

УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

На правах рукопису

УДК 621.311.22

ВОРОНОВСЬКИЙ ГЕНАДІЙ КИРИЛОВИЧ

Оптимізація режимів відпуску тепла від ТЕЦ  
з урахуванням надійності трубопровідних систем

05.14.04.- "Промислова теплоенергетика"

Автореферат дисертації  
на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

*Г. Воронівський*

Київ - 1996



Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Одеському державному політехнічному університеті та на Харківській ТЕЦ-5

Науковий керівник:

кандидат технічних наук,  
доцент Титар С.С.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук,  
професор Бараненко В.І.  
кандидат технічних наук,  
доцент Павелко В.І.

Провідна організація: Харківська ЦКБ УНВО "Енергопрогресс"

Захист дисертації відбудеться "8" Травня 1996 р.  
о 14<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої ради К01.15.03  
Українського державного університету харчових технологій за  
адресою: 252017, м. Київ, вул. Володимирська, 68, ауд. 311.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Українського державного університету харчових технологій.

Автореферат розісланий "5" квітня 1996 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої ради

Філоненко В.М.

ЛНБ ім. В. Стефаника  
АН України

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Вибір об'єкту та постановка задач дослідження були здійснені у відповідності з вимогами всілякого зниження збитків енергоресурсів.

Об'єкт дослідження - теплоенергетичні системи у складі ТЕЦ та теплових мереж. Передумовою підвищення ефективності енергозбереження у цих системах, зниження витрат на виробництво та транспорт тепла є оптимізація температурного режиму роботи теплової мережі - розрахункової температури мережної води.

Актуальність задач досліджень, які доповнюють та уточнюють існуючі показування про методи розрахунку теплоенергетичних характеристик мереж тепlopостачання, з'ясується з сучасними тенденціями по вивчання процесів корозійного та ерозійного зносу елементів теплових систем, котрі мають вираження в економічній ефективності використання таких систем.

Робота виконувалася у рамках господарчих договорів з теплоенергетичними підприємствами, а також при участі у проведенні виробничих програм по підвищенню ефективності обладнання на цих підприємствах.

Ціль роботи. Розробка методики теплотехнічного розрахунку систем теплоенергопостачання та техніко-економічної оптимізації температурного режиму роботи теплових мереж. Розробка методів оцінок зносу теплотехнічного обладнання та підвищення його надійності.

Наукова новизна. У результаті досліджень показана можливість адекватного описання графіків теплових навантажень систем опалювання, вентиляції та гарячого водо-

постачання в залежності від кліматологічних факторів.

Описані залежності, які визначають графіки тривалості теплового навантаження ТЕЦ, інтегральні характеристики температурних графіків та по часу, при якісному регулюванні теплового навантаження.

Розроблений метод описання характеристики надійності трубопровідного обладнання теплових мереж - величини потоку відмов в залежності від режимних параметрів.

Показана можливість використання дисперсної засипки в дроселюючому органі для створення безкавітаційного режиму роботи регулюючої арматури теплових мереж.

Практична цінність роботи. Отримані результати дають можливість підвищити ефективність роботи ТЕЦ та теплових мереж. Комплекс розроблених заходів по підвищенню ефективності теплоенергетичних систем включає методичні пропозиції по здійсненню розрахункових процедур визначення режимних характеристик з високою достовірністю у адаптованому для механізованого використання вигляді. Методичні розробки дають можливість визначати нагрузочні характеристики роботи ТЕЦ, як поточні, так і інтегральні, здійснювати оптимізацію температурного режиму роботи теплових мереж у залежності від кліматичних та економічних умов, проводити оцінку надійності трубопровідного обладнання, та організувати раціональну систему попереджувальних ремонтів мережного обладнання. Методичні розробки здійснені у програмі для ЕОМ.

Конструктивне рішення, що пропонується по удосконалюванню регулюючої арматури дає можливість підвищити її надійність та поліпшити робочі характеристики.

Реалізація роботи. Методичні рекомендації по визначенню навантажених характеристик, оцінки надійності трубопроводів ТЕЦ та оптимізації температурного графіку теплової мережі використані на Харківській ТЕЦ-5.

