

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
КИЇВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА
АРХІТЕКТУРИ

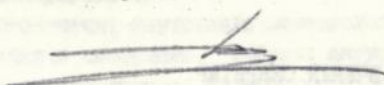
На правах рукопису

ПАЛАДІЄНКО Юрій Васильович

ЗОНАЛЬНІ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ ГОЛОВНИХ КОРПУСІВ
ТЕПЛОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

05.23.03 - Теплопостачання, газопостачання, вентиляція,
кондиціонування повітря і освітлення

А в т р е ф е р а т
дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук



Київ - 1994

AB 29.374



00756557 (Z)

Роботу виконано у Київському Державному технічному університеті будівництва та архітектури.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
В.П.Корбут

Офіційні опоненти: Доктор технічних наук, професор, завідувачий відділом Київського Інституту технічної теплофізики Малкін Е.С.

кандидат технічних наук, ст.н.сп. лабораторії математичних проблем механіки рідини і газу Київського Державного університету Тесло А.П.

Провідна установа: Київський науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут "Енергопроект".

Захист дисертації відбудеться " 9 " березня _____ 1994 року о 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої ради К068.06.08 Київського Державного технічного університету будівництва та архітектури за адресою:

252037 м.Київ-37, Повітрофлотський проспект, 31, кім. 466.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці КДТУБіА.

Автореферат розісланий " 9 " лютого _____ 1994 року.

Відгуки на автореферат у двох примірниках за підписом, затвердженням печаткою, прохання надсилати за адресою: 252037 м.Київ, Повітрофлотський проспект, 31, КДТУБіА. Вчена рада.

ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР
спеціалізованої ради
кандидат технічних наук,
професор

В.Ф.НАКОРЧЕВСЬКА

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ.

Актуальність роботи. Накопичення та впровадження передового досвіду в експлуатації та проектуванні об'єктів енергетики привело до вдосконалення схем технологічних процесів, об'ємно-планувальних і архітектурно-будівельних рішень головних корпусів ТЕС. В зв'язку з цим значних змін взнали методи забезпечення внутрішніх метеорологічних умов засобами опалювально-вентиляційної техніки.

Виконані натурні дослідження внутрішнього повітряного середовища головних корпусів ТЕС в енергоблоками 500 і 800 МВт виявили, що на формування мікроклімату в головних корпусах суттєвим чином впливають конвективні потоки у нагрітого технологічного обладнання, яке має у переважній більшості вертикальні тепловіддачі по верхні.

Аналіз технічного стану об'єктів енергетики України свідчить, що на теплових електростанціях часто експлуатується застаріле теплоенергетичне обладнання, технологія одержання теплової та електричної енергії не передбачає топливно- та енергооберігальних міроприємств.

Існуючі інженерні рішення по організації повітряобміну в головних корпусах, внаслідок низької ефективності локалізації та нерационального використання надлишкової теплової енергії, призводять до недопустимого перегріву робочої зони і площадок обслуговування в теплу пору року, переохолодження нижньої зони та необгрунтованому перегріву верхньої в холодну пору року. Такий стан справ можливо пояснити тим, що до цього часу до вирішення проблеми створення мікроклімату не був забезпечений єдиний комплексний підхід, включаючий використання теплових втрат технологічним обладнанням та зменшення енерговитрат. Застосовувані технічні рішення найчастіше виявляються енергомісткими, в низькою економічною ефективністю, не враховують динаміки технологічного режиму і особливостей фактичних тепломасообмінних процесів, виникаючих у внутрішньому просторі головних корпусів ТЕС.

Проблеми, виникаючі у забезпеченні внутрішніх метеорологічних умов існуючими санітарно-технічними системами, роблять актуальною задачу підвищення ефективності і енергетичної економічності опалю-

вально-вентиляційних систем головних корпусів ТЕС, реалізація якої базується на комплексному науковому підході до фактичних внутрішніх тепломасообмінних процесів, технологічних і об'ємно-планувальних особливостей головних корпусів.

Враховуючи, що площадки обслуговування технологічного обладнання розміщені на різних рівнях по висоті головного корпусу, підтримка нормативних параметрів повітряного середовища одночасно з максимальною утилізацією теплових втрат найбільш раціонально забезпечувати шляхом зонування систем вентиляції та тепловикористання.

