизації, за допомогою яких має здійснюватися регулювання теплового потоку.

Наразі у м. Суми вузлами обліку теплової енергії оснащено 100 % споживачів – будівель закладів бюджетної сфери; близько 96 % багатоквартирних будівель житлового фонду.

### 2.1.3 Використання палива

Основним енергетичним ресурсом у технологічному процесі генерації теплової енергії в котельнях систем опалення м. Суми є природний газ. Його частка у загальному балансі первинних енергоресурсів систем теплозабезпечення становить 90 %. Обсяги споживання природного газу при генерації теплової енергії котельнями м. Суми для потреб теплозабезпечення будівель представлено у таблиці 2.1.

Використання твердого палива (кам'яного вугілля, деревини) досить обмежене, зважаючи на організаційно-технічні та фінансові проблеми, що виникають при переведенні котельного обладнання на тверде паливо. Наразі тверде паливо частково використовується Сумською ТЕЦ (воно становить 30 % у паливному балансі ТЕЦ). Деревина для потреб теплофікації використовується у вигляді дров, брикетів та пелет у теплогенераційних установках СНАУ, деяких закладах міської комунальної інфраструктури, для обігріву адміністративно-побутових та виробничих приміщень промислових підприємств з використанням локальних систем теплозабезпечення об'єктів. Однак, особливої популярності технологія спалювання деревини на котельнях централізованих систем опалення м. Суми наразі не набула [26]. Така ситуація пояснюється також виникненням при її впровадженні цілої низки у т. ч. екологічних проблем [6].

При порівняно з природним газом більш низькій вартості деревинного палива економічний розрахунок вартості життєвого циклу технології спалювання деревини не дає занадто оптимістичного прогнозу її застосування [12].

Таблиця 2.1 – Обсяги споживання природного газу у м. Суми

Роки	Споживання природного газу, тис. м <sup>3</sup>
Сумська ТЕЦ ТОВ “Сумитеплоенерго”	
2015	64323

2016	55792
2017	38362 44965 (вугілля)
Дирекція “КППВ “Сумське НВО”	
2015	35469
2016	42546
2017	42365
Котельня бази КП “Міськводоканал” СМР	
2016	140
2017	138
Котельня СНАУ	
2016	1204
2017	1198
Котельня Полтавської КЕЧ	
2016	570
2017	483

Основними показниками, за якими можна визначити ефективність споживання палива [16] теплофікаційними установками міста є розраховані питомі показники фактичного споживання палива, що витрачається на генерацію одиниці теплової енергії (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2. Основні показники ефективності споживання палива теплофікаційними установками систем централізованого опалення м. Суми

Адреса котельні	Показник	2014 р.	2015 р.	2016 р.
Г. Кондратьєва, 120	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	3174847	3178481	3320207
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал виробленої теплової енергії, м <sup>3</sup> /Гкал	128,86	120,46	126,36
	Ефективність споживання палива котельнею, %	0,938 (93,8%)	0,97 (97%)	0,94 (94%)
20 років Перемоги, 13	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	17948	14913	14510
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал виробленої теплової енергії, м <sup>3</sup> /Гкал	145,8	145,7	131,43
	Ефективність споживання палива котельнею, %	0,80 (80%)	0,809 (80,9%)	0,90 (90%)
Гамалія, 31	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	277897	274848	307143
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал виробленої теплової енергії, м <sup>3</sup> /Гкал	129,67	128,42	134,6
	Ефективність споживання палива котельнею, %	0,93 (90%)	0,918 (91,8%)	0,882 (88,2%)
Лучанська, 14	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	13761	12903	12608
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал виробленої теплової енергії, м <sup>3</sup> /Гкал	135,84	126,5	139,0
	Ефективність споживання палива	0,89 (89%)	0,932 (93,2%)	0,855 (85,5%)

	котельнею, %			
с. Веретенівка пров. Березовий, 28	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	217396	200146	220257
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал виробленої теплової енергії, м <sup>3</sup> /Гкал	146,28	137,04	134,17
	Ефективність споживання палива котельнею, %	0,826 (82,6%)	0,86 (86%)	0,885 (88,5%)
Роменська, 75	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	1537432	1348651	1582199
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал виробленої теплової енергії, м <sup>3</sup> /Гкал	127,68	118,22	126,8
	Ефективність споживання палива котельнею, %	0,947 (94,7%)	0,998 (99,8%)	0,937 (93,7%)
Білопільський шлях, 33	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	524579	532428	546626
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал виробленої теплової енергії, м <sup>3</sup> /Гкал	131,16	122,21	120,76
	Ефективність споживання палива котельнею, %	0,922 (92,2%)	0,965 (96,5%)	0,984 (98,4%)
Декабристів, 96	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	1410208	1360887	1411494
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал виробленої теплової енергії, м <sup>3</sup> /Гкал	134,53	130,68	133,09
	Ефективність споживання палива котельнею, %	0,8985 (89,9%)	0,903 (90,3%)	0,892 (89,2%)
Нахімова, 30	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	805441	822407	897671
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал виробленої теплової енергії, м <sup>3</sup> /Гкал	141,41	140,44	148,56
	Ефективність споживання палива котельнею, %	0,855 (85,5%)	0,84 (84%)	0,799 (79,9%)
Р. Лінтварьових, 66	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	74920	70537	75482
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал виробленої теплової енергії, м <sup>3</sup> /Гкал	146,6	144,95	146,7
	Ефективність споживання палива котельнею, %	0,825 (82,5%)	0,814 (81,4%)	0,81 (81%)
Шкільна, 5	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	29595	29170	30383
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал виробленої теплової енергії, м <sup>3</sup> /Гкал	138,8	125,46	124,6
	Ефективність споживання палива котельнею, %	0,87 (87%)	0,94 (94%)	0,954 (95,4%)
Чернігівська, 12	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	111025	88815	86144
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал виробленої теплової енергії, м <sup>3</sup> /Гкал	138,2	126,53	128,28
	Ефективність споживання палива котельнею, %	0,875 (87,5%)	0,932 (93,2%)	0,926 (92,6%)
ЛОЦ "Чайка"	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	229271	177337	189067
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал виробленої теплової енергії, м <sup>3</sup> /Гкал	141,83	138,4	132,56
	Ефективність споживання палива котельнею, %	0,852 (85,2%)	0,853 (85,3%)	0,89 (89%)
Білопільський шлях, 38	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	48071	46224	45769
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал виробленої теплової енергії, м <sup>3</sup> /Гкал	137,78	132,71	138,6
	Ефективність споживання палива котельнею, %	0,877 (87,7%)	0,889 (88,9%)	0,857 (85,7%)

Косівщинська, 96	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	111878	111015	92565
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал виробленої теплової енергії, м <sup>3</sup> /Гкал	128,38	122,06	127,01
	Ефективність споживання палива котельнею, %	0,942 (94,2%)	0,967 (96,7%)	0,936 (93,6%)
с. Н. Піщане	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	25933	26535	26951
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал виробленої теплової енергії, м <sup>3</sup> /Гкал	134,4	143,5	145,05
	Ефективність споживання палива котельнею, %	0,899 (89,9%)	0,823 (82,3%)	0,819 (81,9%)
Г. Кондратьєва, 25/1	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	88600	83283	77470
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал виробленої теплової енергії, м <sup>3</sup> /Гкал	130,81	137,1	136,6
	Ефективність споживання палива котельнею, %	0,924 (92,4%)	0,86 (86%)	0,87 (87%)
Н. Сироватська, 66а	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	6209699	5891567	5225156
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал виробленої теплової енергії, м <sup>3</sup> /Гкал	133,36	125,89	129,03
	Ефективність функціонування котельні, %	0,90 (90%)	0,937 (93,7%)	0,92 (92%)
Доватора, 32	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	43624	43483	43831
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал виробленої теплової енергії, м <sup>3</sup> /Гкал	147,2150,5	163,04	151,35
	Ефективність функціонування котельні, %	0,82 (82%)	0,724 (72,4%)	0,785 (78,5%)
Санаторна, 3	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	605067	559498	616541
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал виробленої теплової енергії, м <sup>3</sup> /Гкал	140,83	140,67	146,7
	Ефективність функціонування котельні, %	0,858 (85,8%)	0,838 (83,8%)	0,81 (81%)
Шишкіна, 12	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	63354	57858	35571
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал виробленої теплової енергії, м <sup>3</sup> /Гкал	143,17	139,85	146,62
	Ефективність функціонування котельні, %	0,844 (84,4%)	0,84 (84%)	0,81 (81%)

Аналіз споживання первинних енергетичних ресурсів системами опалення будівель приватної житлової забудови міста показує тенденцію заміщення природного газу деревинним паливом. Загальна кількість спожитої теплової енергії для потреб обігріву житла у цьому секторі змінюється порівняно мало і її зменшення визначається заміною існуючого котельного обладнання на більш енергоефективне та утепленням огорожуючих конструкцій будівель. Тобто зменшення споживання природного газу абонентами м. Суми на побутові потреби здебільшого пояснюється збільшенням частки використання твердого палива у паливному балансі споживачів приватного сектору житлової забудови м. Суми.

Найбільшим попитом у приватному секторі наразі користуються дрова, однак, зважаючи на динаміку зростання попиту на них є загроза погіршення екологічної ситуації навколо міста через можливі не контрольовані рубки деревини. Зважаючи на це, одним з можливих резервів нарощування на ринку об'ємів палива з деревини є поглиблена переробка відходів деревини на щепу, паливні брикети, пелети при планових лісозаготівлях. Такий захід дозволить збільшити пропозицію на ринку палива без збільшення екологічного навантаження на навколишнє середовище. За експертними оцінками, що базуються на інформації лісової галузі Сумської області, впровадження системи збору та глибокої переробки відходів лісозаготівлі може збільшити до 50 % приріст палива з деревини без суттєвого збільшення існуючих об'ємів планових рубок.

#### **2.1.4 Вироблення теплової енергії**

Теплова енергія, що виробляється на теплогенеруючих об'єктах централізованих систем опалення міста, використовується для потреб централізованого опалення будівель та централізованого гарячого водопостачання, а також генерації водяної пари, яка застосовується у технології дезінфекції лікувальними закладами міста.

За даними, кількість відпущеної споживачам теплової енергії надавачами послуг з теплопостачання від об'єктів теплогенерації за 2016 рік становить:

- Сумська ТЕЦ ТОВ “Сумитеплоенерго” – 623,175 тис. Гкал/рік;
- Дирекція “КППВ “Сумське НВО” – 299,708 тис. Гкал/рік;
- Відокремлені котельні ТОВ “Сумитеплоенерго” - 111,44 Гкал/рік;
- Котельня бази КП “Міськводоканал” СМР – 1,02 тис. Гкал/рік;
- Котельня СНАУ – 9,146 тис. Гкал/рік;
- Котельня ТОВ “Сумська паляниця” - 0,572 Гкал/рік;
- Котельня ДУ “Сумська виправна колонія №116”- 1,31 тис. Гкал/рік.

Загальна кількість відпущеної теплової енергії від вказаних теплогенеруючих підприємств становить – 1047,455 тис. Гкал/рік.

Кількість відпущеної теплової енергії споживачам протягом опалювального сезону 2016 – 2017 р.р. вказано у таблиці 2.3. та таблиці 2.4.

Таблиця 2.3 – Кількість відпущеної теплової енергії споживачам (Гкал) у опалювальному сезоні 2016 – 2017 р.р. окремими котельнями

№ з/п	Адреса котельні	жовтень	листопад	грудень	січень	лютий	березень	квітень	Сума	Середня величина
1	Дирекція КППВ “ПАТ “Сумське НВО”	6630,933	40244,933	53543,284	57363,174	41084,140	27504,915	7012,772	243384,2	34769,16
2	Роменська, 110 ДУ СВК(№116)	55	125	160	165	115	100	15	735	105
3	Нахімова, 30	39	81	107	109	110	85	41	572	81,7
4	Кондратьєва, 160 СНАУ	618,347	1097,9	1424,5	1578,05	1246,7	938,2	393,7	7297,394	1042,49

Таблиця 2.4 – Кількість відпущеної теплової енергії споживачам (Гкал) поза межами опалювального сезону 2016 – 2017 р.р. окремими котельнями

№ з/п	Адреса котельні	жовтень	листопад	грудень	січень	лютий	березень	квітень	Сума	Середня величина
1	Дирекція КППВ” ПАТ “Сумське НВО”	6630,933	40244,933	53543,284	57363,174	41084,140	27504,915	7012,772	243384,2	34769,16
2	Роменська, 110 ДУ СВК(№116)	55	125	160	165	115	100	15	735	105
3	Нахімова, 30	39	81	107	109	110	85	41	572	81,7
4	Кондратьєва, 160 СНАУ	618,347	1097,9	1424,5	1578,05	1246,7	938,2	393,7	7297,394	1042,49

Показники ефективності функціонування теплових мереж котелень міста Суми зведені у таблицю 2.5. Вони розраховані на основі вихідних даних. Аналіз цих даних та розрахованих показників вказує на не коректність, у деяких випадках, наданих вихідних даних. Зокрема, за розрахунками, існують теплові мережі, ефективність функціонування яких перевищує 100%. Звертає на себе увагу той факт, що по деяким мережам котелень відбулося різке зменшення ефективності їх функціонування упродовж одного року (у 2016 р. порівняно з 2015 р.)

Розрахунок показників фактичної енергоефективності роботи котельного обладнання показує, у деяких випадках, завищені показники його коефіцієнта корисної дії навіть у порівнянні з паспортними. Це може свідчити про високий рівень налагодження та експлуатації котельного обладнання, або про недостовірність наданих вихідних даних, що також потребує додаткового вивчення.

Таблиця 2.5 – Показники ефективності функціонування теплових мереж

Адреса котельні	Показник	2014 р.	2015 р.	2016 р.
Г. Кондратьєва, 120	Відпуск теплової енергії від теплоджерела, Гкал	24095,9	25803,6	25696,1
	Втрати теплової енергії при транспортуванні до кінцевого споживача, %	4,28	14,8	19,7
	Ефективність функціонування системи транспортування теплової енергії, %	95,72	85,2	80,3
20 років Перемоги, 13	Відпуск теплової енергії від теплоджерела, Гкал	120,4	99	107,9
	Втрати теплової енергії при транспортуванні до кінцевого споживача, %	26,6	11	16,9
	Ефективність	73,4	88,9	83



	функціонування системи транспортування теплової енергії, %			
Гамалія, 31	Відпуск теплової енергії від теплогенератора, Гкал	2095,9	2093	2231,5
	Втрати теплової енергії при транспортуванні до кінцевого споживача, %	15	13	17,8
	Ефективність функціонування системи транспортування теплової енергії, %	84,9	86,9	82
Лучанська, 14	Відпуск теплової енергії від теплогенератора, Гкал	99	99,7	88,7
	Втрати теплової енергії при транспортуванні до кінцевого споживача, %	- 2,2	- 5	7,7
	Ефективність функціонування системи транспортування теплової енергії, %	102,2	105	91,3
пров. Березовий, 28 с. Веретенівка	Відпуск теплової енергії від теплогенератора, Гкал	1453,4	1428,2	1605,5
	Втрати теплової енергії при транспортуванні до кінцевого споживача, %	4,5	3,4	14,9
	Ефективність функціонування системи транспортування теплової енергії, %	95,5	96,6	85
Роменська, 75	Відпуск теплової енергії від теплогенератора, Гкал	11777	11157,1	12202,7
	Втрати теплової енергії при транспортуванні до кінцевого споживача, %	3,2	4,8	15,8
	Ефективність функціонування системи транспортування теплової енергії, %	96,8	95,2	84,2
Білопільський шлях, 33	Відпуск теплової енергії від теплогенератора, Гкал	3911,9	4260,8	4426,7
	Втрати теплової енергії при транспортуванні до кінцевого споживача, %	16,4	32,9	37,2
	Ефективність функціонування системи транспортування теплової енергії, %	83,6	67,1	62,8
Декабристів, 96	Відпуск теплової енергії від теплогенератора, Гкал	10251,8	10184,7	10371,7
	Втрати теплової енергії при транспортуванні до кінцевого споживача, %	3,1	11,8	16,8
	Ефективність функціонування системи транспортування теплової енергії, %	96,8	88	83
Нахімова, 30	Відпуск теплової енергії від теплогенератора, Гкал	5570,6	5727,2	5909,2
	Втрати теплової енергії при транспортуванні до кінцевого споживача, %	20	25	23,95

	Ефективність функціонування системи транспортування теплової енергії, %	80	75	76
Р.Линтварьових, 66	Відпуск теплової енергії від теплоджерела, Гкал	499,7	475,9	503,1
	Втрати теплової енергії при транспортуванні до кінцевого споживача, %	8,5	1,1	27,5
	Ефективність функціонування системи транспортування теплової енергії, %	91,4	98,9	72,4
Шкільна, 5	Відпуск теплової енергії від теплоджерела, Гкал	208,5	227,4	238,4
	Втрати теплової енергії при транспортуванні до кінцевого споживача, %	20,7	24,9	46,9
	Ефективність функціонування системи транспортування теплової енергії, %	79,3	75,1	53,1
Чернігівська, 12	Відпуск теплової енергії від теплоджерела, Гкал	785,5	686,5	656,8
	Втрати теплової енергії при транспортуванні до кінцевого споживача, %	69	70	59,4
	Ефективність функціонування системи транспортування теплової енергії, %	30,9	30	40,6
ЛОЦ "Чайка"	Відпуск теплової енергії від теплоджерела, Гкал	1580,9	1253	1395,4
	Втрати теплової енергії при транспортуванні до кінцевого споживача, %	21	16,9	21
	Ефективність функціонування системи транспортування теплової енергії, %	79	83	78,7
Білопільський шлях, 38	Відпуск теплової енергії від теплоджерела, Гкал	341,3	340,6	322,9
	Втрати теплової енергії при транспортуванні до кінцевого споживача, %	- 20,6	- 20,37	9,6
	Ефективність функціонування системи транспортування теплової енергії, %	120,6	120,37	90,4
Косівщинська, 96	Відпуск теплової енергії від теплоджерела, Гкал	862,2	889,5	712,3
	Втрати теплової енергії при транспортуванні до кінцевого споживача, %	21,5	33,9	42,7
	Ефективність функціонування системи транспортування теплової енергії, %	78,5	66,1	57,3
с. Н. Пішане	Відпуск теплової енергії від теплоджерела, Гкал	189,1	180,8	181,7
	Втрати теплової енергії при	- 11,8	- 2,7	1,9

	транспортуванні до кінцевого споживача, %			
	Ефективність функціонування системи транспортування теплової енергії, %	111,8	102,7	98,1
Г. Кондратьєва, 25/1	Відпуск теплової енергії від теплогенератора, Гкал	662,4	594,2	554,5
	Втрати теплової енергії при транспортуванні до кінцевого споживача, %	33,6	14,1	12,5
	Ефективність функціонування системи транспортування теплової енергії, %	66,4	87,9	87,5
Н. Сироватська, 66а	Відпуск теплової енергії від теплогенератора, Гкал	45537,5	45767,1	39604
	Втрати теплової енергії при транспортуванні до кінцевого споживача, %	26,4	20,9	19
	Ефективність функціонування системи транспортування теплової енергії, %	73,6	79,1	81
Доватора, 32	Відпуск теплової енергії від теплогенератора, Гкал	289,9	260,6	283,2
	Втрати теплової енергії при транспортуванні до кінцевого споживача, %	13,6	10,3	8,79
	Ефективність функціонування системи транспортування теплової енергії, %	86,4	89,7	91,3
Санаторна, 3	Відпуск теплової енергії від теплогенератора, Гкал	4201,7	3890	4110,3
	Втрати теплової енергії при транспортуванні до кінцевого споживача, %	14,1	1,6	7,5
	Ефективність функціонування системи транспортування теплової енергії, %	85,9	98,4	92,5
Шишкіна, 12	Відпуск теплової енергії від теплогенератора, Гкал	432,8	404,6	237,4
	Втрати теплової енергії при транспортуванні до кінцевого споживача, %	19,7	10,2	- 3,5
	Ефективність функціонування системи транспортування теплової енергії, %	80,3	89,8	103,5

Наведені у таблиці 2.3 та 2.4 показники вказують на недостатнє завантаження існуючих котелень та недостатню їх маневреність для реагування на зміну теплового навантаження споживачами. Для підвищення енергоефективності функціонування основного та допоміжного обладнання

котелень теплопостачальним організаціям слід звернути особливу увагу на модернізацію котельного обладнання та його компонентів, засобів автоматизації та регулювання котельних і насосних агрегатів, димососів.

### **2.1.5 Оцінка енергетичної ефективності існуючої системи теплопостачання**

Система централізованого теплопостачання міста Суми вибудовувалася на протязі періоду активного розвитку міста, переважно у 1960-1990 роках. Будівництво джерел теплової енергії та інфраструктури теплових мереж здійснювалося здебільшого без урахування критерію ефективності витрат на опалення. Застосовувалася практика, коли будівлі-споживачі технічно приєднувалися до існуючих котелень з одночасним нарощуванням генеруючих потужностей котелень [7].

Наразі існуюча система централізованого теплозабезпечення м. Суми сформована двома потужними теплогенеруючими центрами (джерелами – Сумська ТЕЦ, Котельня ППВ) та відокремленими котельнями і їх мережами.