Заходи, засновані на методичних пропозиціях по контролю та профілактиці ушкоджень котельних труб, були реалізовані на Придніпровській ДРЕС.

Пропонована конструкція регулюючого клапану з пористим дроселюючим елементом була втілена на Миколаївській ТЕЦ.

Апробація роботи. Результати досліджень були підтверджені досвідом експлуатації Придніпровської ДРЕС, Миколаївської ТЕЦ, Харківської ТЕЦ-5. Втілення алгоритму та програми для ЕОМ по оптимізації температури теплової мережі дало можливість полегшити та прискорити розрахунки, гнучко адаптуватися до змін економічної та виробничої ситуації. Використання оптимальних параметрів теплової мережі сприяло до економічного ефекту у теплоенергетичній системі ТЕЦ-5. Позитивні результати були отримані при втіленні безкавітаційного регулюючого клапану, а також методики оцінки надійності та підвищенню строку служби трубопровідного обладнання.

Основні положення дисертаційної роботи були докладені на науковій конференції "Двофазні потоки у тепловому обладнанні атомних електростанцій", Одеса, 1988 р.

В наслідок виконання досліджень було опубліковано 8 робіт.

Особистим внеском автора в роботу є:

1. Вибір наукового напрямку, критичний аналіз сучасних методів оптимізації температури води у тепловій мережі, економічних показників корозійного зносу трубопроводів, постановка

задач дисертаційної роботи.

2. Рекомендації та математичне співвідношення, що дозволяють побудувати графік тривалості теплового навантаження (ГТТН) для всієї території України.

3. Конструкція регулюючого клапану з поруватою дроселюючою насадкою.

4. Розробка методики оптимізації температури води у тепловій мережі на основі сумарного економічного показника з урахуванням корозійного зносу трубопроводу.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, шести розділів та додатка. Обсяг роботи: 166 сторінок основного змісту, 40 малюнків, 28 сторінок додатку. Бібліографія складається з 84 найменувань.

## ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі був здійснений аналіз методів визначення температурного режиму праці системи тепlopостачання (ТЕЦ та теплових мереж) при центральному якісному регулюванні. У відповідності з відомими даними температура мережної води впливає на ефективність теплової системи та підлежить обґрунтуванню (оптимізації). На практиці температурний режим не обґрунтовується, а встановлюється, виходячи з нормуємих або загальноприйнятих рекомендацій. Задача визначення оптимальної розрахункової температури регламентується методичними рекомендаціями, як процедура знаходження мінімуму суми залежних приведених витрат на виробництво, транспортування та споживання теплоти. Однак, відомі методи рішення цієї задачі мають низьку ступень певності. Це обумовлено головним чином відсутністю алгоритму розрахункового методу, обмеженістю модельних уявлень про функціональні

зв'язки у теплоенергетичній системі, а також упущенням факторів, безумовно визначаючих сукупний показник, зокрема, - надійності обладнання.

Аналіз літературних даних визначив постановку основних задач дослідження та визробки - вивчення та опис залежностей графіків теплових навантажень теплоенергосистем; дослідження процесів корозійного зруйнування трубопровідних теплових мереж у різних умовах експлуатації та збудування ресурсної моделі; розробка та дослідження некавитруючого регулюючого обладнання; розробка методичних передумов алгоритму техніко-економічного обґрунтування температурного режиму роботи теплових мереж.

В другому розділі наведені результати аналітичного дослідження теплових навантажень ТЕЦ та характеристик режиму якісного регулювання навантаження.

Аналіз функціональних зв'язків графіку тривалості теплового навантаження (ГТТН) по опаленню, зображеного у відносних координатах, дозволив виділити найбільш впливовий кліматологічний фактор. Цим фактором є розрахункова температура зовнішнього повітря для систем опалювання ( $t_{н0}$ ). Його використання дозволяє отримати універсальне математичне співвідношення, яке безперервно для всієї території України описує розглядаєму залежність

$$\alpha_0 = \frac{Q_0}{Q'_0} = \left[ \frac{1}{\pi} - (0.311 - 0.064H)\bar{n} + 0.687\bar{n}^2 \right] \times \arccos(2\bar{n} - 1) + (0.398 + 0.119H)\bar{n}^{35.6} \quad (1)$$

Для ГТТН по вентиляції, поданого у безрозмірних координатах, знайдена залежність по параметру  $t_{нв}$  - розрахункова температура зовнішнього повітря для цього виду

теплоспоживання.

