Харківський державний технічний університет
будівництва та архітектури

Масаєв Іса Вахаєвич

УДК 697.34

РАЦІОНАЛЬНЕ УПРАВЛІННЯ ВІДПУСКОМ ТЕПЛОТИ НА ОПАЛЮВАЛЬНІЙ КОТЕЛЬНІЙ.

05.23.03 - вентиляція, освітлення та теплогазопостачання.

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків -1997

ЛННБ України ім.В.Стефаника
00751304 (К)

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано у Харківському державному технічному університеті будівництва та архітектури, Міністерство освіти України.

Науковий керівник - доктор технічних наук, професор
Редько Олександр Федорович, Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури, зав. кафедрою.

Науковий консультант - доктор технічних наук, професор
Стоянов Фелікс Анатолійович, Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури, професор.

Офіційні опоненти - доктор технічних наук , професор
Пермяков Борис Андрійович, Московський державний будівельний університет, зав. кафедрою;
- кандидат технічних наук, доцент Горовой Анатолій Михайлович Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури, доцент кафедри.

Провідна установа- Харківський державний політехнічний
університет, Міністерство освіти України, м. Харків.

Захист відбудеться 27 листопада 1997 р. О 12.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 02.07.01 у Харківському державному технічному університеті будівництва та архітектури за адресою: 310002, м. Харків - 2, вул. Сумська, 40.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського державного технічного університету будівництва та архітектури за адресою: 310002, м.Харків - 2, вул.Сумська, 40.

Автореферат розіслано « 21 » 10 1997 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої Ради,
канд. техн. наук., доцент М. І. Колотило

Актуальність. На сучасний момент біля 4 тисяч опалювальних котельних загальною потужністю 50000 МВт обслуговують комунально-побутових споживачів України. Ці котельні щорічно споживають 11 млн. тонн умовного палива та відпускають більше 250 млн. МДж теплової енергії.

Роботі котельних притаманна дуже висока нерівномірність, що спричинена значною мірою помітними коливаннями температури навколишнього повітря та змінами навантаження протягом доби, які пов'язані з гарячим водопостачанням та вентиляцією. Суттеві труднощі також пов'язані з необхідністю урахування часу транспортного спізнювання. Це одразу ж перетворює задачу оптимального управління котельною у динамічну та суттево ускладнює її розв'язання.

Перетворення цієї задачі у квазідинамічну з невеликою втратою точності та її реалізація для низки відрізків часу (періодів регулювання) дозволяє отримати рішення за допомогою недорогого персонального комп'ютера. До того ж, необхідно раціонально обрати період регулювання та теплове навантаження на котельну, яке залишатиметься незмінним на протязі цього періоду та забезпече у опалювальному районі комфортні умови відносно опалення, гарячого водопостачання та інше.

Таким чином, раціональний вибір теплового навантаження, яке забезпече комфортні умови у опалювальному районі за значних коливань погодних умов та витрат тепла на гаряче водопостачання є важливим та актуальним завданням, успішне розв'язання якого може дати суттевий економічний ефект.

Не менш важливою є задача оптимального розподілу раціонального навантаження, що було отримано на попередньому етапі, поміж окремими агрегатами. Ця задача може бути реалізована як задача нелінійного математичного програмування про вибір оптимальної кількості котлів що працюють та оптимального розподілу навантаження поміж ними, що забезбече мінімум сумарних втрат енергії у грошовій формі. Цільова функція задачі оптимального управління охоплює втрати тепла з вихідними газами, на роботу дуттьових вентиляторів, на розігрів та охолодження котлів та втрати на перекачування теплоносія через котли. Останні втрати треба обов'язково приймати до уваги, особливо під час вибору оптимальної кількості котлів що працюють.

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

Звичайно, розв'язати таку задачу можна лише використовуючи комп'ютерну техніку, а метою розв'язання буде безпосереднє оптимальне управління котельною або складання технологічних карт управління.

Усе доведене вище визначає актуальність роботи, яка спрямована на економію паливно-енергетичних ресурсів шляхом оптимального управління виробкою тепла на опалювальних котельних.

Дисертація виконана автором у 1995-1997 роках, відповідає основним напрямкам наукової роботи кафедри ТГВ ХДТУБтаА та виконана у відповідності з д/б темою № 0045 «Енергоресурсозберігаючі технології раціонального використання палива у будівельному виробництві».

Мета роботи : зниження витрат паливно-енергетичних ресурсів на опалювальних котельних шляхом оптимального центрального регулювання, яке охоплює:

- вибір раціональних величин загального теплового навантаження та періоду регулювання для змінних режимів експлуатації котельної;
- оптимальний розподіл цього навантаження поміж окремими котлоагрегатами.