З метою оцінювання та порівняння ефективності використання енергії котельнями для опалення будівель споживачів застосовано інтегральний показник питомих витрат виробленої теплової енергії на 1 квадратний метр опалюваної площі. Наприклад, зазначений показник, розрахований для котельні “КППВ “Сумського НВО” становить за 2016 рік  $0,30 \text{ Гкал/м}^2/\text{рік}$ , для котельні КП “Міськводоканал” -  $0,34 \text{ Гкал/м}^2/\text{рік}$ . Величина такого показника за стандартом європейських країн -  $0,1 \text{ Гкал/м}^2/\text{рік}$ . Вона залежить від ефективності функціонування всього ланцюжка технологічного процесу централізованої системи опалення: підготовки палива, генерації тепла, його транспортування до споживача, ефективності використання теплоенергії.

Ефективність функціонування систем теплозабезпечення м. Суми також оцінено через визначення питомої витрати природного газу на 1 Гкал відпущеної теплової енергії кінцевим споживачем ( $\text{м}^3/\text{Гкал}$ ). Показник розраховано з використанням вихідних даних Замовника. Результати розрахунку зведено у таблицю 2.6.

Найнижча ефективність функціонування котельні, розташованої за адресою вул. Чернігівська, 12 і становить за 2016 рік 34 %. Найвища ефективність функціонування котельні по вул. Білопільський шлях, 38 і становить 105 % у 2015 році, але розрахунок показника за 2016 рік показує стрімке зниження ефективності до 76 %.

Таблиця 2.6 – Показники ефективності функціонування систем теплозабезпечення м. Суми

Адреса котельні	Показник	2014 Р.	2015 р.	2016 р.
Г. Кондратьєва, 120	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	3174847	3178481	3320207
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам, м <sup>3</sup> /Гкал	137,66	144,59	160,96
	Ефективність функціонування котельні, %	0,87 (87%)	0,82 (82%)	0,74 (74%)
20 років Перемоги, 13	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	17948	14913	14510
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам, м <sup>3</sup> /Гкал	203,26	169,15	161,94
	Ефективність функціонування котельні, %	0,59 (59%)	0,70 (70%)	0,73 (73%)
Гамалія, 31	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	277897	274848	307143
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам, м <sup>3</sup> /Гкал	156,08	150,9	167,57
	Ефективність функціонування котельні, %	0,77 (77%)	0,78 (78%)	0,71 (71%)
Лучанська, 14	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	13761	12903	12608
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам, м <sup>3</sup> /Гкал	135,9	123,23	154,32
	Ефективність функціонування котельні, %	0,88 (88%)	0,95 (95%)	0,77 (77%)
пров. Березовий, 28 с. Веретенівка	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	217396	200146	220257
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам, м <sup>3</sup> /Гкал	157,03	135,51	161,23
	Ефективність функціонування котельні, %	0,77 (77%)	0,87 (87%)	0,74 (74%)
Роменська, 75	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	1537432	1348651	1582199
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам, м <sup>3</sup> /Гкал	134,9	126,9	153,9
	Ефективність функціонування котельні, %	0,89 (89%)	0,92 (92%)	0,77 (77%)
	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	524579	532428	546626

Білопільський шлях, 33	Питома витрата природного газу на 1 Гкал відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам, м <sup>3</sup> /Гкал	160,4	186,3	196,66
	Ефективність функціонування котельні, %	0,75 (75%)	0,63 (63%)	0,60 (60%)
Декабристів, 96	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	1410208	1360887	1411494
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам, м <sup>3</sup> /Гкал	141,9	151,48	163,6
	Ефективність функціонування котельні, %	0,85 (85%)	0,77 (77%)	0,73 (73%)
Нахімова, 30	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	805441	822407	897671
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам, м <sup>3</sup> /Гкал	180,9	191,6	199,7
	Ефективність функціонування котельні, %	0,67 (67%)	0,61 (61%)	0,60 (60%)
Р.Линтварьових, 66	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	74920	70537	75482
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам, м <sup>3</sup> /Гкал	163,9	150,3	207,1
	Ефективність функціонування котельні, %	0,73 (73%)	0,78 (78%)	0,58 (58%)
Шкільна, 5	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	29595	29170	30383
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам, м <sup>3</sup> /Гкал	179,1	170,9	239,9
	Ефективність функціонування котельні, %	0,67 (67%)	0,69 (69%)	0,50 (50%)
Чернігівська, 12	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	111025	88815	86144
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам, м <sup>3</sup> /Гкал	457	430	323,4
	Ефективність функціонування котельні, %	0,26 (26%)	0,27 (27%)	0,34 (34%)
ЛОЦ "Чайка"	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	229271	177337	189067
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам, м <sup>3</sup> /Гкал	183,5	170,3	172,1
	Ефективність функціонування котельні, %	0,65 (69%)	0,69 (69%)	0,69 (69%)
Білопільський шлях, 38	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	48071	46224	45769
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам, м <sup>3</sup> /Гкал	116,7	112,7	156,7
	Ефективність функціонування котельні, %	1,03 (103%)	1,05 (105%)	0,76 (76%)
Косівщинська, 96	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	111878	111015	92565
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам, м <sup>3</sup> /Гкал	165,3	188,9	226,4
	Ефективність функціонування котельні, %	0,73 (73%)	0,62 (62%)	0,52 (52%)

	функціонування котельні, %			
с. Н. Піщане	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	25933	26535	26951
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам, м <sup>3</sup> /Гкал	122,9	142,9	151,1
	Ефективність функціонування котельні, %	0,98 (98%)	0,82 (82%)	0,79 (79%)
Г. Кондратьєва, 25/1	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	88600	83283	77470
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам, м <sup>3</sup> /Гкал	201,4	163,1	159,6
	Ефективність функціонування котельні, %	0,6 (60%)	0,72 (72%)	0,74 (74%)
Н. Сироватська, 66а	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	6209699	5891567	5225156
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам, м <sup>3</sup> /Гкал	136,4	128,7	131,9
	Ефективність функціонування котельні, %	0,88 (88%)	0,92 (92%)	0,90 (90%)
Доватора, 32	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	43624	43483	43831
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам, м <sup>3</sup> /Гкал	150,5	166,8	154,7
	Ефективність функціонування котельні, %	0,80 (80%)	0,71 (71%)	0,77 (77%)
Санаторна, 3	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	605067	559498	616541
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам, м <sup>3</sup> /Гкал	167,6	146,2	162,2
	Ефективність функціонування котельні, %	0,72 (72%)	0,81 (81%)	0,73 (73%)
Шишкіна, 12	Витрата природного газу, м <sup>3</sup>	63354	57858	35571
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам, м <sup>3</sup> /Гкал	182,3	159,3	144,6
	Ефективність функціонування котельні, %	0,66 (66%)	0,74 (74%)	0,82 (82%)

Підвищення ефективності функціонування централізованих систем тепlopостачання відокремлених котелень потребує розробки та впровадження цілої низки технічних та організаційно-технічних заходів: заміни котельного та допоміжного обладнання, модернізації існуючого котельного обладнання шляхом заміни палинкових вузлів, впровадження систем автоматичного регулювання роботи котелень у залежності від теплової потреби мережі та споживачів, запровадження у споживачів індивідуальних теплових пунктів з функцією погодозалежного регулювання,

запровадження загальноміської автоматизованої системи короткострокового прогнозування та моніторингу споживання теплової енергії будівлями, модернізації теплопровідних мереж.

### **2.1.6 Використання електроенергії**

Системи централізованого теплозабезпечення міста забезпечені електричною енергією у повному обсязі. Існує практична технічна можливість енергопостачальними організаціями задовольнити збільшення потужності електроспоживання котельнями до рівня їх максимальної теплової потужності без виконання додаткових заходів на електричних мережах. Для оцінювання ефективності використання електричної енергії на котельнях та в системі транспортування теплової енергії до кінцевого споживача розраховано питомі показники витрати електроенергії на виробництво та транспортування відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам (див. таблицю 2.7). Для кожної відокремленої системи вони різні і, насамперед, залежать від довжини, діаметрів трубопроводів, їх конфігурації, перепадів геодезичних відміток місцевості, питомих величин теплової енергії, що транспортується ними.

Однак, аналіз показує тенденцію щодо збільшення (за деяким виключенням) витрати електроенергії на виробництво та транспортування теплової енергії до кінцевого споживача протягом останніх трьох років. Така тенденція може пояснюватися зношеністю обладнання, не належною організацією його експлуатації та ремонтів, тому в першу чергу необхідно звернути увагу на експлуатацію та технічний стан котельного обладнання і допоміжного обладнання насосної групи.

Система виробництва та транспортування теплової енергії достатньо енергоємна. На жаль, операційні та експлуатаційні витрати котелень постійно зростають разом з погіршенням їх технічного стану.

На більшості котелень використовується морально та фізично застаріле електроспоживаюче обладнання, тому одним із пріоритетних завдань є зниження споживання електроенергії шляхом регулювання режимів



експлуатації котелень і мереж з метою оптимального використання електроспоживаючого обладнання [3].

Таблиця 2.7 – Питомі витрати електричної енергії на виробництво та транспортування теплової енергії до кінцевого споживача

Адреса котельні	Показник	2014 р.	2015 р.	2016 р.
Г. Кондратьєва, 120	Відпуск теплової енергії споживачам, Гкал	23062,3	21982,1	20626,697
	Питома витрата електроенергії на виробництво та транспортування відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам кВт*год/Гкал	22,680	23,465	25,227
20 років Перемоги, 13	Відпуск теплової енергії споживачам, Гкал	88,3	88,16	89,6
	Питома витрата електроенергії на виробництво та транспортування відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам кВт*год/Гкал	30,09	16,084	24,955
Гамалія, 31	Відпуск теплової енергії споживачам, Гкал	1780,4	1820,3	1832,9
	Питома витрата електроенергії на виробництво та транспортування відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам кВт*год/Гкал	14,969	14,778	15,302
Лучанська, 14	Відпуск теплової енергії споживачам, Гкал	101,2	104,7	81,7
	Питома витрата електроенергії на виробництво та транспортування відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам кВт*год/Гкал	139,268	137,048	150,342
пров. Березовий, 28 с. Веретенівка	Відпуск теплової енергії споживачам, Гкал	1384,4	1476,9	1366,1
	Питома витрата електроенергії на виробництво та транспортування відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам кВт*год/Гкал	26,072	25,755	29,115
Роменська, 75	Відпуск теплової енергії споживачам, Гкал	1139,4	10619,4	10279
	Питома витрата електроенергії на виробництво та транспортування відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам кВт*год/Гкал	31,505	32,152	29,547
Білопільський шлях, 33	Відпуск теплової енергії споживачам, Гкал	3269,7	2857,9	2779,5
	Питома витрата електроенергії на виробництво та транспортування відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам кВт*год/Гкал	47,126	66,046	66,047
Декабристів, 96	Відпуск теплової енергії споживачам, Гкал	9931,7	8983, 8	8627,2
	Питома витрата електроенергії на виробництво та	21,787	23,850	23,195

	транспортування відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам кВт*год/Гкал			
Нахімова, 30	Відпуск теплової енергії споживачам, Гкал	4452,6	4291,5	4493,4
	Питома витрата електроенергії на виробництво та транспортування відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам кВт*год/Гкал	26,80	29,885	28,638
Р.Линтварьових, 66	Відпуск теплової енергії споживачам, Гкал	456,9	469,2	364,4
	Питома витрата електроенергії на виробництво та транспортування відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам кВт*год/Гкал	37,181	36,385	42,132
Шкільна, 5	Відпуск теплової енергії споживачам, Гкал	165,3	170,6	126,6
	Питома витрата електроенергії на виробництво та транспортування відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам кВт*год/Гкал	16,60	14,513	18,380
Чернігівська, 12	Відпуск теплової енергії споживачам, Гкал	242,9	206,1	266,40
	Питома витрата електроенергії на виробництво та транспортування відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам кВт*год/Гкал	127,245	124,10	88,265
ЛОЦ "Чайка"	Відпуск теплової енергії споживачам, Гкал	1249,2	1041,3	1098,5
	Питома витрата електроенергії на виробництво та транспортування відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам кВт*год/Гкал	39,449	32,190	29,604
Білопільський шлях, 38	Відпуск теплової енергії споживачам, Гкал	411,7	410	292
	Питома витрата електроенергії на виробництво та транспортування відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам кВт*год/Гкал	102,36	32,33	31,18
Косівщинська, 96	Відпуск теплової енергії споживачам, Гкал	676,6	587,7	408,8
	Питома витрата електроенергії на виробництво та транспортування відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам кВт*год/Гкал	33,489	61,38	47,734
с. Н. Піщане	Відпуск теплової енергії споживачам, Гкал	211	185,6	178,3
	Питома витрата електроенергії на виробництво та транспортування відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам кВт*год/Гкал	5,587	6,589	7,324
Г. Кондратьєва, 25/1	Відпуск теплової енергії споживачам, Гкал	440,1	510,51	485,2
	Питома витрата електроенергії	21,340	22,203	14,202

	на виробництво та транспортування відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам кВт*год/Гкал			
Н. Сироватська, 66а	Відпуск теплової енергії споживачам, Гкал	45537,5	45767,1	39604
	Питома витрата електроенергії на виробництво та транспортування відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам кВт*год/Гкал	22,797	25,806	25,893
Доватора, 32	Відпуск теплової енергії споживачам, Гкал	289,9	260,6	283,2
	Питома витрата електроенергії на виробництво та транспортування відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам кВт*год/Гкал	27,170	31,519	28,785
Санаторна, 3	Відпуск теплової енергії споживачам, Гкал	3610	3826,3	3799,7
	Питома витрата електроенергії на виробництво та транспортування відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам кВт*год/Гкал	40,71	31,236	28,505
Шишкіна, 12	Відпуск теплової енергії споживачам, Гкал	347,5	363,2	245,9
	Питома витрата електроенергії на виробництво та транспортування відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам кВт*год/Гкал	36,912	30,977	35,64

## 2.2 Характеристика котельні за адресою вул. Р.Линтварьових, 66

Котельня за адресою вул. Р.Линтварьових, 66 потужністю 0.4414 Гкал/год виробляє теплову енергію, для потреб теплозабезпечення житлових будинків, приєднаних до неї [1]. Витрати електроенергії на власні потреби котельні складають за 2016 – 15353 кВт/год. Котельня знаходиться за адресою м.Суми вул. Р. Линтварьових, 66. У таблиці 2.8 наведено теплові навантаження споживачів котельні.

Таблиця 2.8. Теплові навантаження котельні, Гкал/год

Споживачі	На опалення та вентиляцію, Гкал/год
пров. Л.Голстого,б. 1	0,0767
пров. Л.Голстого,б. 3	0,0551
пров. Л.Голстого,б. 5	0,0646
пров. Л.Голстого,б. 10	0,0426
вул. Р. Линтварьових, б. 66	0,0998
вул. Р. Линтварьових, б. 68	0,0426
вул. Р. Линтварьових, б. 70	0,0600
приміщення вул.Р. Линтварьових,66	0,0015

Котельня обладнана лічильником теплоенергії «Pollutherm» Вх для обліку відпущеної теплової енергії з котельні на житлові будинки. Житлові будинки оснащені лічильниками теплової енергії «ULTRAHEAT UH50» для обліку спожитої енергії на опалення [4].

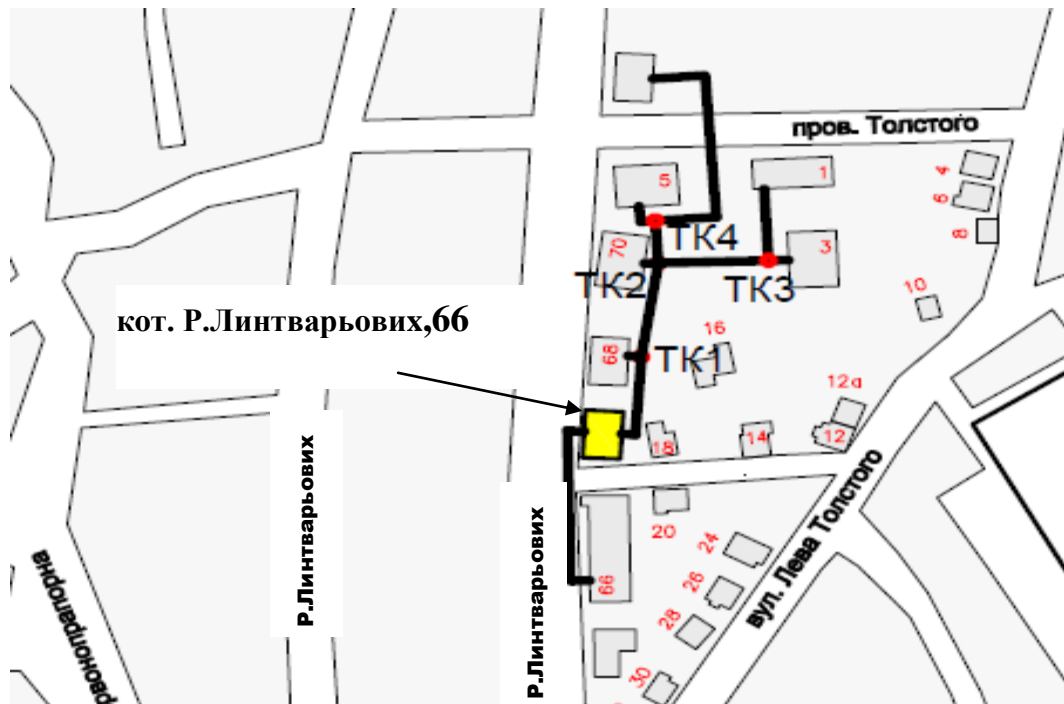


Рис. 2.1. План-схема теплових мереж котельні за адресою вул. Р.Линтварьових,66.

Загальна протяжність підземної теплової мережі – 1512 м.п. у двотрубному обчисленні [23]. Рік вводу експлуатацію – 1973, тип прокладки – каналний. Теплових камер на тепломережі - 4 шт.

Тип, діаметр, протяжність теплових мереж:

1. Магістральна d 57 –456 м.п
- 2 Магістральна d76 –304 м.п
3. Магістральна d57 –272 м.п
4. Магістральна d76 –272 м.п

Загальна протяжність тепломереж – 1304 м.п

5. Розподільча d40 – 24м.п
6. Розподільча d40 – 20м.п

7. Розподільча d40 – 28м.п

8. Розподільча d40 – 108м.п

9. Розподільча d40 – 28м.п

Загальна протяжність розподільчих мереж – 208 м.п

Тип ізоляції теплових мереж:

- 1) напівциліндри мінераловатні на синтетичному зв'язуючому із захисним покриттям, склопластик рулонний;
- 2) попередньо ізольовані труби із пінополіуретану із зовнішнім покриттям із поліетиленової труби.

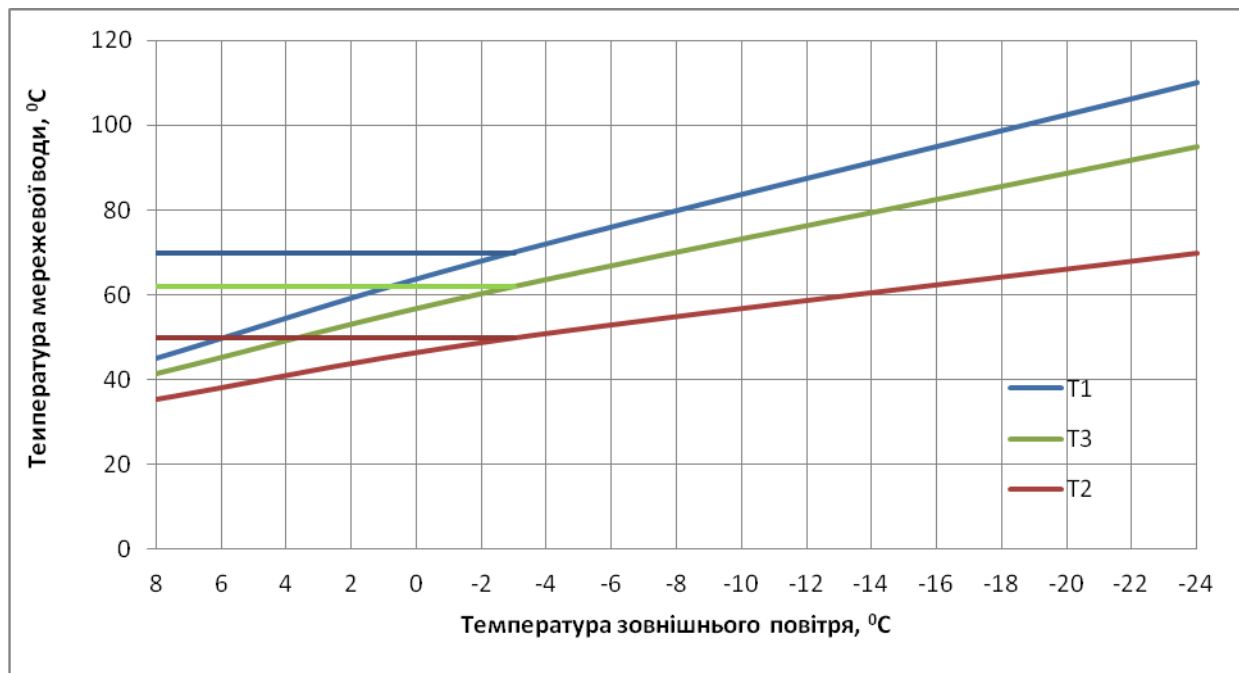
Теплова ізоляція знаходиться в задовільному стані [15]. Зношеність теплових мереж складає від 5 – 20 %. Обсяг виробленої теплової енергії котельнею за 2016 рік, склав – 514,5 Гкал. Обсяг відпущеної теплової споживачам за цей рік складав – 503,1 Гкал. Теплові втрати – 11,4 Гкал (2,2%)

Таблиця 2.9 Розрахунок теплового навантаження.