Для одержання інтегральних характеристик ГТТН використані чисельні методи - інтегрування за параметром  $\bar{n}$  функції у заданій області визначення з наступною апроксимацією одержаних результатів. Узагальнені співвідношення для інтегральних характеристик сумарного відпуску тепла за період  $\bar{n} = n/n_0$  одержані у вигляді:

на опалення

$$\alpha_o^s = 0.73\bar{n} - (-4.3 \cdot 10^{-4}n)^{0.2} \bar{n}^2; \quad (2)$$

на вентиляцію

$$\alpha_b^s = 1061\bar{n} - (-0.0284V)^{0.237} \bar{n}^2. \quad (3)$$

Перехід до розмірних величин, наприклад, річному відпуску теплоти, здійснюється при  $n=1$  у наступному вигляді

на опалення

$$Q_o^r = Q_o' \alpha_o^s n_0; \quad (4)$$

на вентиляцію

$$Q_b^r = Q_b' \alpha_b^s n_b. \quad (5)$$

Використання одержаних характеристик навантаження дозволяє легко перейти до визначення сумарної щогодинної витрати тепла при будь-якому поточному значенні температури зовнішнього повітря, або тривалості стояння зовнішніх температур. Сумарна відпустка тепла за рік на усі види споживання може бути визначена у вигляді

$$Q_T^r = Q_{пр} \left[ (\alpha_o^r \gamma_o + \alpha_b^r \gamma_b + \gamma_{гв}) n_0 + \gamma_{гв} \beta_1 \beta_2 (n_r - n_0) \right]. \quad (6)$$

Тривалість праці пікової котельні  $n_{пк}$  є багатопараметричною залежністю. З її знаходженням вирішувалась зворотна задача на основі одержаних співвідношень з визначення сумарної щогодинної витрати теплоти та характеристик навантаження

з видів теплоспоживання. Використовуючи чисельні методи, одержимо у загальному вигляді наступне співвідношення

$$\bar{n}_{пк} = \frac{n_{пк}}{n_0} = \sqrt[3]{1 + (0.2\xi^{0.05} - 3.85\xi + 113\xi^2)^2}, \quad (7)$$

де

$$\xi = \frac{\alpha_T^H - \gamma_{гв}}{\gamma_0 + 15\gamma_B} (0.77 - 0.33H - 0.094H^2) \left(1 + 0.14 \frac{\gamma_B}{\gamma_0}\right) \times (-V)^{0.12} [1 - (1 - \gamma_B/\gamma_0)^2]$$

Інтегральна річна витрата теплоти пікової котельні

$$Q_{пк}^R = Q_{пр} \left[ (\alpha_0^S \gamma_0 + \alpha_B^S \gamma_B) n_0 + \gamma_{гв} n_{пк} \right] - Q_{отб}^S, \quad (8)$$

де функція  $Q_{от}^S$  зображує сумарне навантаження з відборів турбін у інтервалі часу  $0 \dots n_{пк}/n_r$ .

Визначивши опалювальне навантаження, яке відповідає точці зламу температурного графіка, та прирівнявши вагові коефіцієнти  $\gamma_B=0$  та  $\gamma_{гв}=0$  можливо з (7) одержати відносну тривалість навантаження  $\bar{n}_и$ .

Важливими параметрами для визначення інтегральних характеристик виробництва тепла та електроенергії на ТЕЦ є середньоінтегральні температури води в мережі. Загальні рішення для таких параметрів, усереджених за опалювальний період, одержані на основі визначенних раніше співвідношень з використанням чисельних методів.

Температура води після системи опалювання

$$\tau_{023}^{cp} = \tau_{02}''' (1 - \bar{n}_и) + t_{вр} \bar{n}_и + \Delta t_0' [(0.68 - 0.0066H) \bar{n} - (0.107 - 0.064H) \bar{n}_и^2] - 0.5\theta' [0.74 \bar{n}_и + (0.0837H - 0.127) \bar{n}_и^2], \quad (9)$$

у магістралі подачі

$$\tau_{013}^{cp} = \tau_{023}^{cp} + \delta \tau_0' [0.74 \bar{n}_и + (0.0837H - 0.127) \bar{n}_и^2] + (1 - \bar{n}_и) (\tau_{01}''' - \tau_{02}'''). \quad (10)$$

тут  $\tau_{01}'''$  та  $\tau_{02}'''$  - максимальна температура води попереду опалювального пристрою та після системи опалювання.