Відповідно до цієї мети у дисертації було сформульовано наступні завдання:

- розробка концепції, алгоритму та програмного комплексу квазідинамичного управління відпуском тепла в умовах різких змін теплового навантаження;
- формалізація та постановка задачі вибору оптимального складу працюючих колтлоагрегатів та теплового навантаження, що припадає на кожен з них, а також розробка відповідних експериментально-обчислювальних комплексів для комп'ютерного супроводження процесу центрального управління на опалювальній котельній.

Методологія дослідження. У роботі використані методи системного аналізу, методи планування експерименту, методи нелінійного математичного програмування, основні положення теорії складних систем, експериментальні методи оцінювання енергетичних характеристик котлоагрегатів.

Наукова новизна роботи полягає у наступному:

- розроблено та адаптовано концепцію квазідинамічного управління процесом відпуску тепла на котельній, яка продемонструвала свою спроможність;
- на засадах теорії планування експерименту розроблено єдину екпериментально- обчислювальну математичну модель функціонування котельної та району що опалюється;
- на засадах основних положень теорії складних систем поставлено та розв'язано як задачу нелінійного математичного програмування загальну оптимізаційну задачу управління котельною; здійснено її декомпозицію та розроблено структуру рівневих локальних взаємопов'язаних задач, що дозволило суттєво скоротити термін реалізації загальної оптимізаційної задачі та використати персональний комп'ютер у режимі реального часу для управління котельною.

Практична цінність роботи полягає у наступному:
- розроблено та апробовано експериментально-обчислювальний програмний комплекс, який дозволяє у режимі реального часу управляти виробкою та відпуском тепла на опалювальній котельній з мінімальними втратами на протязі експлуатації;
- розроблено та апробовано спрощенний експериментально-обчислювальний комплекс для створення пакетів технологічних карт управління котельною за умов відсутності комп'ютерного забезпечення.

Апробація роботи. Основні положення дисертаційної роботи доповідались на 52 науково-технічній конференції ХДТУБтаА (м. Харків, квітень 1997 р.) та на міжнародній науково-технічній конференції «Удосконалення турбоприладів методами математичного та фізичного моделювання» (м. Харків, жовтень 1997 р.).

Публікації. За матеріалами дисертації надруковано три наукові роботи у провідних виданнях країни. Роботи [2] та [3] надруковані зі співавторами. Особистий внесок здобувача у цих роботах визначається наступним чином.

У роботі [2] розроблено алгоритм складання технологічних режимних карт оптимального управління котельною, які дозволяють оцінити оптимальну кількість працюючих котлів.

У роботі [3] розроблено алгоритм обчислення оптимального розподілу теплового навантаження поміж котлоагрегатами, яким властиві неоднакові економічні якості.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з вступу, 4 глав, висновків, переліку посилань на літературні джерела з 60 найменувань та додатків на 2 сторінках. Робота вміщує 124 сторінок машинописного тексту, 36 малюнків, 16 таблиць, вцілому 156 сторінок.

Основний зміст роботи.

У вступові обгрунтовано актуальність теми, доведені мета та основні завдання досліджень, охарактеризовані новизна, теоретична та практична цінність отриманних результатів, доведені дані про апробацію та публікацію основних наукових положень, що складають дисертацію.

У першій главі розглянуто основні напрямки сучасних досліджень проблем оптимального управління енергетичним устаткуванням. Ці проблеми розглядалися у роботах Богуна В.А., Бузнікова Є.Ф., Левіна В.К., Литвінчьовой Н.О., Роддатіса Є.Ф., Равича М.Б., Соколова Є.Я., Стоянова Ф.А., Юфа Ф.І. та ін. Після огляду та критичного аналізу стану проблеми сформульовано склад завдань, які необхідно розв'язати у дисертаційній роботі з метою розкриття теми.

У другій главі розглянуто загальну оптимізаційну задачу управління відпуском тепла на опалювальній котельній, яка складається з n котлів. Реалізовано задачу центрального якісного регулювання. Загальне теплове навантаження на котельну (Qкомф, МВт), що забезпечує у споживачів комфортні умови що до опалення та гарячого водопостачання, складається з двох компонентів: на опалення (Qот, МВт) та на гаряче водопостачання (Qгв, МВт). Тут Qот залежить від температури навколишнього повітря (tнв, С°), а Qгв від часу доби та дня тижня. Теплова потужність котельної (Qкомф, МВт) залежить від кількості працюючих котлів m, кількості розпалених пальників у кожному котлі (Zi, i=1,m) та від тиску газу у пальниках кожного і- го котла (Pi, i=1,m, МПа). Саме ці величини (Zi, Pi, i, i=1,m) є параметри управління оптимізаційної задачі раціонального регулювання опалювальної котельної. За цільову функцію у цій задачі приймаємо питому (Н*, гривень/годин) або сумарну (Н*, гривень) ціну втрат енергії за деякий період регулювання $\Delta\tau$, тривалість якого залежить від акумулюючої здібності

приміщень, що опалюються, та часу транспортного спізнення теплоносія. На протязі цього періоду оптимальні значення Zi, Pi та і залишаються незмінними. Математична постановка цієї задачі виглядає наступним чином.