Температура навколишнього середовища	Тепловий коефіцієнт	Розрахункове теплове навантаження
– 24	2,33	0,4414
– 23	2,28	0,4318
– 22	2,22	0,4204
– 21	2,16	0,4091
– 20	2,11	0,3996
– 19	2,05	0,3882
– 18	2,00	0,3788
– 17	1,95	0,3693
– 16	1,89	0,3579
– 15	1,83	0,3466
– 14	1,77	0,3352
– 13	1,71	0,3238
– 12	1,67	0,3162
– 11	1,61	0,3049
– 10	1,56	0,2954
– 9	1,49	0,2822
– 8	1,44	0,2727
– 7	1,39	0,2632
– 6	1,33	0,2519
– 5	1,28	0,2424
– 4	1,22	0,2310
– 3	1,16	0,2197
– 2	1,11	0,2102
– 1	1,05	0,1988
0	1	0,1894

1	0,94	0,1780
2	0,89	0,1685
3	0,84	0,1590
4	0,77	0,1458
5	0,71	0,1344
6	0,66	0,1250
7	0,61	0,1155
8	0,55	0,1041

Рисунок 2.2. Температурний графік теплоносія 95-70 градусів.



Основним енергетичним ресурсом у технологічному процесі генерації теплової енергії в котельні є природний газ.

Обсяги споживання природного газу котельнею вул. Р. Лінтварьових, 66 за 2017 рік становить 75482 м<sup>3</sup>.

Основними показниками за якими можна визначити ефективність споживання палива теплофікаційними установками міста є розраховані питомі показники фактичного споживання палива, що витрачається на генерацію одиниці теплової енергії [17].

Згідно даних табл. 2.2. питома витрата природного газу на 1 Гкал виробленої теплової енергії складає 146.7 м<sup>3</sup>. Ефективність споживання палива котельнею складає 81 %.

Теплова енергія, що виробляється на теплогенеруючих об'єктах централізованих систем опалення міста, використовується для потреб централізованого опалення будівель. Згідно даних табл. 2.7 кількість виробленої теплової енергії котельнею складає 514,5 Гкал, а відпущеної споживачам теплової енергії від котельні вул. Р. Лінтварьових, 66 за 2017 становить 364,4 Гкал. З цього виходить що ефективність функціонування системи транспортування теплової енергії становить 97,8 %.

Узагальнені дані щодо котельні за адресою вул. Р. Лінтварьових, 66 наведені у табл. 2.10.

Таблиця 2.10. Характеристика діючої котельні вул.Родини Лінтварьових,66 станом на 01.01.2017 року.

<b>Адреса котельні</b>	<b>Показник</b>	<b>2017 р.</b>
вул. Р.Лінтварьових, 66	Витрата природного газу,м <sup>3</sup>	75482
	Питома витрата природного газу на 1 Гкал відпущеної теплової енергії кінцевим споживачам, м <sup>3</sup> /Гкал	207,1
	Ефективність функціонування котельні, %	0,58 (58%)

### **2.3. Характеристика котлів**

У котельні установлені водогрійні котли НИИСТУ-5 монастирищенського машинобудівного заводу, призначені для систем водяного опалення і гарячого водопостачання житлових, адміністративних і промислових об'єктів з природною або примусовою циркуляцією води з робочим тиском в системі до 6 кг/см<sup>2</sup> і температурою теплоносія до 115 ° С.

#### **Конструкція і робота котла**

Водогрійний котел НИИСТУ-5 складається з передньої, п'яти середніх (середніх секцій в цих опалювальних котлах може бути від двох до п'яти) і задньої секції котла, зварених в трубну систему. Одночасно з цим, для



зручності транспортування і монтажу, трубна система котла може поставлятися у вигляді окремих секцій.

Середні секції опалювального котла мають однаковий пристрій і складаються з одного верхнього колектора  $D_u = 150$  мм, двох нижніх діаметром  $D_u = 100$  мм і трьох правих і лівих Г-подібних екранних труб діаметром  $76 \times 3,5$  мм зварених в один вузол.



Рис. 2.3. Котел НИИСТУ-5

Передня і задня секції складаються з прямих труб і утворюють передній (фронтний) і задній екрани.

Для збільшення поверхні нагрівання і створення умов спрямованого руху димових газів бічні і задні екрани мають приварені діафрагми (сталеві смуги).

Зовнішня сторона бічних і заднього екранів мають по 3 плавника (сталеві смуги), які покращують теплообмін, збільшуючи поверхню нагріву. Колосникове полотно складається з чавунних колосників, покладених на підколосникові вали. Фронт топки котла кріпиться до вертикальних стійок каркасу.

Вода в котел надходить через патрубок  $Du = 150$  мм на нижньому колекторі заднього екрану, проходить по опалювальну котлу, нагрівається і через передній патрубок  $Du = 150$  мм на верхньому колекторі передньої секції спрямовується в теплову мережу.

До складу водогрійного котла НИИСТУ-5 входить трубна система, колосникове полотно, повітропровід, два керованих димових шибера, теплоізоляція, каркас, запірні і запобіжні арматури, контрольно-вимірювальні прилади. Котел встановлюється на фундамент. Теплоізоляція котла складається з цегляної кладки. Цегляна обмуровка виконується після монтажу і гідравлічного випробування котла [24].

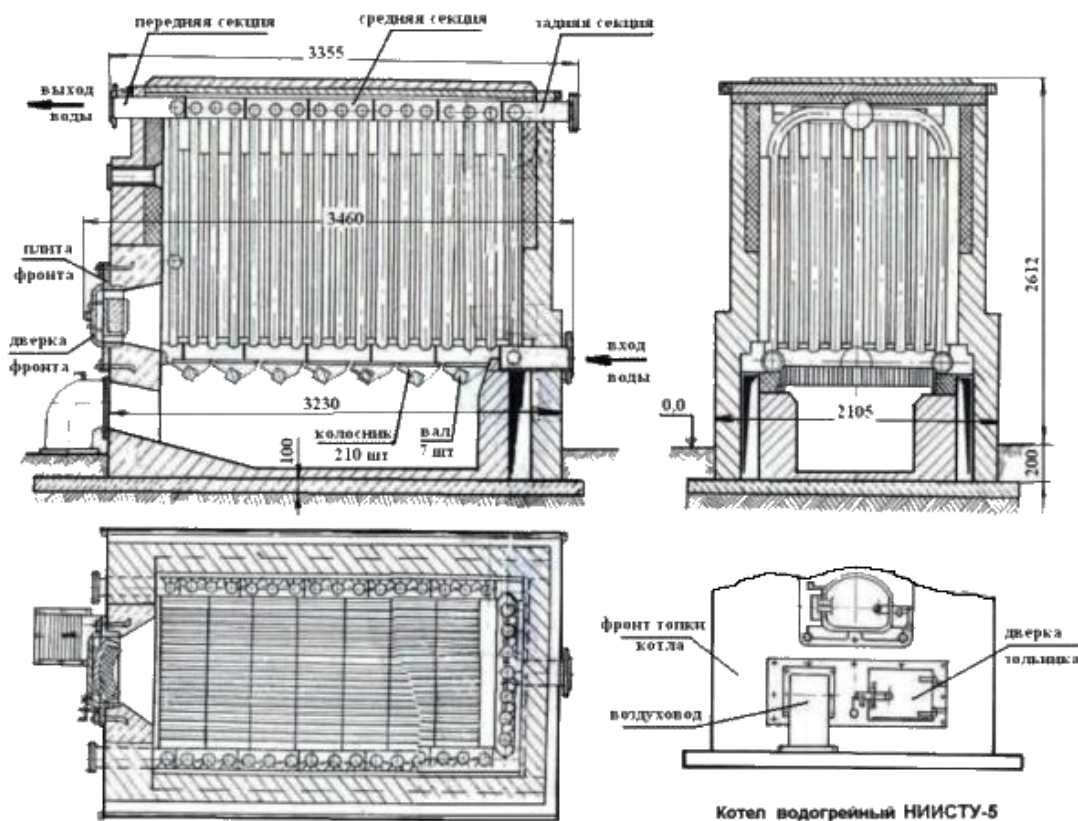


Рис. 2.4.Схема котла НИИСТУ-5

Таблица 2.11.Технічна характеристика котла НИИСТУ-5

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ	НИИСТУ-5 (0,465 Гкал)	НИИСТУ-5 (0,28 Гкал)
Теплопродуктивність, МВт	0,54	0,325
Температура води, °С		

на вході	70	70
на виході	115	115
Витрата води, м <sup>3</sup> /год.	25,0	11,2
Робочий тиск води, МПа	0,6	0,6
Розрахункове паливо	газ	газ
Споживання палива м <sup>3</sup> /год.	123,0	79,0
ККД, %	72	72
Заводська маса поставки, т	2,3	1,15
Габаритні розміри котла в обмурівці, мм		
довжина	3780	3000
ширина	2200	2150
висота	2800	2400
Габаритні розміри трубної системи, мм		
довжина	3370	2460
ширина	1430	1430
висота	2020	1530
Поверхня нагріву, м <sup>2</sup>	46,5	19,6
Об'єм котла, м <sup>3</sup>	0,418	0,26
Термін експлуатації	10 років	10 років
Втрата напору у котлоагрегаті, м	6	6

## 2.4. Характеристика насосного обладнання

На насосній станції по вул. Р. Лінтварьових, 66 використовується мережевий насос ЗКМ-9 випуску 1973 року з привідним асинхронним електричним двигуном потужністю 5,5 кВт.

### Основні характеристики насосу

Подача – 45 м<sup>3</sup>/год

Напір – 30 м

Потужність двигуна – 5,5 кВт

Частота обертання – 2900 об./хв.

Допустимий кавітаційний запас – 4,3 м

Тиск на вході не більше – 2 кг/см<sup>2</sup>

Маса – 60 кг

Маса агрегату – 128 кг

Потужність насоса – 4,3 кВт

ККД насоса не менше – 70 %



Рис. 2.5. Насос 3КМ-9

Консольний насос являє собою, з точки зору гідравліки, характерний тип відцентрового насоса робочим органом якого є відцентрове колесо. Відцентрове колесо складається з двох дисків, між якими, поєднуючи їх в єдину конструкцію, знаходяться лопаті, плавно вигнуті в сторону, протилежну напрямку обертання колеса.

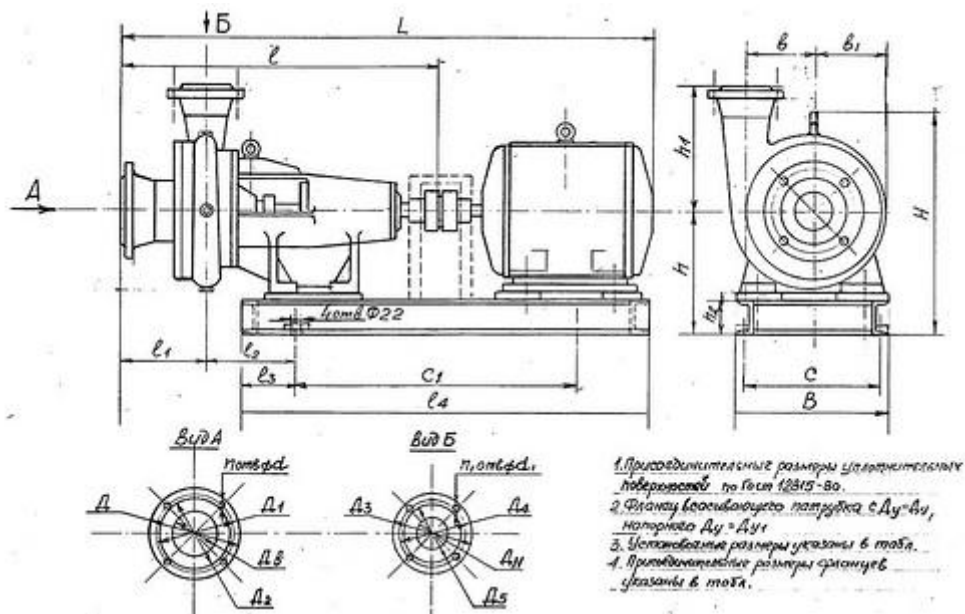


Рис. 2.6. Схема установки насосного агрегату

Конструктивно насоси мають наступні виконання:

К - (основне виконання) горизонтальні консольні із опорою на корпусі, з підведенням від двигуна через пружну муфту;

КМ - консольні моноблокові. Робоче колесо встановлено на кінці подовженого валу електродвигуна;

Матеріал деталей проточної частини консольних насосів - сірий чавун.

Консольні насоси призначені для перекачування води та інших нейтральних рідин з температурою від  $0^{\circ}$  до  $85^{\circ}$  С (за спеціальним замовленням з температурою до  $105^{\circ}$  С) з вмістом твердих включень розміром до 0,2 мм, об'ємна концентрація яких не перевищує 0,1%

Найбільше допустиме надлишковий тиск рідини на вході: для насосів з опорою на корпусі і для підвищувальних  $6 \text{ кгс/см}^2$ , для моноблочних і лінійних -  $3,5 \text{ кгс/см}^2$ .

Виконання насоса по вузлу ущільнення визначається температурою води і тиском на вході в насос. У одинарне сальникове ущільнення затвора рідина не подається. При температурі води понад  $85^{\circ}\text{C}$  або при абсолютному тиску на вході нижче атмосферного в подвійне сальникове ущільнення подається затворна вода під тиском, що перевищує тиск рідини перед ущільненням на  $0,5 - 1 \text{ кгс/см}^2$ . У подвійне сальникове ущільнення затвора рідина (вода) подається в глухий кут.

Нормальна величина зовнішньої витoku води до 3 л/год, (через сальник повинна просочуватися рідина, щоб змащувати ущільнюючу поверхню).

Насоси виконання К і КМ випускаються на однакові робочі параметри і при обмежених робочих площах перевага віддається виконанню КМ, які, як правило, на третину мають меншу довжину.

Q-H характеристику насоса 3КМ-9 наведено на рис.2.7

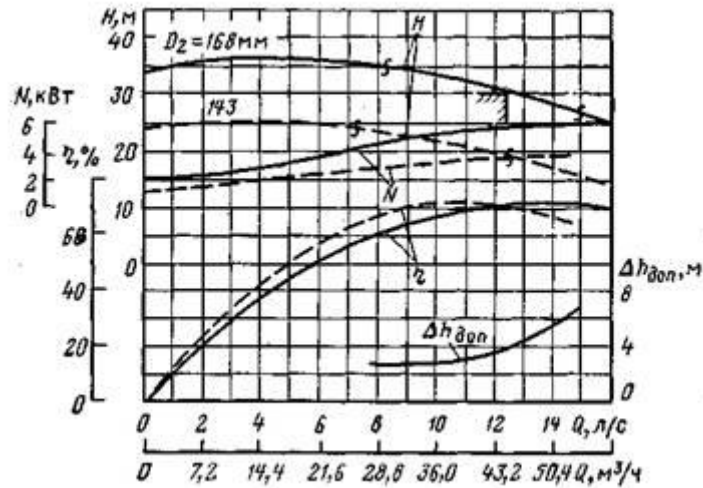


Рис. 2.7. Q-N характеристика насоса ЗКМ-9

### Висновок до розділу 2.

Аналіз конструктивних особливостей обладнання котельні за адресою вул. Р. Линтварьових, 66, наявних джерел енергопостачання, об'ємів споживання енергоресурсів вказує на можливість підвищення енергоефективності функціонування котельні при теплопостачанні для опалення житлових приміщень. Виходячи з цього, є необхідність у розробці альтернативного обладнання, яке б забезпечило технологічний процес теплопостачання з більш високими показниками енергоефективності.

## **РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ ПОКАЗНИКІВ ФАКТИЧНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО СТАНУ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.**

### **3.1 Складові системи теплозабезпечення**

Управління централізованим теплозабезпеченням має здійснюватися з урахуванням тісного взаємозв'язку низки факторів впливу на функціонування системи теплозабезпечення (СТ). Отже, при дослідженні СТ з метою знаходження методів управління її функціонуванням доцільним є застосування методології системного аналізу. Системні дослідження є продуктивною науковою методологією дослідження складних систем. Для вирішення завдань магістерської роботи застосовано системний підхід аналізу тепло гідравлічного стану СТ. Системний підхід при дослідженні СТ дозволяє врахувати зв'язки досліджуваної системи з навколишнім середовищем, ієрархічне подання внутрішньої структури об'єкта системного дослідження та процесів управління ним, а також облік невизначеностей, зумовлених неповнотою вхідної інформації, багатокритерійністю та ін. факторами. Місце СТ в ієрархії систем наведено в табл.3.1.

Таблиця 3.1 Місце СТ в ієрархії систем

<b>Клас систем</b>	<b>Характерні ознаки</b>
Системи взагалі	Впорядковані множини структурно взаємопов'язаних та функціонально взаємозалежних елементів, що володіють новою якістю, яка не притаманна окремим елементам
Великі виробничі системи	Системи, створені людиною для виробництва продукції чи надання послуг, які включають в себе механізми та осіб управління їх функціонуванням
Великі системи енергетики	Різновид великих виробничих систем, складні ієрархічні системи, що виконують функції виробництва, розподілення та споживання енергії.

СТ	Різновид великих систем енергетики, призначених для виробництва, розподілення та споживання теплової енергії.
Системи транспортування й розподілення теплової енергії	Підсистеми СТ, що виконують транспортування теплоносія та його розподілення між споживачами.

Основними елементами СТ є джерело теплової енергії, яке здійснює подачу теплоносія з певними параметрами у трубопровідну мережу, центральний та індивідуальні теплові пункти, а також кінцевий споживач послуг з тепlopостачання. Схематично СТ можна представити блоками перетворення внутрішньої енергії первинного енергоресурсу (палива) - 1, транспортною структурою (переміщення теплової енергії від її генератора до споживача) - 2, системи регулювання та споживання теплової енергії у точці її споживання - 3.

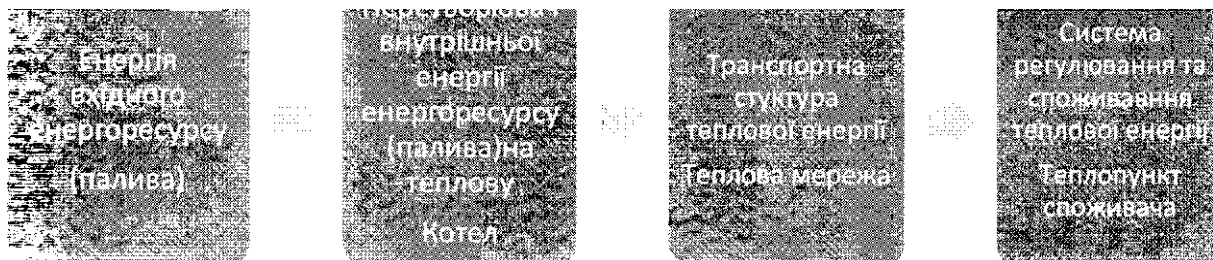


Рис. 3.1 Блок-схема СТ

Всі етапи енергетичного перетворення в СТ супроводжуються розсіюванням енергії у навколишнє середовище яке залежить від конструктивних особливостей визначених блоків СТ та теплових і гідравлічних режимів функціонування СТ. Режими функціонування СТ залежать від температури навколишнього середовища, швидкості вітру та іншими параметрами які залежать від атмосферних та кліматичних умов, конструктивних особливостей огорожуючих конструкцій будівель споживача (їх термічного опору) конструктивних особливостей транспортної



системи та системи регулювання. Аналіз енергетичного потоку СТ представлено на рисунку 3.2.

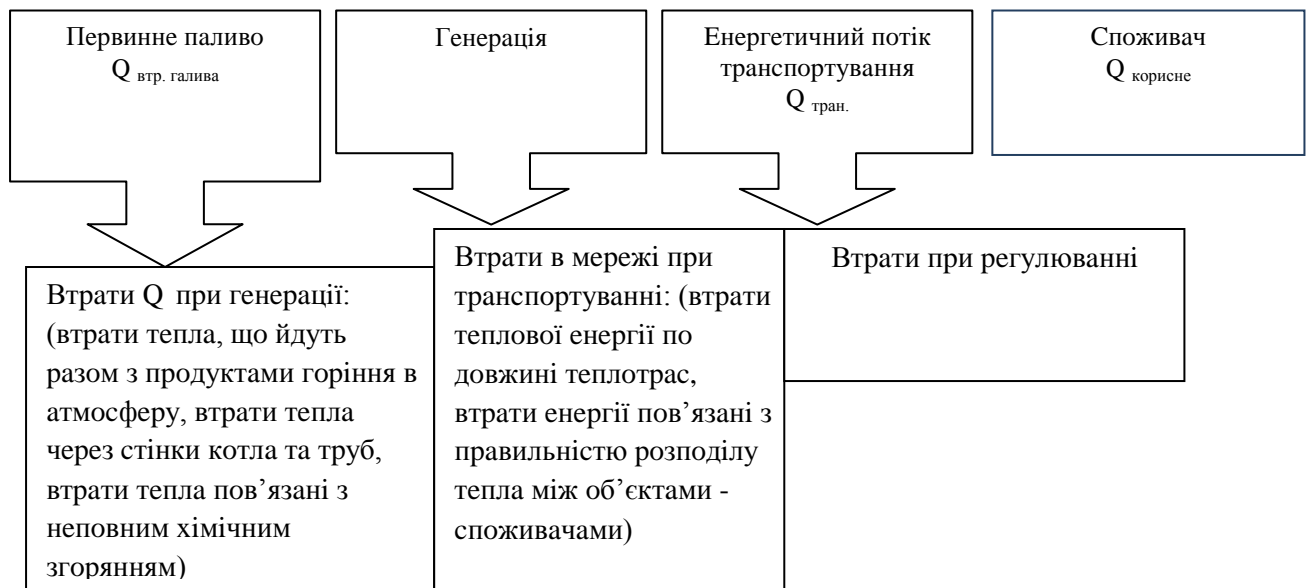


Рис. 3.2 Схема енергетичного потоку СТ

За результатами аналізу, енергетичний баланс системи теплозабезпечення визначається математичним виразом:

$$Q_{\text{корисне споживання}} + Q_{\text{втрати регулювання}} + Q_{\text{втрати транспортування}} + Q_{\text{втрати генерації}} = Q_{\text{первинного палива}}$$

$Q_{\text{корисне споживання}}$  – теплова енергія що витрачається на підтримання балансу тепло споживання у споживача;

$Q_{\text{втрати генерації}}$  – втрати теплової енергії при генерації (підігрів повітря у топці котла, або перед ним, підігрів енергоресурсу, перед спалюванням, винос теплової енергії з відхідними газами, втрати теплоти через стінки котла та інші нещільності);

$Q_{\text{втрати транспортування}}$  – втрати енергії, що відбуваються при її транспортуванні (розсіювання теплової енергії через стінки трубопроводів та арматури, додаткова енергія що витрачається для функціонування насосної групи системи транспортування);

$Q_{\text{втрати регулювання}}$  – це втрати енергії в регулюючих пристроях системи споживання енергії у споживача (на індивідуальних теплових пунктах, у трубопроводах внутрішніх теплових мереж).