Одержані методи аналітичного визначення характеристик режимів відпуску тепла на ТЕЦ дозволяють підвищити надійність розрахункового методу та використовувати автоматизовані системи обробки даних.

У третьому розділі наведені результати експериментального дослідження працездатності матеріалу теплосилового обладнання в умовах високих температур та тисків. Дослідження проведено на базі Придніпровської ДРЕС.

(8) Аналіз статистичних даних показав, що ресурсною характеристикою трубопроводів, працюючих при високих температурах та тисках може служити температурно-часовий параметр Ларсона-Міллера. Знайдена залежність середньої величини цього параметра від напруги ( $p$ ) в трубопроводі

$$\bar{P} = 17.7 - 0.0434p \quad (11)$$

Використання цього параметра дозволило одержати вираження для розрахунку ресурсу котельних труб, виготовлених з найбільш розповсюдженої у теплоенергетиці сталі 20, у вигляді

$$\tau = 10^{\left(\frac{1770-43.4p}{T} - 20\right)}, \text{ год} \quad (12)$$

де  $T$  - температура. Залежність (12) визначена при  $T=473\dots773$  К та напруженнях  $p=30\dots65$  МПа.

Упровадження заходів по контролю та профілактиці відмов котельного обладнання дозволило знизити можливість пошкодження трубопроводів на Придніпровській ДРЕС у 2,5 рази.

У четвертому розділі подані результати конструкторської розробки та дослідження регулюючого клапана, дозволяючого забезпечити безкавітаційний рух робочого середовища. В результаті конструкторської роботи запропоновано пристрій з

виконавчим органом, виготовленим з пористого середовища. Проведені дослідження показали, що пориста (дісперсна) насадка дозволяє дроселювати потік рідини за будь-яких режимів без "провалів" тиску, які характерні для більшості типів виробничої арматури. Расходний режим праці дисперсного дроселюючого пристрію супроводжується постійним перепадом тиску. Новізна запропонованої конструкції підтверджена авторськими свідоцтвами.

У п'ятому розділі представлені результати аналітичного та експериментального дослідження корозійного зносу елементів теплових мереж та його впливу на ефективність праці обладнання.

Спільний вплив на швидкість корозії двох режимних факторів - швидкості  $w$  та температури потоку води виражено у апроксимуючій дослідні дані залежності вигляді:

$$v_{\text{макс}} = 114 \frac{t}{25.7 + t} + (0.955 + 0.26 \ln t) \ln w \quad (13)$$

Проводячи кореляцію залежності швидкості від температури, можливо визначити середнє значення швидкості корозії. Отримані співвідношення дозволяють знайти важливу для динамики корозії характеристику - постійну часу корозії. Її розмір, равний 0,089 року або близько одного місяця, визначає період, з часом котрого виникає найбільше проникання пітингу у метал (близько 60% від середньої глибини корозійної виразки), далі процес сповільняється. Ця модель підтверджується експериментальними даними.

Засновуючи гіпотезу про розподіл густини імовірності безвідмовної роботи Вейбулла та використовуючі отримані співвідношення, можливо зобразити вираз для розрахунку потоку відказу на 1 км траси при середніх умовах роботи у вигляді

$$\xi = 167 \cdot 10^{-4} \left[ 1137 \frac{t}{25.7 + t} + (0.955 + 0.26 \ln t) \ln w \right] \tau^{1.92} \quad (14)$$

Економічний вираз аварійних ситуацій має вигляд суми витрат на відновлювання утрат води та на ліквідацію пошкоджень

$$Z_{TC} = \xi L \left\{ q_{yt} \sqrt{\frac{P}{P_0}} \left[ 3_{пв} + (c_p)_в 3_T (t_{св}^{CP} - t_{пв}) + a_{лп} \right] \right\}, \quad (15)$$

де  $q_{yt}$  - середній витік з одного пошкодження;  $P, P_0$  - середній тиск у мережі розглядуємого та базового варіантів відповідно;  $L$  - довжина трубопроводу.