Необхідно знайти

$$\min_{Zi,\,Pi,\,i \in W} H^*(Zi,Pi,i),\ i=1,m, \qquad (1)$$

де W- область визначення цільової функції H*, що задається обмеженнями:

$$Zimin < Zi < Zimax,\ Pimin < Pi < Pimax,\ i=1,m, \qquad (2)$$

де Zimin, Zimax, Pimin, Pimax - мінімальні та максимальні припустимі значення Zi та Pi та рівністю:

$$Q_к(Zi,Pi,i)\cdot\Delta\tau = Q_{от} + Q_{гв} = \int_{\tau o}^{\tau o+\Delta\tau} Q_{от}(t_{нв})\cdot d\tau + \int_{\tau o}^{\tau o+\Delta\tau} Q_{гв}(\tau)\cdot d\tau, \qquad (3)$$

де τo - час початку періоду регулювання.

Виконання рівності (3) гарантуватиме збіг величин кількості тепла, що уводиться у опалювальну систему за період Δτ ($Q_к = Q_к\cdot\Delta\tau$) та кількості тепла, яка необхідна, щоб забезпечити комфортний стан ($Q_{комф} = Q_{от} + Q_{гв}$) на протязі того ж періоду.

Далі, оскільки маємо прогнозний графік $t_{нв} = t_{нв}(\tau)$, то рівняння (3) можна навести у вигляді:

$$Q_к(Zi,Pi,i)\cdot\Delta\tau = \int_{\tau o}^{\tau o+\Delta\tau} Q_{от}(\tau)\cdot d\tau + \int_{\tau o}^{\tau o+\Delta\tau} Q_{гв}(\tau)\cdot d\tau. \qquad (4)$$

З метою реалізації цієї оптимізаційної задачі було розроблено експериментально-обчислювальний комплекс, адаптований до персонального комп'ютеру IBM PC/AT, який

дозволяє для будь-якої комбінації Zi, Pi, i, i =1,m оперативно обчислити величини H*, Qкомф, Qот, Qгв та Qк. До того ж у режимі діалогового спілкування з комп'ютером можна підібрати таку комбінацію Δτ, Zi, Pi, i, i =1,m, яка забезпече рішення оптимізаційної задачі управління котельною у постановці (1), (2), (3).

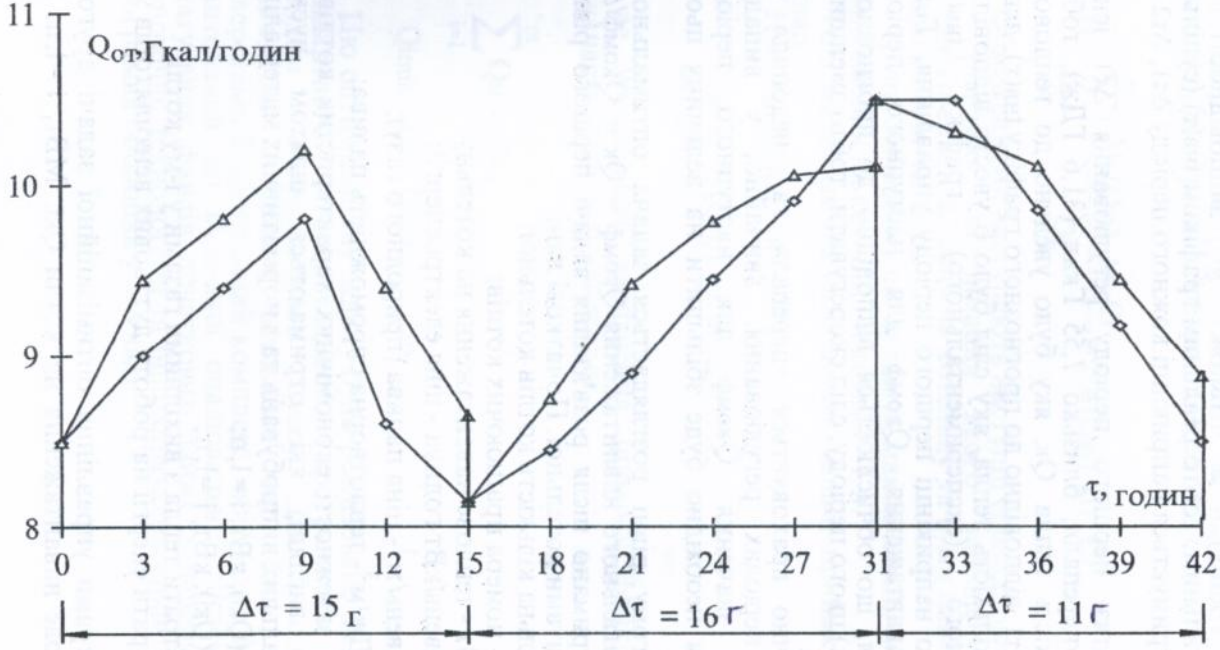
Досвід експлуатації цього програмного продукту в умовах управління опалювальною котельною у режимі реального часу свідчить, що у багатьох випадках отримання оптимального рішення спізнюється з-за складності пошуку під час діалогу с комп'ютером. Проте використання детермінованих методів оптимізації (наприклад, методів нелінійного математичного програмування) у загальній постановці оптимізаційної задачі практично неможливо з-за різноманітності параметрів управління (цілочисельні - i, Zi та неперервні - Pi), досить великої кількості параметрів оптимізації та ін.