Згідно досягнутого технічного рівня котельного обладнання втрати при генерації становлять від 17 % до 9 % (відповідно нормоване значення ККД котла може змінюватися від 15 % до 7 %, втрати теплової енергії на функціонування котельні можуть змінюватися від 0,5 % до 2 % від об'єму теплової енергії, що генерується).

Нормовані трати енергії у системах транспортування можуть змінюватися від 1 % до 13 % і залежать від довжини трубопроводів, швидкості потоку теплоносія у трубі, матеріалу утеплювача, технології утеплювання.

Втрати теплової енергії при регулюванні у споживача залежать від конструктивних особливостей системи регулювання, режимі споживання теплової енергії і нормовані втрати можуть становити від 0,5 % до 5 % теплової енергії що споживається споживачем. Аналіз системи як об'єкта управління показав, що вона має наступні особливості: складний ієрархічний характер її структури; значну розгалуженість. СТ складається з паралельно та послідовно під'єднаних елементів різноманітних конструкцій із широким діапазоном режимів їх роботи; СТ є динамічною системою, яка працює в нестационарному режимі; зміна внутрішніх і зовнішніх факторів впливу на СТ носить інколи стохастичний характер.

Управління СТ характеризується складністю досягнення кінцевої мети, так як для оброблення інформації та для вироблення управляючого впливу потрібен час, за який можуть змінитися фактори впливу через високу інерційність системи, і тому інколи прийняті рішення вже можуть виявитися не актуальними.

До системи теплозабезпечення належать:

- об'єкти генерації теплової енергії (ТЕЦ, ТЕС, АЕС, когенераційні установки, централізовані опалювальні котельні, промислово-опалювальні котельні окремих підприємств, квартирні генератори тепла, вторинні енергоресурси, нетрадиційні та відновлювані джерела енергії (НВДЕ));

- об'єкти передачі і розподілу теплової енергії споживачам (магістральні теплові мережі, теплові пункти, місцеві розподільчі мережі, зокрема, розподільчі мережі житлових будинків);

- система управління і регулювання постачання теплової енергії.

Основними споживачами теплової енергії є житлово-комунальний сектор (44 %), промисловість (35 %) та інші галузі економіки (близько 21 %). Основними видами палива для ТЕЦ є: природний газ – 76-80 %, мазут – 15-18 % та вугілля – 5-6 %. Для котелень основні види палива: газ – 67 %, тверде паливо (вугілля) – 31 %, рідке паливо – 1,5 %. У структурі собівартості теплової енергії близько 55 %-70% становить вартість природного газу, 11-15 % вартість електроенергії та 8 % – води.

За даними Держкомстату, на 01.04.2017, тепlopостачання населених пунктів України забезпечують 8250 підприємств усіх форм власності, на яких експлуатується 32725 котелень сумарною потужністю 130618,7 Гкал/год, загальна кількість установлених котлів становить 75831 одиниць, з них 16254 котлів (21,4 %) з терміном експлуатації більше 20 років. Протяжність теплових мереж у двотрубному обчисленні становить 34625,5 км, з них ветхих та аварійних – 5491,4 км.

Частка централізованого опалення у загальній структурі тепlopостачання України складає близько 42 %, централізованою системою тепlopостачання забезпечується близько 60 % загальної площі будівель, гарячим водопостачанням понад 40 % загальної площі житлового фонду України.

Загальний виробіток теплової енергії ТЕЦ, котельнями різного призначення, індивідуальними генераторами тепла та іншим джерелами складає порядку 230-240 млн. Гкал на рік. За останні роки виробництво теплової енергії зменшувалося у зв'язку із економічною кризою, погіршенням якості опалення та гарячого водопостачання, яке, особливо у літній період року, практично було відсутнім у більшості населених пунктів країни.

Постачання теплової енергії споживачам здійснюється теплогенеруючими, теплотранспортуючими і теплопостачальними організаціями, які на даний час підпорядковані різним відомствам (Мінпаливенерго, Міністерству житлово-комунального господарства, місцевій владі та іншим). В Україні функціонує 21 обласне і 17 міських об'єднань та підприємств комунальної теплоенергетики .

Тарифи на опалення і гаряче водопостачання узгоджуються місцевими органами влади, тарифи на теплову енергію ТЕС, ТЕЦ призначаються Національною комісією регулювання електроенергетики України, та комунальних послуг (НКРЕКП).

### **3.2 Джерела втрат теплової енергії**

Будь-яку теплоенергетичну систему з метою аналізу можна умовно розбити на три основні ділянки:

1. ділянка виробництва теплової енергії (котельня);
2. ділянку транспортування теплової енергії споживачу (трубопроводи теплових мереж);
3. ділянка споживання теплової енергії (опалювальний об'єкт).

Кожен з наведених ділянок володіє характерними непродуктивними втратами, зниження яких і є основною функцією енергозбереження. Розглянемо кожну ділянку окремо.

#### **3.2.1 Дільниця виробництва теплової енергії. Існуюча котельня**

Головною ланкою на цій ділянці є котлоагрегат, функціями якого є перетворення хімічної енергії палива в теплову і передача цієї енергії теплоносію. У котлоагрегаті відбувається ряд фізико-хімічних процесів, кожен з яких має свій ККД. І будь-який котлоагрегат, яким би досконалим він не був, обов'язково втрачає частину енергії палива в цих процесах.

На ділянці виробництва теплової енергії при нормальній роботі котлоагрегату завжди існують три види основних втрат: з недожогом палива і тазами, ще йдуть (зазвичай не більше 18%), втрати енергії через обмурівку

котла (не більше 4%) і втрати з продувкою і на власні потреби котельні (близько 3%). Зазначені цифри теплових втрат приблизно близькі для нормального не нового вітчизняного котла (з ККД близько 75%). Більш досконалі сучасні котлоагрегати мають реальний ККД близько 80-85% і стандартні ці втрати у них нижча.

Однак вони можуть додатково зростати:

- якщо вчасно і якісно не проведена режимна наладка котлоагрегату з інвентаризацією шкідливих викидів, втрати з недожогом газу можуть збільшуватися на 6-8%;

- діаметр сопел пальників, встановлених на котлоагрегаті середньої потужності зазвичай не перераховується під реальне навантаження котла. Однак підключена до котла навантаження відрізняється від тієї, на яку розрахована пальник. Ця невідповідність завжди призводить до зниження тепловіддачі від смолоскипів до поверхонь нагріву і зростанням на 2-5% втрат з хімічним недожогом палива і газами, що йдуть;

- якщо чищення поверхонь котлоагрегатів проводиться, як правило, один раз па 2-3 роки, це знижує ККД котла з забрудненими поверхнями на 4-5% за рахунок збільшення на цю величину втрат з димовими газами. Крім того, недостатня ефективність роботи системи хімводоочищення (ХВО) призводить до появи хімічних відкладень (накипу) на внутрішніх поверхнях котлоагрегату значно знижують ефективність його роботи.

- якщо котел не обладнаний повним комплектом засобів контролю та регулювання (паромірами, теплотічильниками, системами регулювання процесу горіння і теплового навантаження) або якщо засоби регулювання котлоагрегату налаштовані неоптимально, то це в середньому додатково знижує його ККД на 5%.

- при порушенні цілісності обмурівки котла виникають додаткові присоси повітря в топку, що збільшує втрати з недожогом і газами, що йдуть на 2-5%

- використання сучасного насосного обладнання в котельні дозволяє в два-три рази знизити витрати електроенергії на власні потреби котельні та знизити витрати на їх ремонт та обслуговування.

- на кожен цикл «Пуск-зупинка» котлоагрегату витрачається значна кількість палива. Ідеальний варіант експлуатації котельні - її безперервна робота в діапазоні потужностей, визначеному режимної карти. Використання надійної запірної арматури, високоякісної автоматики і регулюючих пристроїв дозволяє мінімізувати втрати, що виникають із-за коливань потужності та виникнення нештатних ситуацій у котельні.

Перераховані вище джерела виникнення додаткових втрат енергії в котельні не є явними і прозорими для їх виявлення. Наприклад, одна з основних складових цих втрат - втрати з недожогом, можуть бути визначені тільки за допомогою хімічного аналізу складу газів, що йдуть. У той же час збільшення цієї складової може бути викликано цілим рядом причин: не дотримується правильне співвідношення суміші паливо-повітря, є несконтрольовані присоси повітря в топку котла, пальників пристрій працює в неоптимальному режимі. Таким чином, постійні неявні додаткові втрати тільки при виробництві тепла в котельні можуть досягати величини 20-25%.

### 3.2.2 Втрати тепла на ділянці його транспортування до споживача. Існуючі трубопроводи тепломереж.

Зазвичай теплова енергія, передана в котельні теплоносія, надходить в теплотрасу і слід на об'єкти споживачів. Величина КПД даної ділянки зазвичай визначається наступним:

- ККД мережних насосів, які забезпечують рух теплоносія по теплотрасі;
- втратами теплової енергії по довжині теплотрас, пов'язаними зі способом укладання та ізоляції трубопроводів;
- втратами теплової енергії, пов'язаними з правильністю розподілу тепла між об'єктами-споживачами, т.зв. гідравлічної налаштованістю теплотраси;

- періодично виникаючими під час аварійних і позаштатних ситуацій витоками теплоносія.

При розумно спроектованої і гідравлічно налагодженій системі теплотрас, видалення кінцевого споживача від ділянки виробництва енергії рідко становить більше 1,5-2 км і загальна величина втрат звичайно не перевищує 5-7%. Однак:

- використання вітчизняних потужних мережевих насосів з низьким ККД практично завжди призводить до значних непродуктивних перевитрат електроенергії.

- при великій протяжності трубопроводів теплотрас значний вплив на величину теплових втрат набуває якість теплової ізоляції теплотрас.

- гідравлічна налагодженість теплотраси є основоположним чинником, що визначає економічність її роботи. Підключені до теплотрасі об'єкти теплоспоживання повинні бути правильно розташовані таким чином, щоб тепло розподілялося по них рівномірно. В іншому випадку тепла енергія перестає ефективно використовуватися на об'єктах споживання і виникає ситуація з поверненням частини теплової енергії по зворотному трубопроводу на котельню. Крім зниження ККД котлоагрегатів це викликає погіршення якості опалення в найбільш віддалених по ходу тепломережі будівлях.

- якщо вода для систем гарячого водопостачання (ГВП) підігрівається на відстані від об'єкта споживання, то трубопроводи трас ГВП обов'язково повинні бути виконані за циркуляційної схемою. Присутність тупикової схеми ГВС фактично означає, що близько 35-45% теплової енергії, що йде на потреби ГВП, витрачається даремно.

Зазвичай втрати теплової енергії в теплотрасах не повинні перевищувати 5-7%. Але фактично вони можуть досягати величини в 25% і вище.

### 3.2.3 Втрати на об'єктах споживачів тепла. Системи опалення та ГВП існуючих будівель

Найбільш істотними складовими теплових втрат у теплоенергетичних системах є втрати на об'єктах-споживачах. Наявність їх може бути визначено тільки після появи в теплопункті (будівлі) приладу обліку теплової енергії, т.зв. теплотічильника. Досвід роботи з величезною кількістю вітчизняних теплових систем, дозволяє вказати основні джерела виникнення непродуктивних втрат теплової енергії. У найпоширенішому випадку такими є втрати:

- в системах опалення пов'язані з нерівномірним розподілом тепла по об'єкту споживання і нераціональністю внутрішньої теплової схеми об'єкта (5-15%);
- в системах опалення пов'язані з невідповідністю характеру опалення поточним погодним умовам (15-20%);
- в системах ГВП через відсутність рециркуляції гарячої води втрачається до 25% теплової енергії;
- в системах ГВП через відсутність або непрацездатності регуляторів гарячої води на бойлерах ГВП (до 15% навантаження ГВП);
- в трубчастих (швидкісних) бойлерах через наявність внутрішніх витоків, забруднення поверхонь теплообміну і труднощі регулювання (до 10-15% навантаження ГВП).

Загальні неявні непродуктивні втрати на об'єкті споживання можуть складати до 35% від теплового навантаження.

Головною непрямою причиною наявності та зростання перерахованих вище втрат є відсутність на об'єктах теплоспоживання приладів обліку кількості споживаного тепла. Відсутність прозорої картини споживання тепла об'єктом обумовлює впливає звідси нерозуміння значимості прийняття на ньому енергозберігаючих заходів.



### 3.3 Тепловий розрахунок теплових мереж

Тепловий розрахунок виконано за чинною методикою (за методикою, що визначена КТМ 204 Україна) [12]. Для проведення розрахунку, на основі вихідних даних які були отримані на котельні, побудовано розрахункову схему теплової мережі котельні. Теплові навантаження споживачів визначено на основі проведених розрахунків. Технічні та експлуатаційні показники і параметри теплопроводів визначено на основі отриманих вихідних даних. Необхідні для розрахунку додаткові дані визначено з використанням наразі чинних в Україні нормативних документів.

Результати теплових розрахунків мереж теплопроводів представлено у Додатках.

Розрахункові величини фізичних втрат теплової енергії представлено як сумарні з урахуванням всіх їх складових, що визначені чинними наразі в Україні нормативними документами. Результати розрахунків зібрано у таблиці, де зазначено розрахункові теплові втрати у мережах щомісячні у натуральних величинах та у відносних, також визначено розрахункові середньорічні вірати теплової енергії.

3.3.1 Нормування витрат теплоти на потреби опалення, вентиляції та гарячого водопостачання житлових і громадських споруд.

Загальну кількість теплоти, що виробляється за рік, визначають як суму корисно використаної теплоти за рік, втрати теплоти в теплових мережах, втрат теплоти на власні потреби котельні та втрат теплоти внутрішніми трубопроводами котельні за цей самий період:

$$Q_{вир}^{рік} = Q_{к}^{рік} + Q_{т.м}^{рік} + Q_{в.п}^{рік} + Q_{вр.тр.}^{рік} \quad (3.1)$$

де  $Q_{к}^{рік}$  - корисно використана теплота за рік, ГДж (Гкал);

$Q_{в.п}^{рік}$  - витрати теплоти на власні потреби котельні, ГДж (Гкал);

$Q_{вр.тр.}^{pik}$  - втрата теплоти внутрішніми трубопроводами котелень, ГДж (Гкал).

Кількість корисно використаної теплоти за рік визначають як суму гсплоспоживання на потреби опалення, вентиляції та гарячого водопостачання:

$$Q_{к.}^{pik} = Q_{о.}^{pik} + Q_{в.}^{pik} + Q_{г.в}^{pik} \quad (3.2)$$

де  $Q_{о.}^{pik}$  - витрата теплоти на опалення житлових громадських споруд за рік, ГДж (Гкал);

$Q_{в.}^{pik}$  - те ж саме на вентиляцію громадських споруд, ГДж (Гкал);

$Q_{г.в}^{pik}$  - те ж саме на гаряче водопостачання житлових та громадських споруд, ГДж (Гкал).

Кількість відпущеної теплоти за рік визначають як суму корисно використаної теплоти та втрат в теплових мережах:

$$Q_{від.}^{pik} = Q_{к.}^{pik} + Q_{т.м}^{pik} \quad (3.3)$$

де  $Q_{к.}^{pik}$  - корисно використана теплота за рік, ГДж (Гкал);

$Q_{т.м}^{pik}$  - втрата теплоти в теплових мережах, ГДж (Гкал).

При плануванні корисно використаної теплоти, як правило, користуються нормами витрати теплоти на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання житлових та громадських споруд в містах та населених пунктах, наведених в КТМ 204 Україна 244-94. При необхідності визначення індивідуальних норм витрати теплоти на ті ж самі потреби треба користуватися формулами, наведеними в СНиП 2.04.07-86, пп. 2.2, 2.3, 2.4 та СНиП 2.04.01-85

3.3.2 Теплові потоки при відсутності проектів на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання визначають:

для підприємств - за укрупненими відомчими нормами, затвердженими в установленому порядку, або за проектами аналогічних підприємств;

для житлових районів міст та населених пунктів - за формулами 3.4-3.10;

а) максимальний тепловий потік на опалення житлових та громадських споруд у Вт визначається за формулою:

$$Q_{\text{max}} = q_0 \cdot A \cdot (1 + k_1) \cdot K_0 \quad (3.4)$$

де  $K_0 = 1,163 \cdot (t_{\text{вн}} \cdot t_{\text{р.о}})$  при  $q_0, \text{ккал/м}^2 \text{ (м}^3\text{)год } ^\circ\text{C}$

$K_0 = 0,278 \cdot (t_{\text{вн}} \cdot t_{\text{р.о}})$  при  $q_0, \text{КДж/м}^2 \text{ (м}^3\text{)год } ^\circ\text{C}$

б) максимальний тепловий потік на вентиляцію громадських споруд у Вт визначається за формулою

$$Q_{b\text{max}} = k_1 \cdot k_2 \cdot q_0 \cdot A \cdot K_0 \quad (3.5)$$

в) середній тепловий потік на гаряче водопостачання житлових та громадських споруд у Вт визначається за формулою:

$$Q_{hm} = \frac{1,2 \cdot m \cdot (a + b) \cdot (55 - t_{xв})}{24 \cdot 3,6} \cdot C, \quad (3.6)$$

або  $Q_{hm} = q_h \cdot m$

г) максимальний тепловий потік на гаряче водопостачання житлових та громадських споруд у Вт визначається за формулою:

$$Q_{h\text{max}} = 2,4 \cdot Q_{hm} \quad (3.7)$$

де:  $q_0$  - питома опалювальна характеристика будівлі при  $t_{\text{р.о}}$ .  $\text{КДж/м}^2 \text{ (м}^3\text{)год } ^\circ\text{C}$ ,  $\text{ккал/м}^2 \text{ (м}^3\text{)год } ^\circ\text{C}$ .

$q_h$  - укрупнений показник середнього теплового потоку на гаряче водопостачання на 1 споживача, який приймається по додатку 3 СНиП 2.04.07-86, Вт;

a - норма витрат води на гаряче водопостачання при температурі 55°C на одного споживача на добу, який проживає в будівлях з гарячим водопостачанням і приймається в залежності від рівня комфортності згідно з СНиП 2.04.01-85, Л;

b - норма витрат води на гаряче водопостачання, яка споживається в громадських спорудах при температурі 55 °С приймається в розмірі 25 л/добу на 1 споживача;

c - питома теплоємність води, приймається в розрахунках рівною 4,187 кДж(кг °С);

$t_{хв.}$  - температура холодної (водопровідної) води в опалювальний сезон (при відсутності даних приймається рівною 5 ° С);

A - загальна площа житлових споруд, м<sup>2</sup>; або об'єм, м<sup>3</sup>.

$K_1$  - коефіцієнт, що враховує тепловий потік на опалення громадських споруд, при відсутності даних, дорівнює 0,25;

$K_2$  - коефіцієнт, що враховує тепловий потік на вентиляцію громадських споруд, при відсутності даних, дорівнює: для громадських будов, споруджених до 1985 р. - 0,4, після 1985 р. 0,6;

1,2 - коефіцієнт, що враховує тепловіддачу в приміщеннях від теплопроводів систем гарячого водопостачання (опалення ванних кімнат, сушка білизни);

m - кількість чоловік, чол.

Середній тепловий потік на опалення визначають за формулою:

$$Q_o^{cp} = Q_{o \max} \cdot \frac{t_{BH} - t_{cp.o}}{t_{BH} - t_{p.o}} \quad (3.8)$$

те ж саме, на вентиляцію при  $t_{p.в.}$  визначається за формулою:

$$Q_v^{cp} = Q_{v \max} \cdot \frac{t_{BH} - t_{cp.o}}{t_{BH} - t_{p.в}} \quad (3.9)$$

де  $t_{BH}$  - середня температура внутрішнього повітря,

$t_{cp.o.}$  - середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період,

$t_{p.o.}$  - розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення,

$t_{p.v.}$  - для проектування вентиляції.