У шостому розділі подани результати розробки математичної моделі системи теплофікації та централізованого тепlopостачання, методики оптимізації температури мережної води, алгоритму реалізації методики та результати чисельного дослідження цільової функції оптимізації. Цільова функція оптимізації подана у вигляді суми приведених витрат на виробництво теплоти, її транспорт та витрат, зв'язаних з надійністю трубопроводу. Оптимальне значення розрахункової температури мережної води відповідає мінімуму суми приведених витрат.

Витрати на виробництво теплоти на ТЕЦ включає складові власно на ТЕЦ, на пікових котельних ТЕЦ та на електроенергію, отриману від енергосистеми у варіанті роздільного енергопостачання. Змінна частина приведених витрат на транспорт тепла обумовлена перекачкою теплоносія та тепловими утратами у навколишнє середовище. Приведені витрати на ремонт та підпитку теплових мереж, які були викликані корозійним зносом трубопроводу, визначились на основі методу, викладеного у розділі 5. При цьому аналіз значущості факторів, що впли-

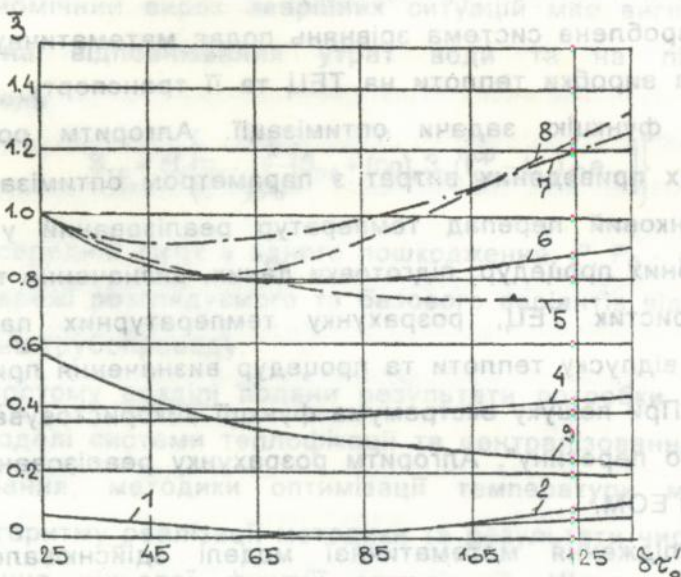
вають на витрати, показав, що виключаючими з'являються умови в подаючій магістралі теплової мережі, де має місце значна зміна температури та тиску.

Розроблена система зрівнянь подає математичну модель процесів виробки теплоти на ТЕЦ та її транспорту, складову цільову функцію задачі оптимізації. Алгоритм розрахунку сумарних приведених витрат з параметром оптимізації  $\delta\tau'_0$  - розрахунковий перепад температур реалізований у вигляді структурних процедур: підготовки даних, визначення технічних характеристик ТЕЦ, розрахунку температурних параметрів режиму відпуску теплоти та процедур визначення приведених витрат. При пошуку екстремума функції використований метод "золотого перетину". Алгоритм розрахунку реалізован у програмі для ЕОМ.

Дослідження математичної моделі здійснювалось при варіюванні основних режимних параметрів, кліматичних характеристик та вартісних показників, складаючих можливі області реалізації результатів на території України. Цільова функція ( $\bar{Z}$ ) була визначена у безрозмірному вигляді, як відношення приведених витрат поточного найменування до сумарних, визначених при найменшому значенні параметру оптимізації.

Результати досліджень показали, що існують глобальні закономірності, що визначають залежність приведених витрат від режимних характеристик. Зокрема, це відноситься до залежності  $\bar{Z}$  від коефіцієнту теплофікації, зміна котрого відображується на характері цільової функції у області високих значень  $\delta\tau'_0$  (див. мал.) та на величині оптимального значення  $\delta\tau'_0$ . При цьому зріст коефіцієнту теплофікації приводить до знижен-

ня оптимального значення розрахункової різниці температур мережної води.