У третій главі у зв'язку викладеним вище було здійснено декомпозицію загальної оптимізаційної задачі управління на низку взаємопов'заних локальних рівневих задач. Декомпозицію було здійснено з суворим дотриманням головних положень системного підходу, саме про центральне домінування, про інформаційну спадкоємність,про необхідне різноманіття та ін.

Під час розв'язання задачі першого рівня встановлюється величина Qкомф =Qкомф(τо, tнв(τ), Δτ). Головні початкові дані: τо, Δτ, Qот(tнв) - графік опалювального навантаження району, tнв(τ) - прогноз погоди на період часу [τо, τо+Δτ], Qгв(τ) - добовий графік гарячого водопостачання. Усі залежності надяються, як правило, у табличному вигляді.

З метою реалізації задачі першого рівня було розроблено експериментально обчислювальний комплекс, який надає інформацію про головні параметри системи (Qкомф, Qот, Qгв та ін.). Усі початкові дані, що необхідні для роботи комплексу, оперативно змінюються шляхом редагування файлів даних.

За допомогою цього комплексу було здійснено експеримент по управлінню опалювальною котельною на протязі 6 діб. На малюнку 1 доведені результати цих випробувань для трьох періодів регулювання Δτ1=15 годин, Δτ2=16 годин та Δτ3 = 11годин. На графіку зображено залежності Qот(τ), які було обчислено у відповідності з характеристиками району, що



Малюнок 1 - Залежність теплового навантаження Qот від τ

—◆— Дійсна;

—▲— Прогноз

опалюється, тобто $Q_{от}(t_{нв})$, та прогнозним графіком $t_{нв}(\tau)$ (пунктирна лінія), а також у відповідності з експериментальним, тобто реальним графіком $t_{нв}(\tau)$ (суцільна лінія), що отримується наприкінці кожного періоду $\Delta\tau 1$, $\Delta\tau 2$ та $\Delta\tau 3$.

На портязі першого періоду регулювання $\Delta\tau 1$ існує невеликий «перепал», близько 7,55 Гкал (31,6 ГДж), тобто дійсна кількість тепла $Q_к$, яку було уведено до теплового району за $\Delta\tau 1$ відповідно до прогнозного графіку $t_{нв}(\tau)$, дещо перевищує кількість тепла, яку слід було б увести відповідно до реального (експериментального) графіку $t_{нв}(\tau)$, отриманного наприкінці першого періоду управління. Тому сумарне навантаження $Q_{комф}$ для наступного періоду регулювання, що обчислюється відповідно до прогнозного графіку $t_{нв}(\tau)$ цього періоду, слід скорегувати, тобто зменшити на 31,6 ГДж.

Аналогічно враховується «перепал» та «недопал» на наступних періодах регулювання. Звичайно, у випадку «недопалу» значення $Q_{комф}$ для наступного періоду регулювання необхідно буде збільшити на величину цього «недопалу».

На другому рівні розглядається задача оптимального розподілу загального навантаження $Q_{комф} = Q_к = Q_{комф}/\Delta\tau$, що було отримано після розв'язання задачі першого рівня, поміж агрегатами котельної. Початкові дані:

- n - загальна кількість котлів котельної;
- $i = 1,m$ - номера працюючих котлів;
- $Q_к$, МВт - теплове навантаження на котельну;
- $C_э$, гривень/кВт·година - ціна електроенергії;
- $C_г$, гривень/$м^3$ - ціна палива (природного газу);
- Q_h^p, МДж/$м^3$ - теплотворна спроможність палива;

а також залежності економічних характеристик котлів у табличному вигляді, які отримаються шляхом пусконалагоджувальних випробувань та з нормативних матеріалів:

- $\Delta h_i = f1(Q_{кі})$, кВт, $i = 1,n$;
- $N_{кі} = f2(Q_{кі})$, кВт, $i = 1,n$;

де Δh_i - втрати тепла з вихідними газами у і-му котлі;

$N_{кі}$ - витрати енергії на роботу дуттьових вентиляторів у і-му котлі.