Середній тепловий потік на гаряче водопостачання в неопалювальний період належить визначати за формулою:

$$Q_{hm}^5 = Q_{hm} \cdot \frac{55 - t_{x.g}}{55 - t_{x.z}} \cdot \beta \quad (3.10)$$

де -  $Q_{hm}^5$  - середній тепловий потік на гаряче водопостачання в середню добу тижня за опалювальний період, Вт;

$t_{x.l}$  - температура холодної (водопровідної) води в неопалювальний період (при відсутності даних приймається рівною 15 °С);

$\beta$  - коефіцієнт, що враховує зміни середньої втрати води на гаряче водопостачання в неопалювальний період по відношенню до опалювального періоду, при відсутності даних приймається для житлово-комунального сектору рівним 0,8 (для курортних та південних міст  $\beta$  - 1,5), для підприємств  $\beta = 1,0$ , згідно з СНиП 2.04.07-86 «Тепловые сети».

Нормування витрат теплоти на потреби опалення житлових та громадських споруд.

При опаленні житлових та громадських споруд теплота витрачається на покриття теплових втрат крізь будівельні огороження, що викликані інфільтрацією (прониканням) зовнішнього повітря через нещільності в конструкціях та двері, що періодично відчиняються.

Погодині витрати теплоти на опалення житлових та громадських споруд приймаються по показникам типових та індивідуальних проектів, за якими збудовані дані об'єкти.

При відсутності згаданих вище даних витрати теплоти на опалення допускається приймати по аналогії з типовими або індивідуальними проектами, що найбільше відповідають характеристикам цих споруд.

У випадках, коли максимальні погодинні витрати теплоти на опалення відомі, її річну потребу визначають за формулою:

$$Q_o^{pik} = Q_o \cdot \frac{t_{BH} - t_{cp.o}}{t_{BH} - t_{p.o}} \cdot \Pi_o \cdot 24 \cdot 10^{-6} \quad (3.11)$$

або

$$Q_o^{pik} = Q_o \cdot K_o \cdot 10^{-6}, \quad (3.12)$$

$$K_o = \frac{t_{BH} - t_{cp.o}}{t_{BH} - t_{p.o}} \cdot \Pi_o \cdot 24, \quad (3.13)$$

$Q_o^{pik}$  - річна потреба води на опалення, ГДж (Гкал);

$Q_o$  - максимальний погодинні витрати теплоти на опалення житлових та громадських споруд кДж / год (ккал / год);

$t_{BH}$  - усереднена розрахункова температура внутрішнього повітря опалювальних будинків;

$t_{p.o}$  - розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення;

$t_{cp.o}$  - середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період;

24 - кількість годин роботи системи опалення на добу, год;

$\Pi_o$  - тривалість опалювального періоду (доба) за кількістю днів зі стійкою середньою добовою температурою зовнішнього повітря 8 і нижче.

При неможливості визначення погодинних витрат теплоти на опалення житлових та громадських будов  $Q_o$  за фактичними даними, річну потребу в теплоті  $Q_o^{pik}$  ГДж (Гкал) визначають за формулою:

$$Q_o^{pik} = V_H \cdot q_o \cdot (t_{BH} - t_{cp.o}) \cdot \Pi_o \cdot 24 \cdot 10^{-6} \quad (3.14)$$

Питомі опалювальні характеристики житлових та громадських споруд для розрахункових зовнішніх температур повітря, відмінних від мінус 30°C, визначають за формулою:

$$q \cdot (t_{p.o} \neq 30^\circ C) = q \cdot (t_{p.o} = 30^\circ C) \cdot \& \quad (3.15)$$

де  $q \cdot (t_{p.o} \neq 30^\circ\text{C})$  - питома опалювальна характеристика,  $\text{кДж}/(\text{м}^3 \text{ год } ^\circ\text{C})$ ,  
( $\text{ккал} / \text{м}^3 \text{ год } ^\circ\text{C}$ ) при  $t_{p.o} \neq 30^\circ\text{C}$ ;

$q \cdot (t_{p.o} = 30^\circ\text{C})$  - те ж саме, при  $(t_{p.o} = 30^\circ\text{C})$ .

& - коефіцієнт перерахунку.

Зовнішній будівельний об'єм будов приймають за даними української асоціації інвентаризації.

Будівельний об'єм надземної частини будови з неопалювальним горіщем визначається множенням площі горизонтального розрізу по зовнішньому виміру будови на рівні першого поверху вище цоколю на повну висоту будинку, виміряну від рівня чистої підлоги першого поверху до верхньої площини теплоізоляційного шару перекриття горища, при безгорищних покрівлях до середньої відмітки верхньої поверхні покрівлі.

Будівельний об'єм підземної частини будинку визначається множенням площі горизонтального розрізу по зовнішньому виміру будинку на рівні першого поверху вище цоколю на висоту, виміряну від чистої підлоги першого поверху до рівня підлоги підвалу чи цокольного поверху.

При визначенні площі згаданого вище розрізу виступаючи на поверхні стін архітектурні деталі, а також в інші в стінах будинку та неопалювальної лоджії не враховуються.

При наявності опалювальних підвалів до одержаного вказаним шляхом об'єму будинку додають 40 % кубатури опалювального підвалу.

Річну потребу теплоти  $Q_o^{pik}$  ГДж(Гкал) на опалення житлових будинків, виходячи із розміру опалювальної площі, визначають за формулою:

$$Q_o^{pik} = F_o \cdot q_o \cdot (t_{BH} - t_{cp.o}) \cdot P_o \cdot 24 \cdot 10^{-6} \quad (3.16)$$

де  $F_o$  - загальна опалювальна площа жилих будинків,  $\text{м}^2$ ;

$q_o$  - питома опалювальна характеристика будинку при  $t_{p.o}$ ,  $\text{кДж}/(\text{м}^3 \text{ год } ^\circ\text{C})$ , ( $\text{ккал} / \text{м}^3 \text{ год } ^\circ\text{C}$ ).

$$q_o = R \cdot q_o \quad (3.17)$$

$R$  - кубатурний будівельний коефіцієнт, який являє собою відношення зовнішнього будівельного об'єму будинку  $V_n$  до загальної опалювальної площі  $F_o$  цього будинку.

Загальна площа опалювальних житлових будинків визначається як сума всіх житлових та підсобних приміщень, включаючи площу владнаних шаф, а також опалювальних, придатних для проживання протягом року прибудов та надбудов, включаючи мансарди та мезоніни.

В загальну площу житлових будинків не включається площа сходових клітей, ліфтових холів, вестибюлей, коридорів (крім тих, що знаходяться всередині квартир), галерей, необладнаних підвалів, сараїв, літніх кухонь, котелень зі складом палива, тамбурів, сіне, літніх приміщень (балконів, лоджій та терас), неопалювальних веранд (терас), мансард та мезонінів, а також площа підлоги під маршем сходів всередині квартири (в двох і більше рівнях) при висоті від підлоги до низу виступаючих конструкцій марша менше 1,6м та цокольних поверхів, зайнятих виступаючими конструктивними елементами, кухонними та опалювальними печами, неопалюваних прибудов та надбудов та інших літніх приміщень.

Якщо частина житлового будинку зайнята громадськими організаціями (магазинами, аптеками та ін.), то розрахункове навантаження на опалення визначається для кожної частини будівлі окремо з урахуванням їх об'єму і прийнятих розрахункових температур внутрішнього повітря для даних громадських організацій.

### **3.4 Гідравлічний розрахунок теплових мереж**

Гідравлічний розрахунок мереж виконано за загальноновизнаною методикою. Для проведення розрахунку, на основі вихідних даних, включаючи топографічну інформацію, побудовано розрахункову гідравлічну схему теплових мереж котелені за адресою вул. Р. Лінтварьових, 6б.



Розрахункові гідравлічні показники функціонування мережі та споживачів визначено з інформації про теплові навантаження споживачів. Необхідні для розрахунку додаткові дані визначено з використанням наразі чинних в Україні нормативних документів.

Розрахункові величини гідравлічних опорів ділянок теплових мереж представлено як сумарні з урахуванням всіх їх складових, що визначені чинними наразі в Україні нормативними документами. Результати розрахунків зібрано у таблиці та інтерпретовано побудованими графіками.

### **Розрахунок кількості теплоносія, необхідного для забезпечення теплового навантаження будівель:**

– за адресою вул. Р. Линтварьових, 70

а) Теплове навантаження будівлі – 0,060 Гкал/год.

б) Розрахунок кількості: теплоносія проводимо за формулою [1]:

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta t \quad (1)$$

де  $Q$  – теплове навантаження будівлі у Гкал/год

$m$  – масова витрата теплоносія, (тн/год)

$C_p$  – теплоємність теплоносія

$\Delta t$  – різниця температур прямого та зворотнього теплоносія.

Зважаючи на прийнятий в котельні за адресою вул. Р. Линтварьових, 70 температурний графік подачі теплоносія 95°/70° за розрахункової температури повітря навколишнього середовища – 25°С

$m$  – масова витрата кг/год.

звідси:

$$m = \frac{Q}{C_p \cdot \Delta t} \quad (\text{тн / год})$$

$$m = \frac{0.060(\text{Гкал/год})}{25^\circ} = 2.4 \text{ (тн/год)}$$

Звідси, для забезпечення теплового навантаження будівлі необхідно до системи її опалення за значених метеорологічних умов прокачувати теплоносій з об'ємно витратою :

$$Q = 2.4 \text{ м}^3 / \text{год}$$

– за адресою вул. Р. Лінтварьових, 68

а) Теплове навантаження будівлі – 0,0426 Гкал/год.

б) Розрахунок кількості: теплоносія проводимо за формулою [1]:

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta t$$

де  $Q$  – теплове навантаження будівлі у Гкал/год

$m$  – масова витрата теплоносія, (тн/год)

$C_p$  – теплоємність теплоносія

$\Delta t$  – різниця температур прямого та зворотнього теплоносія.

Зважаючи на прийнятий в котельні за адресою вул. Р.Лінтварьових,66 температурний графік подачі теплоносія 95°/70° за розрахункової температури повітря навколишнього середовища – 25°С

$m$  – масова витрата кг/год.

звідси:

$$m = \frac{Q}{C_p \cdot \Delta t} \text{ (тн/год)}$$

$$m = \frac{0.0427(\text{Гкал/год})}{25^\circ} = 1.7 \text{ (тн/год)}$$

Звідси, для забезпечення теплового навантаження будівлі необхідно до системи її опалення за значених метеорологічних умов прокачувати теплоносій з об'ємно витратою :

$$Q = 1.7 \text{ м}^3 / \text{год}$$

– за адресою вул. Р. Лінтварьових, 66

а) Теплове навантаження будівлі – 0,0998 Гкал/год.

б) Розрахунок кількості: теплоносія проводимо за формулою [1]:

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta t$$

де  $Q$  – теплове навантаження будівлі у Гкал/год

$m$  – масова витрата теплоносія, (тн/год)

$C_p$  – теплоємність теплоносія

$\Delta t$  – різниця температур прямого та зворотнього теплоносія.

Зважаючи на прийнятий в котельні за адресою вул. Р. Лінтварьових, 66 температурний графік подачі теплоносія  $95^\circ/70^\circ$  за розрахункової температури повітря навколишнього середовища –  $25^\circ\text{C}$

$m$  – масова витрата кг/год.

звідси:

$$m = \frac{Q}{C_p \cdot \Delta t} \text{ (тн/год)}$$

$$m = \frac{0.0998(\text{Гкал} / \text{год})}{25^\circ} = 3,9 \text{ (тн/год)}$$

Звідси, для забезпечення теплового навантаження будівлі необхідно до системи її опалення за значених метеорологічних умов прокачувати теплоносій з об'ємно витратою :

$$Q = 3.9 \text{ м}^3 / \text{год}$$

– за адресою вул. Толстого, 1

а) Теплове навантаження будівлі – 0,0767 Гкал/год.

б) Розрахунок кількості: теплоносія проводимо за формулою [1]:

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta t$$

де  $Q$  – теплове навантаження будівлі у Гкал/год

$m$  – масова витрата теплоносія, кг/год.

$C_p$  – теплоємність теплоносія

$\Delta t$  – різниця температур прямого та зворотнього теплоносія.

Зважаючи на прийнятий в котельні за адресою Р. Лінтварьових, 66 температурний графік подачі теплоносія 95°/70° за розрахункової температури повітря навколишнього середовища – 25°С

$m$  – масова витрата кг/год.

звідси:

$$m = \frac{Q}{C_p \cdot \Delta t} \text{ (тн/год)}$$

$$m = \frac{0.0767 \text{ (Гкал/год)}}{25^\circ} = 3 \text{ (тн/год)}$$

Звідси, для забезпечення теплового навантаження будівлі необхідно до системи її опалення за значених метеорологічних умов прокачувати теплоносій з об'ємно витратою :

$$Q = 3 \text{ м}^3 / \text{год}$$

– за адресою вул. Толстого, 3

в) Теплове навантаження будівлі – 0,0551 Гкал/год.

г) Розрахунок кількості: теплоносія проводимо за формулою [1]:

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta t$$

де  $Q$  – теплове навантаження будівлі у Гкал/год

$m$  – масова витрата теплоносія, (тн/год)

$C_p$  – теплоємність теплоносія

$\Delta t$  – різниця температур прямого та зворотнього теплоносія.

Зважаючи на прийнятий в котельні за адресою Р. Лінтварьових, 66 температурний графік подачі теплоносія 95°/70° за розрахункової температури повітря навколишнього середовища – 25°С

$m$  – масова витрата кг/год.

звідси:

$$m = \frac{Q}{C_p \cdot \Delta t} \text{ (тн/год)}$$

$$m = \frac{0.0551(\text{Гкал/год})}{25^\circ} = 2.2 \text{ (тн/год)}$$

Звідси, для забезпечення теплового навантаження будівлі необхідно до системи її опалення за значених метеорологічних умов прокачувати теплоносій з об'ємно витратою :

$$Q = 2.2 \text{ м}^3 / \text{год}$$

– за адресою вул. Толстого,5

д) Теплове навантаження будівлі – 0,0646 Гкал/год.

е) Розрахунок кількості: теплоносія проводимо за формулою [1]:

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta t$$

де  $Q$  – теплове навантаження будівлі у Гкал/год

$m$  – масова витрата теплоносія, (тн/год)

$C_p$  – теплоємність теплоносія

$\Delta t$  – різниця температур прямого та зворотнього теплоносія.

Зважаючи на прийнятий в котельні за адресою вул. Р. Линтварьових, 66 температурний графік подачі теплоносія 95°/70° за розрахункової температури повітря навколишнього середовища – 25°С

$m$  – масова витрата (тн/год)

звідси:

$$m = \frac{Q}{C_p \cdot \Delta t} \text{ (тн/год)}$$

$$m = \frac{0.0646(\text{Гкал} / \text{год})}{25^\circ} = 2.5 (\text{тн} / \text{год})$$

Звідси, для забезпечення теплового навантаження будівлі необхідно до системи її опалення за значених метеорологічних умов прокачувати теплоносій з об'ємно витратою :

$$Q = 2.5 \text{ м}^3 / \text{год}$$

– за адресою вул. Толстого, 10

ж) Теплове навантаження будівлі – 0,0426 Гкал/год.

з) Розрахунок кількості: теплоносія проводимо за формулою [1]:

$$Q = m \cdot C_p \cdot \Delta t$$

де  $Q$  – теплове навантаження будівлі у Гкал/год

$m$  – масова витрата теплоносія, (тн/год)

$C_p$  – теплоємність теплоносія

$\Delta t$  – різниця температур прямого та зворотнього теплоносія.

Зважаючи на прийнятий в котельні за адресою вул. Р. Лінтварьових, 66 графік подачі теплоносія  $95^\circ/70^\circ$  за розрахункової температури повітря навколишнього середовища –  $25^\circ\text{C}$

$m$  – масова витрата (тн/год)

звідси:

$$m = \frac{Q}{C_p \cdot \Delta t} (\text{тн} / \text{год})$$

$$m = \frac{0.0426(\text{Гкал} / \text{год})}{25^\circ} = 1.7 (\text{тн} / \text{год})$$

Звідси, для забезпечення теплового навантаження будівлі необхідно до системи її опалення за значених метеорологічних умов прокачувати теплоносій з об'ємно витратою :

$$Q = 1.7 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Сумарна витрата теплоносія за зазначених метеорологічних умов визначається, як сума витрат теплоносія, необхідного для забезпечення теплового навантаження кожної будівлі

$$Q_{\text{заг}} = \sum Q_i, \quad (2)$$

де  $Q_{\text{заг}}$  – сума витрати теплоносія

$Q_i$  – величина витрати теплоносія 1-го будинку.

$$Q_{\text{заг}} = 2,4 + 1,7 + 3,9 + 3 + 2,5 + 2,2 + 1,7 = 17,4 \text{ м}^3 / \text{год}$$

### **Висновок до розділу 3**

Проведені теплові та гідравлічні розрахунки функціонування системи централізованого теплотабачення споживачів від котельні вул. Родини Липтварьових, 66 показують, що застосовані на котельні циркуляційні насоси не відповідають за обсягами подачі оптимальним вимогам. При яких можна досягти високих показників енергоефективності технологічного процесу водопостачання.

Можливими напрямками оптимізації технологічного процесу може бути модернізація існуючого насосного обладнання чи підбір нових насосних агрегатів, які за показниками обсягів подачі та величини напору відповідають розрахунковим значенням.

## РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА АЛЬТЕРНАТИВНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СПОЖИВАЧІВ ТЕПЛОВОЮ ЕНЕРГІЄЮ

У данному розділі розроблено енергозберігаючі заходи, які спрямовані на зменшення споживання енергії при забезпеченні технологічного процесу опалення житлових приміщень.

### 4.1. Модернізація існуючого насосного агрегату ЗКМ-9.

Розрахунки, представлені у данному розділі, виконані за загальноприйнятою методикою [21].

**Основні вихідні показники для проектування консольного відцентрового насоса.**

Подача насоса	м <sup>3</sup> /год	17.4
Напір	м	30±3%
Тиск на вході у насос	МПа	0,15
Тип електродвигуна	АИРМ100L2	
Потужність електродвигуна	кВт	5,5
Напруга	В	380
Частота обертання	хв <sup>-1</sup>	2900
Зовнішнє протікання через ущільнення	м <sup>3</sup> /год	0,002
ККД насоса	% не менше	60
Маса сухого насоса	кг	34
Кавітаційний запас	м	3,5
Коефіцієнт швидкохідності		58
Перекачувана рідина – вода, температурою до 105 <sup>0</sup> С		

#### *Конструкція і принцип роботи насоса*

Електричний насос є моноблоком, що складається з одноступінчатого відцентрового насоса і привідного електричного двигуна.



Відцентровий насос складається з корпусу, кришки підводу, кришки опорної, колеса, вузла ущільнення.

Робоче колесо закріплюється на подовжений кінець валу електродвигуна і закріплюється за допомогою шпонки, шайби і спеціальної гайки робочого колеса.

Підведення рідини - осьове.

У кришці корпусу встановлено м'яке або торцеве кінцеве ущільнення, до якого з напірної порожнини підводиться рідина для створення гідравлічного затвору і охолодження.

Електронасос кріпиться на фундаменті.

Принцип роботи насоса полягає в наступному:

Перекачувана рідина через підвідний канал подається в робоче колесо, яке обертається безперервно. Під дією відцентрової сили, що розвивається в колесі при його обертанні, рідина спрямовується від центру колеса до периферії, переміщуючись уздовж лопатей (при одночасній енергетичній взаємодії потоку та поверхні лопаті колеса), надходить в спіральний відвід, а з нього - в напірний патрубок.

## **Гідравлічний розрахунок проточної частини відцентрового насоса**

### 4.1.1. Розрахунок основних параметрів насоса.

Вибір конструктивної схеми насоса визначається коефіцієнтом швидкохідності, який розраховується за формулою:

$$n_s = \frac{3.65 \cdot n \cdot \sqrt{Q}}{H^{3/4}}$$

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} - \text{кутова швидкість } c^{-1}; \quad \omega = \frac{\pi \cdot 2900}{30} = 303.53 \text{ } c^{-1};$$

$n$  - частота обертання робочого колеса,  $хв^{-1}$ ;

$Q$  - подача,  $м^3 / с$ ;

$H$  - напір, м ;

$$n_s = \frac{3.65 \cdot 2900 \cdot \sqrt{0.004833}}{30^{3/4}} = 57.4.$$

4.1.2 Критичний(допустимий) кавітаційний запас насосу визначається за формулою:

$$\Delta \eta_{кр} = \frac{1}{A} \left( \frac{P_a - P_n}{\rho} - g \cdot H_{вс} - h_{Тн} \right),$$

де:

$g$  - прискорення сил тяжіння, м/с<sup>2</sup>

$\rho$  - щільність рідини, що перекачується, кг / м<sup>3</sup>;

$P_a$  - тиск на виході, Па;

$P_n$  - тиск пароутворення за заданої температури, Па;

$A$  - коефіцієнт запасу;

$H_{вс}$  - геометрична висота всмоктування, м;

$h_{Тн}$  - гідравлічні втрати у прямому трубопроводі, м

$A = 1.2$ ;  $H = 4$  м;  $P_a = 9,8 \cdot 10^4$  Па;  $h_{Тн} = 15$  м

$$\Delta \eta_{кр} = \frac{1}{1.2} \left( \frac{9.81 \cdot 10^4 - 0.14 \cdot 10^4}{0.1 \cdot 10^4} - 9.81 \cdot 4 - 15 \right) = 3.5 \text{ м.}$$

4.1.3 Максимально допустима частота обертання визначається за формулою

$$n_{\max} = \frac{C_{кр} \cdot \Delta h_{кр}^{3/4}}{31.15 \cdot Q^{1/2}}.$$

$C_{кр}$  - кавітаційний коефіцієнт швидкохідності, вибирається в залежності від  $n_s$ : для циркуляційного насоса можна вважати близьким до 1000.

$$n_{\max} = \frac{1000 \cdot 35.4^{3/4}}{31.15 \cdot 0.004833^{1/2}} = 6700 \text{ } x\text{e}^{-1}.$$

Робоча частота обертання менша за максимальну.