Вплив режимних та економічних показників на відносні приведені витрати.

Складаючи витрати: 1 - корозійний знос; 2 - недовиробка електроенергії; 3 - транспорт теплоти; 4 - виробництво теплоти;

Сумарні витрати: 5 -  $\alpha_T=0.3$ ; 6, 7 -  $\alpha_T=0.5$ ; 8 -  $\alpha_T=0.7$ ;

Ціни: 7 - 1994р; інші - 1985р.

Найбільший вплив на сумарні приведені витрати виказують складаючи, обумовлені виробкою теплоти на ТЕЦ та його транспортом. Частки витрат на недовиробку електроенергії та відновлення корозійного зносу трубопроводу мають менше значення, однак, їх наявність виявляє вплив на положення екстремуму цільової функції.

Величина приведених витрат, пов'язаних з корозійним зносом, може мати власний екстремум - мінімум. Екстремальний

характер цієї функції відображується при значеннях коефіцієнту теплофікації, перевершуючих  $\alpha_T=0,3$ , а область оптимальної температури в подаючий магістралі при цінах базового, 1985 р., лежить в межах 130...145°C. Причому ці межі існування екстремуму являються дуже стійкими при варіації різноманітних технічних параметрів.

Серед найбільш впливаючих на цільову функцію факторів знаходяться вартісні характеристики, рівні котрих, як правило, непропорціонально змінюються для різних складаючих приведених витрат. На малюнку зображені дані, приведені до цін різного рівня - 1985 р. та 1994 р. Впевно, що з зростом цін змінюється вигляд кривої цільової функції та відбувається зсув оптимуму у сторону низьких значень температури води. Ця обставина вказує на актуальність систематичної коректировки режимних графіків виробу теплоти у відповідності з економічною ситуацією.

### ОСНОВНІ ВИСНОВКИ.

1. Розроблені формалізовані методи визначення характеристик режимів відпуску теплоти на ТЕЦ, які дозволили підвищити надійність отримуваних результатів та автоматизувати розрахункові процедури.
2. Розрахункові зовнішні температури повітря для опалення та вентиляції в межах припущених для практичних розрахунків точності подають комплексні характеристики кліматичного району для графіків теплових навантажень.
3. Встановлена ідентичність температурно-тимчасового показника Ларсона-Міллера по відказам обладнання в залежності від типу та функціонального призначення обладнання, отримана оцінка ресурсу обладнання в залежності від режимних

параметрів - температури та тиску.

4. Розроблен метод аналітичного визначення економічних показників корозійного зносу трубопроводів тепломережі.
5. Одержана залежність кількості пошкоджень (потоків відказів) трубопроводів з витіку теплоносія, як функції температури теплоносія, його швидкості та довготривалості експлуатації трубопроводів.
6. Розроблена методика оптимізації температури води у теплової мережі на основі сумарного економічного показника процесів виробництва теплоти на ТЕЦ, її транспорту, виробництво електроенергії комбінованим засобом та корозійного зносу транспортного трубопроводу.
7. Пропонована конструкція регулюючого клапану з поруватою дроселюючою насадкою, яка має безкавітаційну гідродінамічну характеристику.

Основний зміст дисертації викладений у роботах:

1. Вороновський Г.К., Шестакова Е.І. Досвід контролю металу теплоенергетичного обладнання Придніпровської ДРЕС // Електричні станції, - 1984. - №10. - с.63-64.
2. Вороновський Г.К., Бондаренко В.Д. Проблеми теплопостачання міста Одеси // Енергетика та електрифікація. - 1988. - №2. - с.11-14.
3. Питання ерозійних пошкоджень та корозії дренажних трубопроводів закипаючого конденсату / Г.К.Вороновський, Н.Н.Макаренков, І.Л.Козлов, А.В.Королев // Тез. докл. науков. конф. Двофазні потоки у тепловому обладнанні атомних електростанцій. - Одеса:ОПІ,1988.-с.77-78.
4. Королев А.В., Вороновський Г.К. Улаштування зливних та дренажних трубопроводів, котрі запобігають вібрації та гідро-