Параметрами управління оптимізаційної задачі другого рівня є теплове навантаження на котли $Q_{кі}$, МВт, $i = 1,n$. За цільову

функцію на другому етапі було прийнято величину сумарних втрат енергії з вихідними газами та на роботу дуттьових вентиляторів у грошовій формі за період $\Delta\tau$

$$\overline{H} = \sum_{i=1}^{m} \left(\frac{\Delta h_i(Q_{ki}) \cdot \Delta\tau \cdot C_г}{Q_h^p} + N_{ki}(Q_{ki}) \cdot \Delta\tau \cdot C_э \right). \qquad (5)$$

Обмеженнями виступають наступні співвідношення:

- рівняння, дотримання якого забезпечує рівність сумарного навантаження на котельну та суми навантажень на окремі котлоагрегати;
- група обмежень, що задають максимальні та мінімальні навантаження на кожний і-й котел $i = 1, n$.

Тоді математична постановка задачі прийме наступний вигляд.

Необхідно знайти

$$\min_{Q_{ki} \in W} \overline{H}(Q_i), \; i = 1, m, \qquad (6)$$

де W- область визначення цільової функції $\overline{H}$, що визначається співвідношеннями:

$$\sum_{i=1}^{m} Q_{ki} = Q_к, \qquad (7)$$

$$Q_{imin} < Q_i < Q_{imax}, \; i = 1, m. \qquad (8)$$

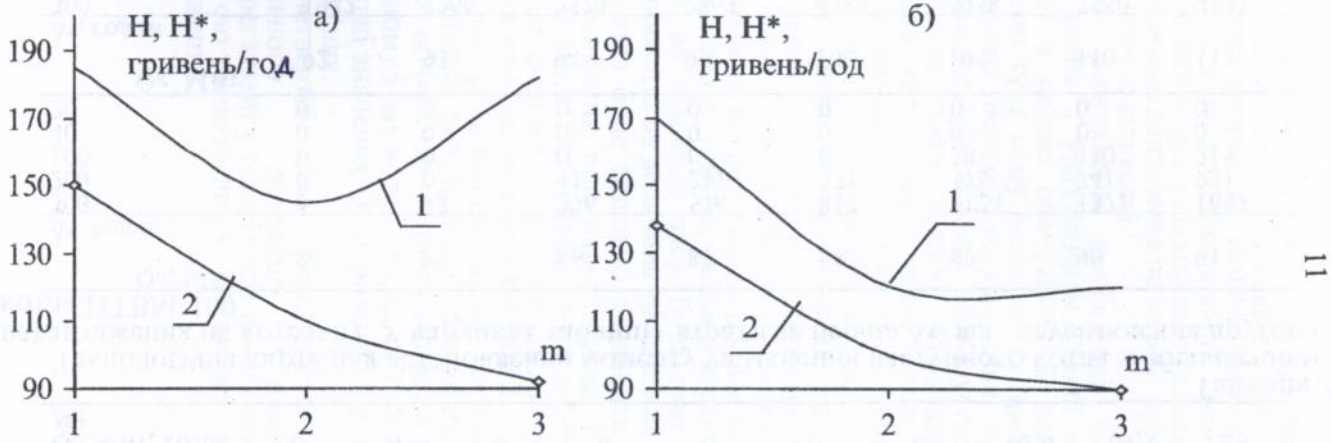
Цю оптимізаційну задачу було реалізовано за допомогою стандартного обчислювального програмного комплексу методом покоординатного спуску. Для її оперативного розв'язання у режимі реального часу було розроблено універсальний програмний комплекс, який може бути швидко адаптований до будь-якої опалювальної системи шляхом редагування файлів початкових даних з інформацією про економічні, технологічні та інші характеристики обладнання. Програмна оболонка у вигляді

командного файла з'єднує обидва програмних комплекса у єдину систему, яка спроможна обчислити необхідне загальне навантаження на котельну та його оптимальний розподіл поміж котлоагрегатами.