4.1.4. Приведений діаметр входу в робоче колесо розраховується за формулою

$$d_{\text{пр}} = (4.0 \div 4.5) \cdot 10^3 \cdot \sqrt[3]{(Q/n)}$$

$$d_{\text{пр}} = 4.0 \cdot 10^3 \cdot \sqrt[3]{(0.004833 / 2900)} = 47.42 \text{ мм.}$$

4.1.5. Гідравлічний ККД насоса визначаємо за формулою Ломакіна А.А.

$$\eta_{\text{г}} = 1 - \frac{0.42}{(\lg d_{\text{пр}} - 0.172)^2};$$

$$\eta_{\text{г}} = 1 - \frac{0.42}{(\lg 47.42 - 0.172)^2} = 0.814.$$

4.1.6. Об'ємний ККД насоса розраховується за формулою

$$\eta_{\text{об}} = \frac{1}{1 + 0.68 \cdot n_s^{-2/3}}.$$

$$\eta_{\text{об}} = \frac{1}{1 + 0.68 \cdot 57.4^{-2/3}} = 0.937.$$

4.1.7. Механічний ККД насоса знаходиться у межах  $\eta_{\text{мех}} = 0.90 \div 0.98$ .

Приймаємо  $\eta_{\text{мех}} = 0.95$ .

4.1.8. Повний ККД насоса

$$\eta_{\text{пов}} = \eta_{\text{г}} \cdot \eta_{\text{об}} \cdot \eta_{\text{мех}} = 0.814 \cdot 0.937 \cdot 0.95 = 0.725.$$

4.1.9. Активна потужність на валу насоса (колеса)

$$N = \frac{\rho \cdot Q \cdot H}{\eta}.$$

$$N = \frac{1.0 \cdot 0.004833 \cdot 300}{0.725} = 2.0 \text{ кВт}.$$

4.1.10. Потужність на валу привідного електричного двигуна з урахуванням 10% запасу

$$N_{\text{об}} = 1.1 \cdot 2.0 = 2.2 \text{ кВт}.$$

## 4.2. Розрахунок основних розмірів робочого колеса.

4.2.1. Обертовий момент на валу насоса (робочого колеса):

$$M_{\text{max}} = 97500 \cdot \frac{N_{\text{об}}}{n} = 97500 \cdot \frac{2.2}{2900} = 73.96 \text{ кгс} \cdot \text{м}.$$

4.2.2. Діаметр вала насоса у місці посадки робочого колеса

$$d_{\text{в}} = \sqrt[3]{\frac{M_{\text{max}}}{0.2 \cdot Z_{\text{кр}}}}$$

$Z_{кр}$  - припустиме значення напруження для скручування сталевих валів,  $Z_{кр}$   
= 130 кг/см<sup>2</sup>

$$d_{\epsilon} = \sqrt[3]{\frac{73.96}{0.2 \cdot 130}} = 14.2 \text{ мм}$$

Приймаємо стандартний діаметр вала насоса 20 мм

4.2.3. Діаметр втулки (ступиці)  $d_{\epsilon m}$  робочого колеса розраховується за співвідношенням  $d_{\epsilon m} = (1.2 \dots 1.25) \cdot d_{\epsilon}$ .

Більші значення коефіцієнта рекомендується брати для менших значень діаметра вала, тож

$$d_{\epsilon m} = 1.25 \cdot 20 = 25 \text{ мм. Приймаємо } 28 \text{ мм.}$$

4.2.4. Розрахункова продуктивність робочого колеса з урахуванням втрат:

$$Q' = Q / \eta_{об} = 0.004833 / 0.956 = 0.005 \text{ м}^3/\text{с.}$$

4.2.5. Швидкість рідини на вході перетину робочого колеса у першому наближенні розраховується за формулою Руднева С.С.

$$V_0 = (0.03 \dots 0.08) \cdot \sqrt[3]{Q' \cdot n^2} = 0.06 \cdot \sqrt[3]{0.005 \cdot 2900^2} = 2.08 \text{ м/с.}$$

4.2.6. Діаметр вхідної воронки робочого колеса

$$d_0 = \sqrt{d_{np}^2 + d_{\epsilon m}^2} = \sqrt{0.04742^2 + 0.028^2} = 0.055 \text{ м. Приймаємо } 55 \text{ мм.}$$

4.2.7. Діаметр входу у робоче колесо  $d_1$  рекомендується приймати

$$d_1 = (0.9 \dots 1.1) \cdot d_0.$$

Приймаємо  $d_1 = d_0 = 55 \text{ м.}$

4.2.8. Остаточне значення швидкості рідини на вході

$$V_0 = \frac{4 \cdot Q'}{\pi d_0^2}$$

$$V_0 = \frac{4 \cdot 0.005}{\pi \cdot 0.055^2} = 2.267 \text{ м/с.}$$

4.2.9. Меридіональну складову абсолютної швидкості потоку до стиснення перетину лопаті приймаємо однаковою зі швидкістю рідини на вході

$$V_0 = C_m = 2.267 \text{ м/с.}$$

4.2.10. Ширина міжлопатевого каналу на вході у робоче колесо  $b_1$  визначається за формулою

$$b_1 = \frac{Q'}{\pi \cdot d_1 \cdot C_m}$$

$$b_1 = \frac{0.005}{\pi \cdot 0.055 \cdot 2.267} = 0.0132 \text{ м. Приймаємо } 13 \text{ мм.}$$

4.2.11. Коефіцієнт стиснення потоку рідини лопатями на вході

$$\psi_1 = 1.1 \dots 1.15.$$

Приймаємо  $\psi_1 = 1.15$ .

4.2.12. Меридіональна складова абсолютної швидкості рідини з урахуванням стиснення на вході

$$C'_{m1} = \psi_1 \cdot C_m = 1.15 \cdot 2.267 = 2.6 \text{ м/с.}$$

4.2.13. Переносна швидкість на вході у колесо

$$U_1 = R' \cdot \omega$$

де  $R'$  - радіус середньої точки вхідної кромки лопаті, який розраховується за формулою

$$R' = 0.8 \cdot \frac{d_1}{2} = 0.8 \cdot \frac{0.055}{2} = 0.022 \text{ м.}$$

$$U_1 = R' \cdot \omega = 0.022 \cdot 303.53 = 6.67 \text{ м/с.}$$

4.2.14. Вхідний кут безударного спрямування потоку рідини на лопать розраховується за співвідношенням

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{C_{m1}}{U_1} = \frac{2.6}{6.67} = 0.389.$$

Звідки, приймаємо  $\beta_1 = 20^\circ$ .

4.2.15. Кут атаки (кут між напрямком  $\beta_1$  лопаті і відносною швидкістю  $w_1$ ).

Для зменшення гідравлічних зусиль, втрат в області робочого колеса насоса та підвищення його кавітаційних властивостей при проектуванні насосів рекомендується приймати кут атаки в межах  $\delta = 3^\circ \dots 8^\circ$ .

Приймаємо  $\delta = 8^\circ$ .

4.2.16. Вхідний кут нахилу лопаті

$$\beta_{1L} = \beta_1 + \delta = 20^\circ + 8^\circ = 28^\circ.$$

4.2.17. Відносна швидкість  $W_1$  потоку рідини після попадання на лопать

$$W_1 = \frac{C_{m1}}{\sin \beta_{1L}} = \frac{2.6}{\sin 28^\circ} = 5.8 \text{ м/с.}$$

4.2.18. Напір робочого колеса насоса при нескінченно великій кількості лопатей

$$H_T^\infty = \frac{H}{\mu \cdot \eta_z} = \frac{28.5}{0.9 \cdot 0.814} = 38.9 \text{ м.}$$

4.2.19. Зовнішній радіус робочого колеса у першому наближенні

$$d_2 = K_2 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q}{n}}$$

$$K_2 = 9.35 \cdot \sqrt{\frac{100}{n_s}} = 9.35 \cdot \sqrt{\frac{100}{57.4}} = 12.34.$$

$$d_2 = 12.34 \cdot \sqrt[3]{\frac{0.004833}{2900}} = 0.146 \text{ м.}$$

4.2.20. Ширина робочого колеса  $b_2$  у першому наближенні

$$b_2 = K_b \cdot \sqrt[3]{\frac{Q}{n}}$$

$$K_b = 0.8 \cdot \sqrt{\frac{n_s}{100}} = 0.8 \cdot \sqrt{\frac{57.4}{100}} = 0.606.$$

$$b_2 = 0.606 \cdot \sqrt[3]{\frac{0.004833}{2900}} = 0.00718 \text{ м. Приймаємо } 7 \text{ мм.}$$

4.2.21. Величина меридіональної складової абсолютної швидкості потоку рідини на виході з робочого колеса однакова при скінченній та нескінченній кількості лопатей і розраховується за формулою

$$C_{m2} = C_{m2}^{\infty} = \frac{Q'}{\psi_2 \cdot \pi \cdot d_2 \cdot b_2}$$

$$C_{m2} = C_{m2}^{\infty} = \frac{0.005}{0.9 \cdot \pi \cdot 0.146 \cdot 0.00718} = 1.7 \text{ м/с.}$$

Коефіцієнт стиснення потоку рідини  $\psi_2$  на виході з робочого колеса може приймати значення

$$\psi_2 = (0.9 \dots 0.95).$$



Прийнято  $\psi_2 = 0.9$ , як це рекомендується для малих насосів.

4.2.22. Переносна швидкість потоку рідини на виході з насоса у першому наближенні

$$U_2 = U_2^\infty = \frac{\omega \cdot d_2}{2} = \frac{303.53 \cdot 0.146}{2} = 22.16 \text{ м/с.}$$

4.2.23. Окружна складова абсолютної швидкості руху рідини при нескінченній кількості лопатей знаходиться з рівняння Ейлера для напору ідеального робочого колеса

$$H_T^\infty = \frac{V_{U2}^\infty \cdot U_2 - V_{U1}^\infty \cdot U_1}{g}.$$

У відцентрових насосів без закручування потоку рідини перед робочим колесом  $V_{U1}^\infty = 0$ , звідки

$$V_{U2}^\infty = \frac{H_T^\infty \cdot g}{U_2}.$$

$$V_{U2}^\infty = \frac{38.9 \cdot 9.81}{22.16} = 17.22 \text{ м/с.}$$

4.2.24. Меридіональна складова абсолютної швидкості потоку рідини на виході з робочого колеса без урахування стиснення

$$C_{m2} = (1.0 \dots 0.5) \cdot C_{m1}'.$$

$$C_{m2} = 0.95 \cdot 2.6 = 2.47 \text{ м/с.}$$

4.2.25. Меридіональна складова абсолютної швидкості потоку рідини на виході з робочого колеса з урахуванням стиснення

$$C_{m2}' = \psi_2 \cdot C_{m2}.$$

$$C_{m2}' = 0.9 \cdot 2.47 = 2.22 \text{ м/с.}$$

4.2.26. Кут виходу лопаті  $\beta_{2Л}$  визначається за розрахованими у п.п. 4.2.22÷4.2.25 значеннями швидкостей, використовуючи наступне співвідношення

$$\operatorname{tg} \beta_{2Л} = \frac{C'_{m2}}{U_2 - V_{U2}^{\infty}}.$$

$$\operatorname{tg} \beta_{2Л} = \frac{2.22}{22.16 - 17.22} = 0.45.$$

Звідки отримуємо  $\beta_{2Л} = 24.2^{\circ}$ .

Для сучасних насосів  $\beta_{2Л} = 17^{\circ} \dots 30^{\circ}$ .

4.2.27. За формулою К. Пфлейдерера визначається кількість лопатей робочого колеса

$$z = 6.5 \cdot \frac{d_2 + d_1}{d_2 - d_1} \cdot \sin \frac{\beta_{1Л} + \beta_{2Л}}{2}.$$

$$z = 6.5 \cdot \frac{0.146 + 0.053}{0.146 - 0.053} \cdot \sin \frac{30^{\circ} + 24.2^{\circ}}{2} = 6.33.$$

Приймаємо  $z = 6$  лопатей.

4.2.28. Уточнене значення кута установки лопаті на виході з робочого колеса

$$\beta_{2Л} = 2 \cdot \arcsin \frac{z \cdot (d_2 - d_1)}{6.5 \cdot (d_2 + d_1)} - \beta_{1Л}.$$

$$\beta_{2Л} = 2 \cdot \arcsin \frac{6 \cdot (0.146 - 0.053)}{6.5 \cdot (0.146 + 0.053)} - 30^{\circ} = 21.11^{\circ}.$$

4.2.29. Коефіцієнт  $\mu$ , який враховує вплив скінченної кількості лопатей на напір. Для насосів з малими значеннями коефіцієнта швидкохідності застосовується формула К. Пфлейдерера

$$\mu = \left( 1 + \frac{2 \cdot \varphi \cdot d_2^2}{z \cdot (d_2^2 - d_1^2)} \right)^{-1},$$

де  $\varphi$  - поправочний множник, для розрахунку якого рекомендується наступна емпірична залежність

$$\varphi = (0.55 \dots 0.65) + 0.6 \cdot \sin \beta_{2Л}.$$

Величина першого доданку залежить від шорсткості проточної частини робочого колеса. Впливає також конструкція відводу потоку рідини від колеса. Для спіральної камери поправка має більше значення.

$$\varphi = 0.55 + 0.6 \cdot \sin 21.11^\circ = 0.766,$$

$$\mu = \left( 1 + \frac{2 \cdot 0.766 \cdot 0.146^2}{6 \cdot (0.146^2 - 0.053^2)} \right)^{-1} = 0.773.$$

4.2.30. Уточнене значення напору при нескінченно великій кількості лопатей

$$H_T^\infty = \frac{H}{\mu \cdot \eta_z} = \frac{28.5}{0.773 \cdot 0.814} = 45.3 \text{ м}$$

4.2.31. Уточнене значення окружної швидкості на виході робочого колеса

$$U_2 = \frac{C_{m2}}{2 \cdot \operatorname{tg} \beta_{2Л}} + \sqrt{\left( \frac{C_{m2}}{2 \cdot \operatorname{tg} \beta_{2Л}} \right)^2 + H_T^\infty \cdot g}.$$

$$U_2 = \frac{2.22}{2 \cdot \operatorname{tg} 24.2^\circ} + \sqrt{\left( \frac{2.22}{2 \cdot \operatorname{tg} 24.2^\circ} \right)^2 + 45.3 \cdot 9.81} = 23.6 \text{ м/с}.$$

4.2.32. Уточнене значення зовнішнього радіусу робочого колеса

$$R_2 = \frac{U_2}{\omega} = \frac{23.6}{303.53} = 0.075 \text{ м. Приймаємо } 75 \text{ мм}.$$

4.2.33. Зовнішній діаметр робочого колеса

$D_2 = 2 \cdot R_2 = 2 \cdot 0.075 = 0.150$  м. Приймаємо 150 мм.

4.2.34. Ширина міжлопатевого каналу на виході з робочого колеса

$$b_2 = \frac{Q'}{\psi_2 \cdot \pi \cdot d_2 \cdot C_{m2}}$$

$$b_2 = \frac{0.005}{0.9 \cdot \pi \cdot 0.15 \cdot 2.22} = 0.0053 \text{ м. Приймаємо } b_{0,7} \text{ мм.}$$

4.2.35. Товщина лопаті робочого колеса вибирається в інтервалі  $\delta = 2 \dots 9$  мм.

Вибираємо  $\delta = 3$  мм.

4.2.36. Уточнення попередньо вибраних коефіцієнтів стиснення перетину тілом лопатей

$$\psi_1 = \left( 1 - \frac{z \cdot \delta}{\pi \cdot d_1 \cdot \sin \beta_{1Л}} \right)^{-1}$$

$$\psi_1 = \left( 1 - \frac{6 \cdot 3}{\pi \cdot 55 \cdot \sin 30^\circ} \right)^{-1} = 1.4.$$

$$\psi_2 = \left( 1 - \frac{z \cdot \delta}{\pi \cdot d_2 \cdot \sin \beta_{2Л}} \right)^{-1}$$

$$\psi_2 = \left( 1 - \frac{6 \cdot 3}{\pi \cdot 150 \cdot \sin 21.11^\circ} \right)^{-1} = 1.16.$$

4.2.37. Відносна швидкість потоку рідини на вході у робоче колесо

$$W_1 = \frac{C'_{m1}}{\sin \beta_{1Л}} \cdot \psi_1 = \frac{2.6}{\sin 30^\circ} \cdot 1.4 = 7.28 \text{ м/с.}$$

4.2.38. Відносна швидкість потоку рідини на виході з робочого колеса

$$W_2 = \frac{C'_{m2}}{\sin \beta_{2Л}} \cdot \psi_2 = \frac{2.22}{\sin 21.11^\circ} \cdot 1.16 = 7.15 \text{ м/с.}$$

### 4.3. Профілювання каналу робочого колеса у меридіональному перетині

Застосовується лінійний закон зміни  $C_{m\alpha}$  до значення  $C_{m\alpha}$  в функції від радіусу  $R$ :

$$R_{\alpha} = d_1/2 = 0.0265 \text{ м;}$$

$$R_{\alpha} = R_2 = 0.075 \text{ м.}$$

$$\Delta R_i = \frac{R_2 - R_1}{5}.$$

$$\Delta R_i = \frac{0.075 - 0.0265}{5} = 0.0097 \text{ м.}$$

$$C_{m\alpha} = 2.60 \text{ м/с;}$$

$$C_{m\alpha} = 2.22 \text{ м/с.}$$

Закон зміни ширини каналу  $b_i$  залежно від  $C_{mi}$  має вигляд

$$b_i = \frac{Q'}{\pi \cdot d_1 \cdot C_{mi}}.$$

Числові значення розрахунку  $C_{mi}$  та  $b_i$  залежно від  $R_i$  зведемо у табл. 4.1

Таблиця 4.1. Профілювання каналу робочого колеса

№	$R_i$ (м)	$C_{mi}$ (м/с)	$b_i$ (м)
1	0.0265	2.600	0.01155
2	0.0362	2.524	0.00877
3	0.0459	2.448	0.00708
4	0.0556	2.372	0.00604
5	0.0653	2.296	0.00531
6	0.0750	2.220	0.00478

#### 4.4. Профілювання лопатей робочого колеса

Робочі колеса насосів з коефіцієнтом швидкохідності  $n_s \leq 90$  і звичайними кавітаційними якостями, виконують з циліндричними лопатями, оскільки у таких коліс напрямком середньої лінії потоку в меридіональному перетині практично збігається з напрямком радіусу. Для забезпечення безвідривного обтікання контуру лопаті потоком рідини прийmemo лінійний закон зміни відносної швидкості  $W$  в залежності від радіуса робочого колеса:  $W=f(R_l)$ . При цьому:

$$W_{\text{вх}} = W_1 = 7.28 \text{ м/с};$$

$$W_{\text{вих}} = W_2 = 7.15 \text{ м/с}.$$

Виходячи з лінійного закону зміни відносної швидкості, її прирощення складає

$$\Delta W = \frac{W_1 - W_2}{5} = \frac{7.28 - 7.15}{5} = 0.026 \text{ м/с на кожне } \Delta R_i \text{ прирощення поточної зміни радіусу.}$$

Знаючи функції лопаті  $W=f(R_l)$  та  $C_{mi}=f(R_l)$  і товщину лопаті  $\delta$  можна розрахувати кут її нахилу за співвідношенням:

$$\sin \beta_i = \frac{C_{mi}}{W_i} \cdot \left( \frac{t}{t - \delta} \right),$$

$$\text{де } t = \frac{2\pi R_i}{z}.$$

Тож залежність кута нахилу лопаті від меридіональної складової швидкості, складової абсолютної швидкості та радіусу має вигляд

$$\beta_i = \arcsin \left( \frac{C_{mi}}{W_i} \cdot \left( \frac{t}{t - \delta} \right) \right).$$

Координати середньої лінії контуру лопаті в плані знаходяться з інтегрального рівняння

$$\varphi = \int_{R_1}^{R_2} \frac{dr}{r \cdot \operatorname{tg} \beta_i}.$$

Тут  $\varphi$  - центральний кут охоплення частини лопаті робочого колеса між початковою точкою (з радіусом  $R_1$ ) і проміжною точкою (з радіусом  $r$ ). Інтеграл вирішується методом числового інтегрування. Для цього середню лінію потоку меридіонального перетину каналу колеса розбивається, як і раніше, на 5 однакових елементарних відрізків.

Позначивши підінтегральну функцію як

$$B_i(r) = \frac{1}{R_i \cdot \operatorname{tg} \beta_i},$$

з виразу  $\Delta\varphi_i = \frac{B_i + B_{i+1}}{2} \Delta R_i$  розраховуємо прирощення центрального кута.

В останньому виразі  $\Delta R_i$  - прирощення радіусу;

$B_i$  та  $B_{i+1}$  - значення підінтегральної функції на початку та в кінці ділянки.