- ударів// Експлуатація та ремонт обладнання атомних електростанцій.- М.: Інформенерго.-1988.-№3.-с.15-18.
5. Вороновський Г.К., Височин В.В., Титарь С.С. Розвиток методів розрахунку теплових мереж // Енергетика та електрифікація.-1995.-№2.-с.30-32.
6. Оптимізація розрахункової температури мережної води/ Г.К.Вороновський, В.В.Височин, С.С.Титарь, А.В.Королев// Енергетика та електрифікація,-1995.-№3.
7. 1421024 СРСР, МКІ F16 K47/14/ Регулюючий орган / В.А.Герлига, А.В.Королев, Г.К.Вороновський та інші.- Оубл.1987; Бюл. № 37.
8. 1515000 СРСР, МКІ F16 K06/14/ Прилад для регулювання продуктивності насосу/ В.А.Герлига, А.В.Королев, Г.К.Вороновський, Л.Н.Курник.-Оубл.1989,Бюл.№38.

#### Умовні позначення.

$Q_0, Q'_0$  - поточне та розрахункове значення опалювального навантаження відповідно;  $Q_{np}$ - приєднане навантаження ТЕЦ;  $\Pi = n/n_0$ ;  $n, n_0$ - довготривалість навантаження відповідно поточної та сезонної;  $n_r$  - почасова довготривалість роботи системи у році;  $H = t_{нo}/t_{вp}$ ;  $t_{вp}$  - розрахункова температура повітря у приміщеннях;  $V = t_{нв}/t_{вp}$ ;  $\Delta t'_0$  - розрахунковий температурний натиск у нагрівальному приладі;  $Z_{пв}, Z_T$  - витрати на живильну воду та теплоту мережної води відповідно;  $(c_p)_в$  - об'ємна теплоємність води;  $t_{ср}^{св}$  - середня температура мережної води;  $t_{пв}$  - температура підпитуючої води;  $a_{лп}$  - питомі витрати на ліквідацію одного ушкодження;  $\alpha_T$  - коефіцієнт теплофікації;  $\gamma_0, \gamma_в, \gamma_{гв}$  - вагові коефіцієнти навантажень відповідно опалення, вентиляції та гарячого водопостачання;  $\beta_1, \beta_2$  - коефіцієнти, котрі

ураховують зміни температури води та її витрати при переході від зимового до літнього періоду;  $\delta t'_0$  - розрахунковий перепад температур у системі опалювання.

Вороновский Г.К. Оптимизация режимов отпуска тепла от ТЭЦ с учетом надежности трубопроводных систем. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 - промышленная теплоэнергетика, Украинский государственный университет пищевых технологий, Киев, 1996.

Защищаются 6 научных работ и 2 авторских свидетельства, которые содержат результаты, позволяющие повысить эффективность работы ТЭЦ и тепловых сетей. Методические разработки дают возможность определить нагрузочные характеристики работы ТЭЦ и тепловых сетей, провести оценку надежности трубопроводного оборудования и организовать рациональную систему предупредительных ремонтов оборудования тепловых сетей. Установлена возможность использования дисперсного дросселирующего органа регулирующей арматуры тепловых сетей, позволяющего избежать кавитационного режима течения жидкости.

Optimisation of regimes of heat distribution from HEC into account reliability of piping systems. Dissertation for obtaining scientist degree of technical science candidate for speciality 05.14.04 - industrial heat-and-power engineering, Ukrainian State University of heat engineering, Kiev, 1996.

Author defends 6 scientific works and 2 authors certifications. Results of that work is high effect for HEC and heat nets. Me-

thodical research may be using for determination of the power characteristics of HEC, search for an optimum temperature of heating nets, conduct the estimation reliability of tube equipment and construct optimum system preventive maintenance of heat net equipment. Is showed as use dispersive filling in the throttle control valve of heat nets for without cavitation resistance.

Ключові слова: оптимізація, надійність, теплова мережа, теплоелектроцентрально

*Г. Воронько*

Підписано для друку 03.04.96 р.

Формат 60 x 90 1/16, папір офсетний 70 г/м<sup>2</sup>, обсяг 1,0 ум. др. арк.

Зам. 354, тираж 100 пр.

Фірма "Курсор Лтд", 310057, м. Харків, пров. Театральний, 11/13

445731