Як приклад, у дисертації було розглянуто котельну, що складається з чотирьох котлів ПТВМ-100. Загальне теплове навантаження на котельну складає Qк = 100 МВт. На малюнку 2 зображено залежність H та H* від кількості працюючих котлів (тут H*- ціна втрат з урахуванням гідравлічних витрат на перекачування теплоносія через котли). Кожна крапка на малюнку 2 відповідає оптимальному розподілу навантаження поміж котлоагрегатами для поточного m. Аналіз цих графіків дозволяє зробити висновок, що вибір оптимальної кількості працюючих котлів є можливим тільки з урахуванням гідравлічних втрат, що відповідає критерію оптимальності H*. Це витікає зі зниження ККД котлів за збільшення навантаження на них. Тому зниження навантаження на котли сприяє збільшенню економічної ефективності роботи котельної у цілому. Це добре видно з графіку залежності H=H(m) (малюнок 2,а). Однак якщо прийняти до уваги, що розпалення кожного наступного котла викликає збільшення гідравлічних витрат, то стає очевидним, що з розпаленням нових котлів настає такий момент, коли витрати на перекачування теплоносія перебільшать виграш від зниження навантаження на кожний окремий агрегат. Так, для варіанту, що розглядається, оптимальна кількість котлів, що відповідає мінімуму H*, становитиме 2.

У таблиці 1 надані результати розв'язяння цієї задачі для котельної, що складається з 6 котлів ПТВМ-100. Економічні характеристики котлів № 1 та № 2; № 3 та № 4; № 5 та № 6 однакові поміж собою. До того ж котлам № 1 та № 2 властиві найкращі економічні характеристики, а котлам № 5 та № 6 - найгірші. Задачу оптимізації цільової функції H* було розв'язано для різних величин навантажень. Як слід було очікувати, оптимальному розподілу відповідає дещо збільшене навантаження на котли з найкращими економічними показниками (№ 1 та № 2).

Використання програмного комплексу для розв'язання задачі другого рівня дозволило дослідити вплив ціни енергоресурсів на результати рішення, що зображено на малюнку 2. Для Сэ = 0,2 гривень/кВт·година оптимальна кількість працюючих котлів



Малюнок 2 - Залежність втрат Н та Н* від кількості працюючих котлів m :
1- с урахуванням гідравлічних втрат; 2- без урахування;
а)Сэ = 0,2 гривень/кВт·год; б)Сэ = 0,1 гривень/кВт·год

Технологічна карта для встановлення Qіорт під час запуску котельної

Qк, МВт	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Q1,МВт, котел №1	50	50	50,5	69,9	66,8	63,5	76,5	72,7	83,9	93,7
Q2,МВт, котел №2	0	50	50,5	69,9	66,8	63,5	76,5	72,7	83,9	93,7
Q3,МВт, котел №3	0	0	49	60,2	58,2	58,5	66,2	64,9	71,9	83,5
Q4,МВт, котел №4	0	0	0	0	58,2	58,5	66,2	64,9	71,9	83,5
Q5,МВт, котел №5	0	0	0	0	0	56	64,6	62,4	69,2	72,8
Q6,МВт, котел №6	0	0	0	0	0	0	0	62,4	69,2	72,8

Таблиця 2

Технологічна карта для встановлення моменту увімкнення наступного котла зі збільшенням навантаження на котельну. У чарунках таблиці - втрати за період Δτ від неувімкнення другого котла ПТВМ-100

Qк, МВт / Δτ, годин	84	85	86	87	88	89	90	91
300	0	42	276	576	817	1124	1371	1687
200	0	0	11	211	371	576	741	951
100	0	0	0	0	0	28	110	215
40	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0
Qк, МВт / Δτ, годин	92	93	94	95	100	105	110	115
300	1942	2266	2529	2863	4383	5958	7550	9192
200	1121	1373	1513	1735	2748	3798	4860	5955
100	300	408	496	607	1114	1639	2170	2717
40	0	0	0	0	133	343	556	775
20	0	0	0	0	0	0	18	127

становитиме 2, а для Сэ = 0,1 гривень/кВт·година - 3. Це витікає з того, що зі зниженням ціни електроенергії вплив гідравлічних витрат на цільову функцію зменшається. Тоді оптимальна кількість працюючих котлів буде більшою з-за превалювання втрат з відхідними газами, які зменшатимуться зі зниженням навантаженя на окремі працюючі котли, тобто зі збільшенням їх кількості.

Тепер розглянемо розв'язання оптимізаційної задачі другого рівня з урахуванням деякої «передісторії» роботи котельної з метою планування її подальшої експлуатації. Розглянемо ту ж саму котельну та приймемо, що на протязі попереднього періоду регулювання працював лише один котел (аналогічна задача розв'язується для двох, трьох, чотирьох та п'яти котлів). Розв'язання цієї задачі без урахування витрат на розігрів котла виявило, що другий котел слід розпалити при Qк ≈ 82 МВт. Якщо ж врахувати витрати енергії на розігрів котла, то за умов тривалого наступного періоду регулювання $\Delta\tau 2$ (наприклад, $\Delta\tau 2$=300 годин) другий котел слід розпалити майже при тому ж самому навантаженні (Qк ≈ 84 МВт), як і у випадку розв'язання задачі без урахування витрат на розігрів. Це пояснюється тим, що за умов великого $\Delta\tau$ питома частина втрат на розігрів котла, яка припадає на одиницю часу, буде дуже малою. Звичайно, зі зменшенням $\Delta\tau 2$ ця величина зростатиме та при $\Delta\tau 2$ = 40 годин другий котел буде доцільно розпалити при Qк ≈ 95 МВт, а його невмикання при навантаженні 115 МВт призведе до втрат у розмірі 775 гривень. Усю інформацію щодо втрат у гривнях від несвоєчасного розпалення другого котла для різних значень $\Delta\tau 2$ надано у таблиці 2.