Повний кут охоплення лопаті (в градусах) розраховується за формулою

$$\varphi_k = \frac{180^0}{\pi} \cdot \sum_{i=1}^k \frac{B_i + B_{i+1}}{2} \Delta R_i.$$

Результати розрахунку профілю лопаті зводимо в табл. 4.2

Таблиця 4.2. Розрахунок профілю лопаті

№		1	2	3	4	5	6
1	$R_i$ (м)	0.0265	0.0362	0.0459	0.0556	0.0653	0.0750
2	$b_i$ (м)	0.01155	0.00877	0.00708	0.00604	0.00531	0.00478
3	$C_{mi}$ (м/с)	2.600	2.524	2.448	2.372	2.296	2.220
4	$W_i$ (м/с)	7.280	7.254	7.228	7.202	7.176	7.150
5	$C_{mi}/W_i$	0.357	0.348	0.337	0.329	0.320	0.310

6	$t$ (м)	0.0277	0.0379	0.0480	0.0582	0.0684	0.0785
7	$\delta$ (м)	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-3}$
8	$t/(t-\delta)$	1.120	1.090	1.070	1.050	1.045	1/040
9	$\sin \beta_i = \frac{C_{mi}}{W_i} \cdot \left( \frac{t}{t-\delta} \right)$	0.400	0.378	0.359	0/347	0.335	0.322
10	$\beta_i^0$	23.60	22.20	21.07	20.30	19.55	18.80
11	$tg \beta_i$	0.437	0.408	0.385	0.370	0.355	0.340
12	$\Delta R_i$	0	0.0097	0.0097	0.0097	0.0097	0.0097
13	$B_i(r) = 1 / (R_i \cdot tg \beta_i)$	71.88	58.52	49.97	43.76	39.16	35.94
14	$\Delta B_i = (B_i + B_{i+1}) / 2$	65.21	54.24	46.86	41.46	37.55	35.94
15	$\Delta \varphi_i = \Delta B_i \cdot \Delta R_i$	0	0.526	0.454	0.402	0.364	0.348
16	$\varphi_k = (180^0 / \pi) \cdot \sum_{i=1}^k \Delta \varphi_i$	0	30.21	56.23	79.27	100.13	120.07

За наведеними у таблиці даними будується профіль лопатей.

#### 4.5. Розрахунок спірального відводу колового перетину

Канали для відводу потоку рідини повинні:

- а) забезпечувати осесиметричний потік рідини при виході з робочого колеса і тим самим забезпечувати умови для стабілізації відносного руху в області колеса;
- б) перетворювати кінетичну енергію потоку, який виходить з колеса, у потенціальну, з мінімальними втратами.

Розрахунок спірального відводу колового перетину зводиться до визначення декількох параметрів, а саме:  $R_3$ ,  $b_3$  та  $\rho$ .

4.5.1. Радіус  $R_3$  контрольної циліндричної поверхні, що охоплює робоче колесо на деякій відстані, достатній для вирівнювання пульсацій швидкості, які викликаються певною кількістю лопатей колеса. Цей параметр визначається, виходячи з умов, що проміжок між робочим колесом і лопатевим відводом повинен бути невеликим, щоб уникнути надлишкових втрат енергії, але і досить безпечним для нормальної роботи насоса.

Для насосів з невеликим значенням коефіцієнта швидкохідності ( $n_s \leq 120$ ) радіус  $R_3$  знаходиться за формулою:

$$R_3 = (1.03 \dots 1.05) \cdot R_2,$$



де  $R_2$  - зовнішній радіус робочого колеса.

Разом з тим величина максимального зазору не повинна перевищувати 4...5 мм. Виходячи з викладеного, величина  $R_3 = 0.077$  м.

4.5.2. Ширина  $b_3$  спіральної частини каналу приймається дещо більшою за ширину колеса  $b_2$  через можливе зміщення колеса відносно лопатевого відводу. Для розрахунку цього параметру використовують формули:

$$b_3 = b_2 + (2...4) \text{ мм.}$$

Виходячи з викладеного

$$b_3 = b_2 + 0.05 \cdot 0.15$$

4.5.3. Радіус  $\rho$  колового перетину спіральної камери визначається за наступним співвідношенням:

$$\rho = \frac{\varphi}{K} + \sqrt{\frac{2 \cdot \varphi \cdot R_3}{K}},$$

де  $K = \frac{720 \cdot \pi \cdot g \cdot H_T}{\omega \cdot Q}$ ,  $\varphi$  - поточний кут.

Радіус спіральної камери визначено для восьми перетинів, для восьми різних значень кута  $\varphi$ , яким задаємося. Розрахунок ведемо в табличній формі.

Таблиця 4.3. Розрахунок радіусів

№	$\varphi^0$	$\varphi / K$	$2 \cdot \varphi / K$	$\frac{2 \cdot \varphi}{K} \cdot R_3$	$\sqrt{\frac{2 \cdot \varphi \cdot R_3}{K}}$	$\rho$	$R_0 = R_3 + \rho_{\min}$	$R_c = R_3 + 2 \cdot \rho$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	45	$52 \cdot 10^{-6}$	$104 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-6}$	$28 \cdot 10^{-4}$	$29 \cdot 10^{-4}$	$80 \cdot 10^{-3}$	$82.7 \cdot 10^{-3}$
II	90	$104 \cdot 10^{-6}$	$208 \cdot 10^{-6}$	$16 \cdot 10^{-6}$	$40 \cdot 10^{-4}$	$41 \cdot 10^{-4}$	$81 \cdot 10^{-3}$	$85.2 \cdot 10^{-3}$
III	135	$156 \cdot 10^{-6}$	$312 \cdot 10^{-6}$	$24 \cdot 10^{-6}$	$49 \cdot 10^{-4}$	$51 \cdot 10^{-4}$	$82 \cdot 10^{-3}$	$87.9 \cdot 10^{-3}$
IV	180	$208 \cdot 10^{-6}$	$416 \cdot 10^{-6}$	$32 \cdot 10^{-6}$	$57 \cdot 10^{-4}$	$59 \cdot 10^{-4}$	$83 \cdot 10^{-3}$	$88.7 \cdot 10^{-3}$

V	225	$260 \cdot 10^{-6}$	$520 \cdot 10^{-6}$	$40 \cdot 10^{-6}$	$63 \cdot 10^{-4}$	$66 \cdot 10^{-4}$	$84 \cdot 10^{-3}$	$90.1 \cdot 10^{-3}$
VI	270	$312 \cdot 10^{-6}$	$624 \cdot 10^{-6}$	$48 \cdot 10^{-6}$	$69 \cdot 10^{-4}$	$72 \cdot 10^{-4}$	$85 \cdot 10^{-3}$	$91.5 \cdot 10^{-3}$
VII	315	$365 \cdot 10^{-6}$	$730 \cdot 10^{-6}$	$56 \cdot 10^{-6}$	$75 \cdot 10^{-4}$	$78 \cdot 10^{-4}$	$86 \cdot 10^{-3}$	$92.7 \cdot 10^{-3}$
VIII	360	$416 \cdot 10^{-6}$	$832 \cdot 10^{-6}$	$64 \cdot 10^{-6}$	$80 \cdot 10^{-4}$	$84 \cdot 10^{-4}$	$87 \cdot 10^{-3}$	$93.8 \cdot 10^{-3}$

#### 4.6. Підведення рідини до робочого колеса насоса

Підвідний пристрій повинен забезпечувати при вході у лопатеве колесо:

а) осесиметричний потік рідини з якомога більш рівномірним розподілом швидкостей по живому перетину;

б) нульове значення початкового моменту колової складової абсолютної швидкості потоку;

в) зміну середньої швидкості потоку рідини від значення у всмоктуючому трубопроводі до величини на вході у колесо.

При проектуванні підвідних каналів [22] слід також враховувати можливість роботи насоса у режимі, який відрізняється від розрахункового, коли виникають антипотоки та створюється осевий вихор (при малих подачах). Для більшої стійкості потоку у підвідному каналі швидкості повинні поступово наростати від вхідного патрубку до входу у колесо. При цьому розміри вхідного патрубку визначаються живим перетином всмоктуючого трубопроводу, який розраховується з умови не перевищення величини припустимих гідравлічних опорів, а для забезпечення вирівнювання поля швидкості по живому перетину потоку, безпосередньо перед входом у колесо розташовується конфузор, який підвищує швидкість потоку на 15.....20%.

У насосах з консольно розташованим робочим колесом застосовуються підводи у вигляді конфузора з прямолінійною та криволінійною віссю.

Прямолінійний конфузор - це конічний патрубок з прямолінійною віссю, в якому інколи встановлюється ґратка у вигляді пластин. Вона

забезпечує попадання потоку у робоче колесо без обертання. Потік у конфузорі рухається прискорено, що забезпечує рух рідини в каналі з мінімальними гідравлічними втратами і вирівнює поле швидкості перед входом у робоче колесо. Прямолінійний конфузор є найкращим типом підвідного каналу.

#### **4.7. Експлуатація та обслуговування відцентрового насоса**

##### *4.7.1. Порядок установки і підготовка до пуску*

При розміщенні забезпечити доступ при обслуговуванні.

При монтажі не допускати передачі зусиль від трубопроводу на насос.

Перед монтажем виконати вимогу щодо експлуатації електронасоса.

Встановити насос на фундамент, зняти заглушки з патрубків.

Приєднати напірний, всмоктуючий трубопроводи, оглянувши їх.

Встановити контрольно-вимірювальні прилади.

Заповнити насос рідиною, що перекачується.

Перевірити затягування фланцевих з'єднань.

Перевірити обертання двигуна короткочасним включенням.

##### *4.7.2. Порядок роботи*

Закрити засувку на всмоктуванні насоса, відкрити засувку на нагнітанні.

Включити електродвигун.

Поступово відкрити всмоктування і встановити режим роботи. Допускається проводити запуск електродвигуна при відкритій засувці нагнітального трубопроводу, якщо опір мережі забезпечує роботу без перевантаження.

Електронасос простий по конструкції і під час роботи постійного спостереження не потребує, але періодично треба перевіряти витоки, показання манометрів і нагрів підшипників електродвигуна.

При нормально допустиме ущільненні сальників витоки не повинні перевищувати зазначених у формулярі. При збільшенні витоку сальник

необхідно підтягнути або додати кільце набивання, торцеве ущільнення розібрати, оглянути і при необхідності замінити (якщо протягом 10-15 хвилин витіки не зменшилися).

Для зупинки електронасоса вимикається електродвигун, закриваються засувки на напірних і всмоктувальних патрубках.

#### **4.8. Підбір нового насосного агрегату відповідно до оптимальних показників подачі і напору.**

##### **Призначення і застосування**

Консольний насос К 20-30 (водяний насос) - застосовують у різних галузях народного і сільського господарства для перекачування чистих і злегка забруднених рідин з рН = 6 - 9 одиниць, з температурою від 0 до + 150 ° С, наприклад для водопостачання міст і селищ, в меліоративних та дощувальних установках, а також для перекачування попелу і лугів.



Рис. 4.1. Відцентровий консольний насос К20/30

А також інших рідин, по щільності, хімічної активності і в'язкості схожих з водою.

Тверді включення допускаються в межах 0,2 мм, концентрація включень не повинна перевищувати 0,1% від загального обсягу рідини, що перекачується.

Консольний відцентровий насос серії «К» не призначений для роботи у вибухонебезпечних зонах, для перекачування легкозаймистих рідин.

Пристрій і принцип роботи.

Електронасосний агрегат К 20-30 це одноступінчатий, з одностороннім підведенням рідини до робочого колеса, відцентровий насос горизонтального виконання і електродвигун асинхронний загальнопромисловий, змонтовані на загальній фундаментній плиті.

Насос типу К - відцентровий, горизонтальний, консольний, з сальниковим ущільненням валу.

Корпус насоса кріпиться до фланця опорного кронштейна. У корпусі насоса виконаний спіральний відвід.

Робоче колесо - одностороннього входу, закритого типу. Підведення рідини до робочого колеса осьової.

Напірний патрубок виконаний в корпусі насоса і розташований в одній площині з віссю обертання і вхідним патрубком.

З'єднання двигуна з насосом - через пружну муфту.

Опорами ротора служать радіально-завзятий і радіальний шарикопідшипники (для насосів К20/30м) і два радіальних шарикопідшипника (для інших типорозмірів насосів К8/18, К20/30) встановлені в кронштейні.

Підшипники змащуються консистентним мастилом Літол 24 ГОСТ 21150-87.

Напрямок обертання ротора - за годинниковою стрілкою, якщо дивитися з боку приводу.

У верхній частині корпусу є отвір, закритий пробкою, для випуску повітря.

У нижній частині корпусу насоса є отвір, закритий пробкою, для зливу залишків рідини при зупинці насоса на тривалий час. У кронштейні є отвір, призначене для відводу витoku рідини через сальник.

Приєднувальні розміри фланців - по ГОСТ 12815-80.

Консольний насос К 20-30 випускається в двох варіантах ущільнення вала: одинарне (позначається літерою «С») і подвійне сальникове (позначається «СД»).

Одинарне сальникове ущільнення забезпечує роботу насоса з перекачування рідини температурою до 85 °С.

Подвійне ущільнення здатне забезпечувати роботу насоса з перекачування більш гарячих рідин, температурою до 105 °С, а також роботу насоса при абсолютному тиску на вході значно нижче атмосферного тиску.

Матеріал проточної частини - чавун.

Допустимий надлишковий тиск рідини на вході: 3,5 кгс/см<sup>2</sup> відповідно до ГОСТ 22247;

Допустима величина зовнішньої витoku води через сальникове ущільнення: не більше 2 л/год.

Критерієм відмови є порушення нормального функціонування насоса.

Критеріями граничного стану є зниження напору більш ніж на 10% від номінального (вироблення ресурсу).

Необхідність заміни сальникової набивки не вважатиметься відмовою насоса.

Величина напрацювання на відмову вказана без урахування заміни сальникової набивки.

Призначений термін служби забезпечується заміною (при необхідності) швидкозношуваних частин насоса і комплектуючих.

По досягненні насосом призначеного терміну служби, при збереженні техніко-економічних показників, може бути прийнято рішення про продовження експлуатації.

Насос (агрегат) транспортується без тари на дерев'яних санчатах.

### Показники надійності

Найменування показника	Значення показника
Середнє напрацювання на відмову, год, не менше	6000
Середній ресурс до капітального ремонту, год, не менше	32000
Середній час відновлення, год, не більше	86
Призначений термін служби, років.	
Коефіцієнт готовності, не менше	0,999

### Ціни на консольні насоси типу К.

Ціни на консольні насоси наведені роздрібні, з урахуванням ПДВ, на умовах самовивозу. При попередньому замовленні великої партії, розмір передоплати - 30%, 70% оплачується при готовності насосів до відвантаження. Насоси К 20\30 виготовляються на виробництві ООО ППА «Технологія», ООО «УКРНАСОСПРОМ», ООО «НАСОС АГРЕГАТ»

### Прайс-лист на консольні насоси К.

Насос К	Мощн., кВт	Цена насоса грн	Масса, кг
<b>20\30</b>	4	2788	31

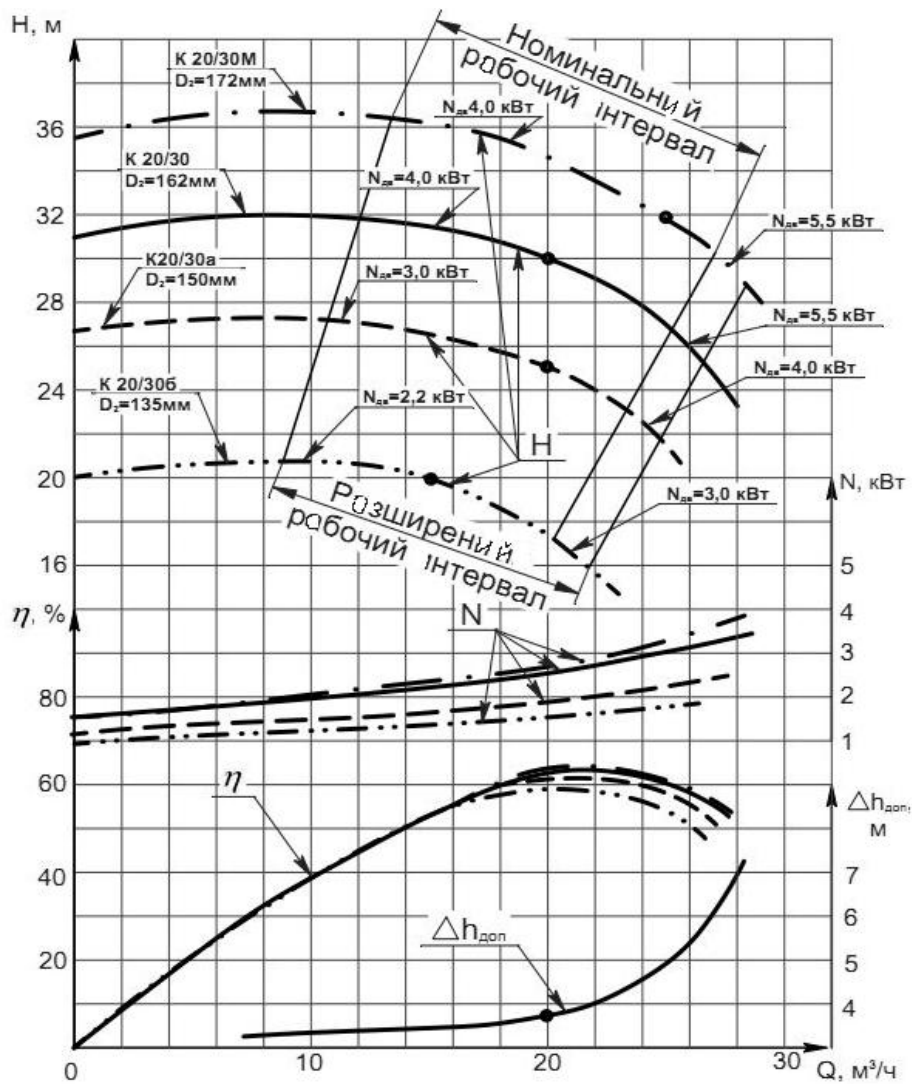


Рис. 4.2 Гідравлична характеристика насосу K20/30

#### 4.9 Економічний розрахунок запропонованих енергозберігаючих заходів

1. До початку модернізації насосного агрегату режим його роботи характеризувався наступними даними:

- робоча потужність привідного електродвигуна за вимірами лічильника:

$$N_{роб} = \frac{15353}{187 \times 24} = 3.42 \text{ кВт},$$

де 187 діб – протяжність опалювального періоду в м. Суми.

де 24 – кількість годин у добі.

- подача води насосним агрегатом за 1 годину –  $45 \text{ м}^3$ ;
- показник енергоефективності роботи насосного агрегату до модернізації :



$$\eta = \frac{3.42}{17.4} = 0.19 \text{ кВт} \times \text{ч} / \text{м}^3$$

2. Після модернізації насосного агрегату режим його роботи характеризувався наступними даними:

- робоча потужність привідного електродвигуна

$$N'_{роб} = 2.20 \text{ кВт};$$

- подача води насосним агрегатом за 1 годину –  $17.4 \text{ м}^3$ ;
- показник енергоефективності роботи насосного агрегату після модернізації :

$$\eta' = \frac{2.20}{17.4} = 0.12 \text{ кВт} \times \text{ч} / \text{м}^3$$

3. За рахунок модернізації насосного агрегату процент досягнутої економії складає:

$$N = 100(0.19 - 0.12) / 0.19 = 36\%.$$

4. Річна економія грошових коштів складає:

$$E = 15353 \times 1.5 \times 0.36 = 8290.6 \text{ грн}$$

5. Після установки нового насосного агрегату режим його роботи характеризувався наступними даними:

- робоча потужність привідного електродвигуна

$$N'_{роб} = 2.60 \text{ кВт};$$

- подача води насосним агрегатом за 1 годину –  $17.4 \text{ м}^3$ ;
- показник енергоефективності роботи насосного агрегату після модернізації :

$$\eta' = \frac{2.60}{17.4} = 0.15 \text{ кВт} \times \text{ч} / \text{м}^3$$

6. За рахунок модернізації насосного агрегату процент досягнутої економії складає:

$$N = 100(0.19 - 0.15) / 0.19 = 21\%.$$

7. Річна економія грошових коштів складає:

$$E = 15353 \times 1.5 \times 0.21 = 4836.2 \text{ грн}$$

Показник	Існуючий режим роботи насосного агрегату	Альтернативний варіант 1	Альтернативний варіант 2
$N_{роб}$ , кВт робоча потужність двигуна	3,42	2,20	2,60
$Q$ , м <sup>3</sup> /год витрата	17,4	17,4	17,4
$p = \frac{N_{роб}}{Q}$ , кВт×ч/м <sup>3</sup> енергоефективність	0,19	0,12	0,15
$E$ , % економія		36	21
$E$ , грн економія		8290	4836
Затрати, грн.		1000	3345

Затрати на реалізацію проекту по варіанту 1: проектні роботи, демонтаж насосної частини, механічні роботи (обточка робочого колеса), складальні роботи, приєднання трубопроводів, параметричні випробування.

Загальна вартість перелічених робіт становить 1000 грн.

Термін окупності по варіанту 1:  $(1000 \setminus 8290) \times 12 = 1.44$  (місяця)

Затрати на реалізацію проекту по варіанту 2: проектні роботи, купівля обладнання допоміжних матеріалів, монтажні роботи, пуско-залагоджувальні роботи, параметричні випробування.

Загальна вартість перелічених робіт становить: 3345 грн.

Як видно з таблиці альтернативний варіант 1 менш затратний і дає більшу економію коштів, тому у роботі рекомендується провести обточку робочого колеса.

## РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ. АНАЛІЗ І ОПИС НЕБЕЗПЕЧНИХ ШКІДЛИВИХ ФАКТОРІВ НА КОТЕЛЬНІ

### 5.1 Характеристика досліджуваного об'єкта.

Котельня знаходиться за адресою вул. Родини Лінтварьових, 66 та забезпечує опалення семи будинків. Котельня розташована в житловій забудові м. Суми та розміщується у одноповерховому цегляному виробничому приміщенні, розміром 6 x 12 м<sup>2</sup> [8,19].

Основне обладнання котельні є котел НИИСТУ-5 та два насосні агрегати з насосом типу К.

Таблиця 5.1. Технічна характеристика котла НИИСТУ-5

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ	НИИСТУ-5 (0,465 Гкал)	НИИСТУ-5 (0,28 Гкал)
Теплопродуктивність, МВт	0,54	0,325
Температура води, °С		
на вході	70	70
на виході	115	115
Витрата води, м <sup>3</sup> /год.	25,0	11,2
Робочий тиск води, МПа	0,6	0,6
Розрахункове паливо	газ	газ
Споживання палива м <sup>3</sup> /год.	123,0	79,0
ККД, %	72	72
Заводська маса поставки, т	2,3	1,15
Габаритні розміри котла в обмурівці, мм		
довжина	3780	3000
ширина	2200	2150
висота	2800	2400
Габаритні розміри трубної системи, мм		
довжина	3370	2460
ширина	1430	1430
висота	2020	1530
Поверхня нагріву, м <sup>2</sup>	46,5	19,6
Об'єм котла, м <sup>3</sup>	0,418	0,26
Термін експлуатації	10 років	10 років
Втрата напору у котлоагрегаті, м	6	6

## ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАСОСА ЗКМ-9

Подача - 45 м<sup>3</sup> / год

Напір - 30 м

Потужність двигуна - 7.5 кВт

Частота обертання - 2900 об / хв.

Допустимий кавітаційний запас - 4.3 м

Тиск на вході не більше - 2 кг / см<sup>2</sup>

Маса - 60 кг

Маса агрегату - 128 кг

Потужність насоса - 4.3 кВт

ККД насоса не менше - 70%

### 5.2 Небезпечні фактори

**Механічна небезпека.** До цього виду небезпеки відносяться падіння інструментів, деталей та будь яких об'єктів, який би міг травмувати оперативний персонал; рухомі деталі і механізми агрегатів; піднімальне устаткування та переміщення вантажів, переміщення вантажів. ДНАОП 0.00-1.07-94.

**Електрична небезпека** - Напруга дотику (доторкання) це напруга між двома точками електричного кола, до яких одночасно доторкається людина. Гранично допустимі значення напруги дотику та сили струму для нормального (безаварійного) та аварійного режимів електроустановок при проходженні струму через тіло людини по шляху «рука – рука» чи «рука – ноги» регламентуються ГОСТом 12.1.038-82

За ступенем небезпеки ураження електричним струмом усі приміщення поділяються на три категорії: приміщення без підвищеної небезпеки; приміщення з підвищеною небезпекою; особливо небезпечні приміщення.

Приміщення котелень відносяться до об'єктів з підвищеною небезпекою. У приміщеннях котелень мають місце і умови, що створюють підвищену небезпеку: високої вологості повітря (перевищує 75 % протягом

тривалого часу); висока температура (перевищує 35 °С протягом тривалого часу);

Наявність струмопровідного пилю;

Існування можливості одночасного доторкання до металевих елементів технологічного устаткування чи металоконструкцій будівлі, що з'єднані зі землею та металевих частин електроустаткування, які можуть опинитись під напругою. ДНАОП 0.00-1.32-01

### **5.3 Шкідливі фактори.**

**Повітря робочої зони** – Показниками характерними для мікроклімату, є:

- 1) Температура повітря.
- 2) Відносна вологість повітря.
- 3) Швидкість руху повітря.
- 4) Теплове випромінювання.

З урахуванням важкості роботи оператора, в котельні допускається температура повітря 23-25С°, з відносною вологістю 40-60 % від допустимої з урахуванням температури [6].

Оскільки агрегати та обладнання знаходиться в приміщенні, то швидкість руху повітря не враховується.

Теплова ізоляція поверхонь джерел випромінювання знижує температуру поверхні, що випромінює і зменшує як загальне тепловиділення, так і радіаційну його частину. Зменшуючи теплові втрати обладнання, тепла ізоляція обумовлює скорочення витрати палива (електроенергії). Печі ізолюють теплостійкою цеглою; ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ

**Виробниче освітлення.** Застосовується: природне і штучне освітлення, з яких природне освітлення здійснюється через вікна будівлі, а штучне – лампами освітлення. Світлова віддача ламп становить 40–100 лм/Вт, ДБН В.2.5-28-2006

**Шум** –Рівні звуку на робочих місцях і у виробничих приміщеннях – не більше 80 дБ .ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ

**Вібріції** – основні заходи віброзахисту на котельні: облаштоване робоче місце та фундамент під насосне обладнання. Забороняється робота оператора в умовах вібраційного захисту на рівні, що перевищує 12 дБ, ГОСТ 12.1.012

**Пожежна безпека** – Оскільки в котельні використовується газ, то найбільш небезпечним є вибух газу. Пожежна безпека котельних установок при їх проектуванні та експлуатації забезпечується дотриманням протипожежних вимог, викладених у будівельних нормах і правилах з проектування котельних установок і правила пристрою і безпечної експлуатації водогрійних котлів. На випадок пожежі в котельні повинен бути наступний протипожежний інвентар: вогнегасники, ящик місткістю 0,5 м<sup>3</sup> з сухим піском і сталеві лопати, повсть, шланг для водопровідного крана. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ

**Пропан-бутан** – суміш двох нафтових вуглеводневих газів, пропану і бутану. Пропан-бутанова суміш в газоподібному стані є безбарвною, не отруйною, важче повітря, володіє різким запахом від одорантів – сильнопахнущих речовин, що додаються в газ для виявлення можливого витіку. При зниженні температури і підвищенні тиску суміш переходить у рідкий стан.

Небезпечні фактори і заходи безпеки при роботі з пропан-бутаном (згідно ГОСТ 20448-90):

Зріджені вуглеводневі гази вибухо - і пожежонебезпечні вони утворюють з повітрям вибухонебезпечні суміші при вмісті парів пропану в діапазоні 2,1–9,5%, нормального бутану 1,5–8,5% (за об'ємом) при тиску 1 атм і температурі від 15 до 20°C;

#### 5.4 Визначити стійкість будівель і технологічного обладнання до впливу ударної хвилі, швидкісного напору повітря під час вибуху ємності з пропаном

Таблиця 5.2 – Вихідні дані

№	Показник	Позначення	Одиниці вимірювання	Величина
1	Маса зрідженого пропану	Q	м <sup>3</sup>	38
2	Відстань від центра вибуху до будівлі	R <sub>б</sub>	м	100
		R <sub>ц</sub>	м	200
3	Тип будівлі			
4	Маса обладнання	m	т	0,2
5	Площа перерізу обладнання	S <sub>max</sub>	м <sup>3</sup>	0,0707
6	Коефіцієнт аеродинамічного опору для обладнання	C <sub>x</sub>	-	0,46
7	Плече сили ваги	a	м	3
8	Плече сили зміщення	h	м	2,5
9	Відстань від центра вибуху до обладнання	R <sub>обл</sub>	м	180

Порядок розрахунку

Зона впливу детонаційної хвилі знаходиться в межах вибуху. Радіус цієї зони визначається в першому приближенні за формулою:

$$r_1 = 17.5 \cdot \sqrt[3]{Q}, \text{ (м)} \quad (1)$$

$$r_1 = 17.5 \cdot \sqrt[3]{38} = 58.835 \text{ (м}^3\text{)}$$

Зона впливу продуктів вибуху займає всю площу розльоту продуктів газоповітряної суміші, в результаті її детонації. Радіус цієї зони визначається за формулою:

$$r_{II} = 1.7 \cdot r_1, \text{ (м)} \quad (2)$$

$$r_{II} = 1.7 \cdot 58.835 = 100.02 \text{ (м)}$$

Надлишковий тиск у II зоні визначається за формулою:

$$\Delta P_{II} = 1300 \cdot \left( \frac{r_I}{R} \right)^3 + 50, \text{ (кПа)} \quad (3)$$

До стінки

$$\Delta P_{II} = 1300 \cdot \left( \frac{58.835}{100} \right)^3 + 50 = 314.759 \text{ (кПа)}$$

До кімната оператора

$$\Delta P_{II} = 1300 \cdot \left( \frac{58.835}{200} \right)^3 + 50 = 83.095 \text{ (кПа)}$$

Для визначення надлишкового тиску у III зоні необхідно спочатку визначити величину  $\psi$  за формулою:

$$\psi = 0.24 \frac{R}{r_1} \quad (4)$$

Для стінки

$$\psi = 0.24 \frac{100}{58.835} = 0.408$$

Для кімната оператора

$$\psi = 0.24 \frac{200}{58.835} = 0.816$$

У випадку, якщо  $\psi < 2$ , то надлишковий тиск, який діє на будівлю розраховується за формулою:

$$\Delta P_{III} = \frac{700}{3 \cdot \left( \sqrt{1 + 29.8 \cdot \psi^3} - 1 \right)}, \text{ (кПа)} \quad (5)$$

Для стінки

$$\Delta P_{III} = \frac{700}{3 \cdot \left( \sqrt{1 + 29.8 \cdot 0.408^3} - 1 \right)} = 315.765 \text{ (кПа)}$$

Для кімната

$$\Delta P_{III} = \frac{700}{3 \cdot \left( \sqrt{1 + 29.8 \cdot 0.816^3} - 1 \right)} = 74.862 \text{ (кПа)}$$

Використовуючи вихідні дані визначаємо за графіком, радіус зовнішньої границі впливу надлишкового тиску (радіус зони III)

$$r_{III} = 210 \text{ (м)}$$

Тиск швидкісного напору повітря визначається за формулою :

$$\Delta P_{СК} = \frac{2.5 \cdot \Delta P_{III}^2}{\Delta P_{III} + 700}, \text{ (кПа)} \quad (6)$$

Для стінки

$$\Delta P_{СК} = \frac{2.5 \cdot 315.765^2}{315.765 + 700} = 245.4 \text{ (кПа)}$$

Для кімнати оператора



$$\Delta P_{CK} = \frac{2.5 \cdot 74.162^2}{74.162 + 700} = 17.761 \text{ (кПа)}$$

Можливість зміщення обладнання визначається згідно з умови:

$$F_{зм} > F_T$$

де  $F_{зм}$  - сила зміщення, кН;

$F_T$  – сила тертя, кН.

Сила зміщення визначається за формулою:

$$F_{зм} = C_x \cdot S_{max} \cdot \Delta P_{CK}, \text{ (кН)} \quad (7)$$

Для стінки

$$F_{зм} = 0.46 \cdot 0.0707 \cdot 245.4 = 7.98 \text{ (кН)}$$

Для кімната оператора

$$F_{зм} = 0.46 \cdot 0.0707 \cdot 17.761 = 0.577 \text{ (кН)}$$

Сила тертя визначається за формулою:

$$F_T = m \cdot g \cdot f, \text{ (кН)} \quad (8)$$

$$F_T = 200 \cdot 9.81 \cdot 0.5 = 981 \text{ (кН)}$$

Виходячи з вище описаного розрахунку та використовуючи умову зміщення можемо зауважити, що можливість зсуву обладнання відсутня так, як сила тертя в декілька разів перевищує діючу на обладнання силу зміщення.

Можливість перекидання технологічного обладнання

$$M_{пер} > M_{ст}$$

де  $M_{пер}$  – момент сили зміщення, кН · м;

$M_{ст}$  – момент сили ваги, кН · м.

Момент сили зміщення визначається за формулою:

$$M_{пер} = F_{зм} \cdot h, \text{ (кН · м)} \quad (9)$$

Для стінки

$$M_{пер} = 7.98 \cdot 2.5 = 19.95 \text{ (кН} \cdot \text{м)}$$

Для кабінету оператора

$$M_{пер} = 0.577 \cdot 2.5 = 1.443 \text{ (кН} \cdot \text{м)}$$

Момент сили ваги визначається за формулою:

$$M_{см} = m \cdot g \cdot \frac{a}{2}, \text{ (кН} \cdot \text{м)} \quad (10)$$

$$M_{см} = 200 \cdot 9.81 \cdot 0.150 = 294.3 \text{ (кН} \cdot \text{м)}$$

Виходячи з вище описаного розрахунку та використовуючи умову зміщення можемо зауважити, що можливість перекидання технологічного обладнання відсутня так, як момент сили ваги в декілька разів перевищує діючий на обладнання момент сили зміщення на плече.

### **5.5 Безпека в надзвичайних ситуаціях на досліджуваному об'єкті.**

**Надзвичайна ситуація (НС)** - це стан, при якому в результаті виникнення джерела НС на об'єкті, визначеній території (акваторії) порушуються нормальні умови життя і діяльності людей, виникає загроза їх життю і здоров'ю, завдається шкода майну населення, народному господарству та навколишньому природному середовищу.

Будь-які НС в своєму розвитку проходять чотири стадії: зародження, ініціювання, кульмінацію і згасання.

1. Стадія зародження. Створюються передумови НС: активізуються несприятливі природні процеси, накопичуються технологічні неполадки, систематично порушуються вимоги заходів безпеки, наростає соціальна напруженість в державі або в міждержавних відносинах і т.д.

2. Стадія ініціювання. Виникають порушення, пов'язані з виходом параметрів процесу або явища за критичні значення всередині системи (внутрішні фактори). Відбуваються, наприклад, спонтанні реакції,

розгерметизація трубопроводів, резервуарів і т.п. Може порушуватися робота обладнання, виявилися пошкодженими системами забезпечення (електропостачання, водопостачання, охолодження, вентиляції та ін.). На ініціювання впливають і зовнішні фактори, до числа яких можна віднести стихійні лиха, акти вандалізму, провокації, політичні помилки і т.п.

3. Стадія кульмінації. В результаті «спрацьовування» ініціюючих факторів вивільняються великі кількості енергії і маси, які і призводять до НС. При цьому іноді навіть невелика подія може запустити ланцюговий механізм аварій з багаторазовим збільшенням потужності і масштабів («ефект доміно»). Зовнішні чинники, такі як вандалізм і провокації, можуть привести до НС, пов'язаних з масовими заворушеннями, терористичними актами, військовими діями.

4. Стадія загасання. Триває від моменту усунення джерела НС до повної її ліквідації.

## ВИСНОВКИ

У магістерському дослідженні вирішено завдання підвищення енергетичної ефективності, технологічного процесу теплопостачання для опалення житових приміщень семи будинків м.Суми.

Комплексом проведених досліджень встановлено:

1. Загальний аналіз енергетичних процесів у котельнях м.Суми показав можливість підвищення їх енергоефективності, за рахунок впровадження комплексу енергозберігаючих заходів.

2. Детальний аналіз гідравлічних та енергетичних процісів на котельні за адресою вул.Родини Лінтварьових, 66 показав що її насосне обладнання працює в неоптимальному режимі та потребує впровадженню енергозберігаючих заходів.

3. З гідравлічного розрахунку мережі теплопостачання від котельні «вул. Р.Лінтварьових, 66» визначено основні характеристики насосного обладнання за якими забезпечується найбільш можлива енергоефективна його експлуатація.

4. Здійснена розробка альтернативних варіантів технічної реалізації заходів з забезпечення оптимального режиму роботи обладнання котельні.

5. Здійснено проектування консольного відцентрового насосного агрегату з оптимальними значеннями обсягів подачі та величини напору, з якого отримані дані для модернізації існуючого обладнання котельні.

6. Підібрано новий насосний агрегат який за своїми основними технічними характеристиками відповідає оптимальному робочому режиму котельні і може бути використаний для заміни існуючого насосного агрегату.

7. Проведений техніко-економічний розрахунок підтвердив перевагу застосування модернізації існуючого агрегату котельні, перед його заміною на новий насосний агрегат з відповідними технічними характеристиками.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алексенко О. В. Визначення параметрів теплової мережі мікрорайону на основі комплексної адаптивної моделі / О. В. Алексенко, В. Г. Неня, Ю. В. Парфененко, М. М. Проклова // Вісник Херсонського національного технічного університету. - Херсон : Видавництво Херсонського національного технічного університету. - 2014. - № 3 (50). - С. 108-113.
2. Бромлей М.Ф., Щеглов В.П. Проектирование отопления и вентиляции производственных зданий, - М.: Издательство литературы по строительству, 1965.
3. Вороненко Д. И. Информационная система поддержки принятия решения при управлении региональными энергосистемами [Текст] / Д. И. Вороненко // Вестник ПТУ ХПИ. - 2010.- № 45. - С. 62-69.
4. Гринчак М. В. Пристрої бездротової передачі даних для обліку витрат енергоресурсів об'єктів комунального господарства [Текст] / М. В. Гринчак, А. Л. Шаповалов, К. В. Кузьмичова // Комунальне господарство міст. - 2011. - № 101. - С. 449-456.
5. Дубовой В.М. Контроль та керування в мережах теплопостачання: монографія / В. М. Дубовой, В. В. Кабачій, Ю. М. Паночишин - Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2005.- 190 с.
6. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі «Будівельна кліматологія» ДСТУ-НБВ. 1.1-27:2010. Київ Міністерство регіонального розвитку та будівництва України 2010 р.
7. Єсіна В.О. Впровадження інноваційних технологій в систему теплопостачання міст / В. О. Єсіна, В. В. Шевчук // Економіка та управління підприємствами машинобудівної галузі: проблеми теорії та практики. - 2013. - № 2 (22) - С. 53-64.

8. Золотницкий И.Д., Пчелинцев В.А. Охрана труда в строительстве. Под ред. Золотницкого И.Д. Учеб. для вузов. М.: Высшая школа, 1978.
9. Інформаційно-аналітична система моніторингу та прогнозування теплозабезпечення будівель / Ю. В. Парфененко, В. В. Шендрик, В. Г. Неня, Р. П. Окопний // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. - 2013. - № 743. - Ч. 1. - С. 38- 43.
10. Державні будівельні норми України. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель ДБН В.2.6-31:2006.
11. Комунальна теплоенергетика України: стан, проблеми, шляхи модернізації (Долінський А.А., Басок Б.І., Базєєв Е.Т., Пироженко І.А., колективна монографія). - К.: т. 1-2. - 2007. - 828 с.
12. КТМ 204 Україна 244-94. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби України. Київ 2001.
13. Микийчук Б. М. Переваги автоматизованих систем індивідуального обліку витрат теплової енергії з оцінюванням якості теплопостачання / Б. М. Микийчук // Вісник Національного університету «Львівська політехніка»: Серія «Автоматика». - 2009. - № 639. - С. 193-196.
14. Мороз П. М. Управління процесами енергозбереження в системах міського теплопостачання / П. М. Мороз, М. В. Степанов // Містобудування та територіальне планування. - 2009. - № 32. - С. 305-311.
15. Наладки и эксплуатация водяных тепловых сетей: Справочник / В.И. Манюк, Я.И. Каплинский, Э.Б. Хит и др. - 3-е изд., перераб. и доп. М Стройиздат, 1988. - 142 с.
16. Осипенко И. Н. Пути повышения эффективности использования топливно-энергетических ресурсов в управлении теплоснабжением в регионе/ И. Н. Осипенко, Р. В. Ободец // Коммунальное хозяйство городов. - 2006.-№70-С. 194- 198.
17. Павлов И.И., Федоров М.Н. Котельные установки и тепловые сети, - М.: Стройиздат, 1986.

18. Парфененко Ю. В. Інформаційна технологія моніторингу функціонування системи теплопостачання підвищеної надійності Ю. В. Парфененко, В. Г. Неня // Східно-європейський журнал передових технологій. - 2010. - № 4/9 (46). - С. 22-25.

19. Производственные и отопительные котельные. /Е.Ф. Бузников, К.Ф. Роддатис. - 2-е изд., перераб. - М.: Энергаториздат, 1984. - с. 248.

20. Смотрелкин В.М. Городская система управления энергоэффективностью и энергосбережением // Энергосбережение. - 2008. - №3.-С. 12-14

21. Спиридонов Е.К, Расчет и проектирование лопастных насосов / Е.К Спиридонов, Л.С.Прохасько //Южно-Уральский государственный Университет.- Челябинск. - 2004.- С.59

22. Степанов. А. И. Цетробежные и осевые насосы. Теория, конструирование и применение / А.И. Степанов; [пер. с англ. инж. М.Я. Лейферова и к. т. н. М.В.Поликовского]; [под ред. д. т. н. проф. В. И. Поликовского]. - Москва, Гос. НТИ Машиностроительной л-ры, 1960. - 465 с.

23. Строй А. Ф., Скальский В. Л. Расчет и проектирование тепловых сетей, - К.: Будівельник, 1981.

24. Тепловой расчет котельных агрегатов (нормативный метод) / Под ред. Н. В. Кузнецовой, В. В. Митора, И. Е. Дубовского, И. С. Карасиной. Изд. третье, перераб. и доп. - Санкт-Петербург: НПО ЦКТИ-ВТИ, СПб, 1998. – 256 с.

25. Шевцов А. І. Енергетика України на шляху до Європейської інтеграції: монографія / А. І. Шевцов, М. Г. Земляний, А. З. Дорошевич та ін. - Дніпропетровськ, 2004 - 148 с.

26. Шевцов А. І. Стан та перспективи реформування системи теплозабезпечення в Україні. Аналітична доповідь [Електронний ресурс] / А. І. Шевцов // Регіональний філіал Національного інституту стратегічних

досліджень у м. Дніпропетровську. Режим доступу:  
<http://www.db.niss.gov.ua/docs/energy/Teplozabezpechennya.pdf>.