Під час розв'язання задачі третього рівня за відомих кількості тепла, що виробляє кожний пальник, та тиску газу у них легко обчислити потрібну кількість розпалених пальників Zi у кожному і- му котлі, i =1, m, та тиск Pi у них, що забезпече оптимальні значення Qi, отриманні під час розв'язання задачі другого рівня.

У четвертій главі розглядається розв'язання задачі оптимального розподілу навантаження поміж котлоагрегатами у відсутності комп'ютерного забезпечення за допомогою технологічних режимних карт та результати впровадження

розробленої технології у виробничу практику опалювальних котельних Харківської області.

Початковими даними для отимального управління котельною за допомогою режимних карт є загальне навантаження на котельну Qк, МВт та тривалість періоду регулювання Δτ, годин. Запропоновано два типи режимних карт.

Режимні карти першого типу призначені для обчислення запуску котельної з холодного стану (таблиця 1). За відомих Qк, користуючись режимною картою, легко оцінити оптимальні кількість працюючих котлів та розподіл навантаження поміж ними.

Режимні карти другого типу призначені для перехідного процесу від меншої кількості котлів до більшої та навпаки. У

Малюнок 3 - Залежність втрат H*, гривень/година від навантаження на котельну Qк , МВт:

———— - котли вмикаються своєчасно,

- - - - - - - - котли вмикаються зі спізненням.

таблиці 2 надано таку інформацію, яка дозволяє для різних значень $\Delta\tau$ оцінити величину навантаження на котельну $Q_к$, яке викличе потребу увімкнути другий котел. Наприклад, для $\Delta\tau$=20 годин другий котел треба увімкнути при $Q_к$ = 110 МВт. Аналогічні карти було розроблено для увімкнення третього, четвертого, п'ятого та шостого котлів. Звичайно, у першу чергу треба вмикати котли з кращими економічними показниками.

З метою оцінити економічний ефект від використання запропонованої технології було обчислено залежність питомих втрат H*(гривень в годину) від загального навантаження на котельну. Було реалізовано два варіанти: перший відповідає своєчасному (оптимальному) увімкненню котлів (крапки A, B, C, D, E на малюнку 3); другий варіант відповідає увімкненню кожного наступного котла зі спізненням (крапки K, L, M, N). Трикутники KAB, LBC та ін. на малюнку 3 відповідають втратам від неоптимального управління котельною, саме від несвоєчасного увімкнення котлів під час збільшення навантаження $Q_к$ на котельну. Якщо ж врахувати ще і втрати, пов'язані з неоптимальним розподілом навантаження поміж працюючими котлоагрегатами, то загальний економічний ефект від впровадження запропонованої технології становитиме 0,0139 гривень на 1 ГДж теплової енергії, що виробляється.

Основні результати та висновки

1. Обгрунтовано доцільність та економічну ефективність оптимального управління опалювальною котельною з використанням персонального комп'ютеру.
2. Розроблено та апробовано нову концепцію оптимального управління загальним тепловим навантаженням на опалювальну котельну за умов змінних витрат теплоти споживачами.
3. Здійснено формалізацію та математичну постановку загальної оптимізаційної задачі управління опалювальною котельною. Оптимізаційну задачу реалізовано як задачу нелінійного математичного програмування.
4. Показано, що реалізація оптимізаційної задачі без урахування гідравлічних витрат не дозволяє коректно оцінити оптимальну кількість працюючих котлів та надає можливість лише обчислити оптимальний розподіл навантаження поміж заданими працюючими котлами.

5. Здійснено декомпозицію загальної оптимізаційної задачі оптимального управління котельною та розроблено структуру локальних рівневих задач. Це дозволило суттєво скоротити час реалізації загальної задачі та використати результати й рішення для управління котельною у режимі реального часу.

6. Розроблено програмний обчислювальний комплекс оптимального управління котельною у режимі реального часу, адаптований до IBM PC/AT. Результати рішення, що надаються цим комплексом, включають оптимальний склад працюючих котлів котельної та оптимальний розподіл навантаження поміж ними.

7. Показано, що оптимальний момент увімкнення наступного котла за умов поступового збільшення навантаження на котельну суттєво залежить від тривалості періоду регулювання що планується.

8. Розроблено систему технологічних (режимних) карт, які дозволяють оптимально управляти котельною у відсутності комп'ютерного забезпечення.

9. Результати досліджень за темою дисертації було впроваджено у практику управління опалювальними котельними,
що дозволило знизити ціну 1 ГДж теплової енергії на 0,0139 гривень.

Основні праці по темі дисертації

1. Масаев И. В. Оптимальное распределение тепловой нагрузки между котельными агрегатами // Коммунальное хозяйство городов: Респ. межвед. научн.-техн. сб.- К.: Техніка.- Вып. 11, 1997.- С. 79 - 80.

2. Стоянов Ф.А., Редько А.Ф., Стоянов Л.Ф., Масаев И.В. Оптимальное распределение тепловой нагрузки отопительной котельной между котлами с использованием технологических карт // Коммунальное хозяйство городов: Респ. межвед. научн.-техн. сб.- К.: Техніка.- Вып. 12, 1997.- С. 34 - 39.

3. Стоянов Ф.А., Стоянов Л.Ф., Масаев И. Оптимальное качественное регулирование теплоснабжения на источнике тепла // Док. межд. научн.-техн. конф. / Под ред. чл.-корр. НАН Украины Ю.М.Мацевитого.- Харьков: 1997.- С. 62 - 66.

Анотація

Масаєв Іса Вахаєвич. Раціональне управління відпуском теплоти на опалювальній котельній. Дисертація є рукописом на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.03 - Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури, Харків, 1997. Захищаються три наукові роботи, присвячені розробці інформаційних технологій управління опалювальними котельними за умов змінних теплових навантажень. Задача оптимального управління ставилась та розв'язувалась як задача нелінійного математичного програмування, за цільову функцію було прийнято величину сумарних втрат енергії у грошовій формі.

З метою оптимального управління котельною за умов відсутності комп'ютерного забезпечення було розроблено низку пакетів технологічних карт, які дозволяють відповідно до графіку температури навколишнього повітря, що прогнозується, оцінити загальне навантаження на котельну та встановити оптимальний склад працюючих котлів та оптимальний розподіл навантаження поміж ними. Для розв'язання цих завдань було розроблено програмний експериментально-обчислювальний комплекс для IBM PC/AT. Результати наведених досліджень впроваджено у виробництво.

Ключові слова: опалювальна котельна, оптимальна кількість котлів, нелінійне математичне програмування, оптимальне управління.

Аннотация

Масаев Иса Вахаевич. Рациональное управление отпуском тепла на отопительной котельной. Диссертация является рукописью на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.03 - Вентиляция, освещение и теплогазоснабжение. Харьковский государственный технический университет строительства и архитектуры, Харьков, 1997. Защищаются три научные работы, посвященные разработке информационных технологий управления отопительными котельными в условиях сильно меняющихся тепловых нагрузок.

Задача оптимального управления ставилась и решалась как задача нелинейного математического программирования, в качестве целевой функции была принята величина суммарных потерь энергии в стоимостном выражении.

Для оптимального управления котельной в отсутствии компьютерного обеспечения был разработан ряд пакетов технологических карт, позволяющих в соответствии с графиком прогнозируемой температуры наружного воздуха оценить общую нагрузку на котельную и определить оптимальный состав работающих котлов и оптимальное распределение нагрузки между ними. Для решения этих задач разработан программный экспериментально-вычислительный комплекс для IBM PC/AT. Результаты представленных исследований внедрены в производство.

Ключевые слова: отопительная котельная, оптимальное количество котлов, нелинейное математическое программирование, оптимальное управление.

Summary

Masayev Isa Vahayevich. Heat distribution rational control at the boiler plant. The present thesis is a manuscript to complete for earning a candidate of technical science, the speciality: 05.23.03 - Air-conditioning, liting, heat and gas supply. The Kharkov State Technical University of building and architecture, Kharkov, 1997. 3 scientific works, concerning information technologies of boiler plant control on condition that the heat load is widely varied, are defended. The task of optimum control was formed and resoled as a non-linear programming one accepting the overall energy losses converted into pecuniary form like a target function.

In order to provide the optimum control without hardware a number of flow chart complements defining the boiler plant load after the chart of ambient air temperature forecast, the optimum composition of operating boiler units and the boiler load optimum distribution among them has been developed. A set of IBM PC/AT computer programs has been worked out to resolve the both tasks. The results of this researches have been introduced into the production process.

Keywords: boiler plant, optimum boiler number, non-liner programming, optimum control.

ДЛЯ НОТАТОК

ДЛЯ НОТАТОК

Підп. до друку 16.10.97. Формат 60x84, 1/16.
Умовн. друк. арк. 1,0. Тираж 100 прим. Безкоштовно.
Ризограф ТОВ «Лібра», 310002, Харків,
вул. Чернишевського, 41.

434242

Ав 38.731