Мета роботи. Наукове обґрунтування та розробка зональних систем вентиляції, забезпечуючих нормативні параметри повітряного середовища в робочій зоні і на площадках обслуговування головних корпусів ТЕС з максимальним використанням теплових втрат теплоенергетичного устаткування.

Основні задачі роботи.

- виявити фактори, впливаючі на формування конвективних потоків в технологічних відділеннях головних корпусів ТЕС, та закономірності їх розвитку;

- одержати аналітично та перевірити експериментально залежності для конвективних потоків, що виникають між плоских вертикальних паралельних поверхонь, імітуючих тепловіддаючі поверхні теплоенергетичного устаткування котельних відділень;

- розробити раціональні схеми організації повітряобміну і методи інженерного розрахунку їх параметрів, запропонувати конструктивні рішення елементів систем вентиляції і тепловикористання головних корпусів ТЕС.

Наукова новизна. Досліджені умови розвитку природніх конвективних потоків між вертикальних паралельних тепловіддаючих поверхонь та запропонована розрахункова схема, передбачає розподіл конвективного потоку на три характерні ділянки. Одержані характеристики розподілу швидкості і температури повітря в конвективному потоці між вертикальних паралельних тепловіддаючих поверхонь. Надана кількісна оцінка впливу поперечного повітряно-струминного перекриття на формування і розвиток конвективного потоку.

Розроблено спосіб вентиляції головного корпусу теплової елек-

трянці (позитивне рішення від 13.04.90р. по заявці N4746992/31 від 09.10.89р. МКІ F24 F7/06), використання якого забезпечує зниження температурного розшарування по висоті котельного відділення, а також ефективну локалізацію і використання надлишкової теплоти за рахунок раціонального розподілу зовнішнього повітря горизонтальними плоскими струменями з випуском біля зовнішніх огорожуваних конструкцій по периметру тепловидляючого устаткування.

Запропоновано вентиляційний пристрій рівномірного всмоктування для видалення шкідливостей від конвективного теплового джерела (позитивне рішення від 29.10.90р. по заявці N4757843/29 від 11.13.89р. МКІ F24 F13/08, F24 F7/06), призначений для реалізації способу вентиляції головного корпусу теплової електростанції, котрий виконує ефективне видалення шкідливостей за рахунок постійного регулювання об'єму видалюваного повітря під впливом енергії конвективного струменя теплового джерела.

Практична цінність. Застосування запропонованої схеми зональної вентиляції забезпечує досягнення потрібних параметрів повітряного середовища в робочій зоні, а також на площадках обслуговування головних корпусів теплових електростанцій при зменшенні енергоспоживання на підігрів припливного повітря за рахунок ефективного використання теплових втрат технологічного устаткування.

Реалізація роботи. Матеріали дисертаційної роботи покладені в основу проекту реконструкції систем опалення і вентиляції головного корпусу Березівської ДРЕС-1 виробничого об'єднання "КРАСНОЯРСКЕНЕРГО", виконаного Ростовським інститутом "Теплоелектропроект". Розроблені методика розрахунку повітряобміну і тепловикористання та рекомендації по нормалізації параметрів внутрішнього повітряного середовища використовуються Київським інститутом "Енергопроект" і Львівським інститутом "Теплоелектропроект" при проектуванні ТЕС. Розрахований годовий економічний ефект від впровадження запропонованої схеми повітряобміну для одного енергоблока Березівської ДРЕС-1 потужністю 800 МВт складає 1838,2 тис. російських рублів в цінах на 01.01.93р.

Апробація роботи. Матеріали дисертації доповідались на науково-практичних конференціях Київського інженерно-будівельного інституту (м.Київ, 1990...1992р.), на Всесоюзній науково-технічній

конференції "Современное состояние, проблемы и перспективы энергетики и технологии в энергостроении" (м.Іваново, 1989р.), на II Мінському міжнародному форумі по тепло- та массообміну "Тепло-массообмен-92" (м.Мінськ, 1992р.).

Публікації. За темою дисертації опубліковано шість друкованих праць, одержано два позитивних рішення про видачу авторських свідоцтв.

Структура і обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, п'яти глав, списку використаної літератури із 122 найменувань, додатків і включає 174 сторінки основного тексту, 25 таблиць, 30 малюнків.

Дисертаційна робота виконана у рамках програми "Створення систем та устаткування екологічно безпечних енерготехнологічних комплексів України".

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ.

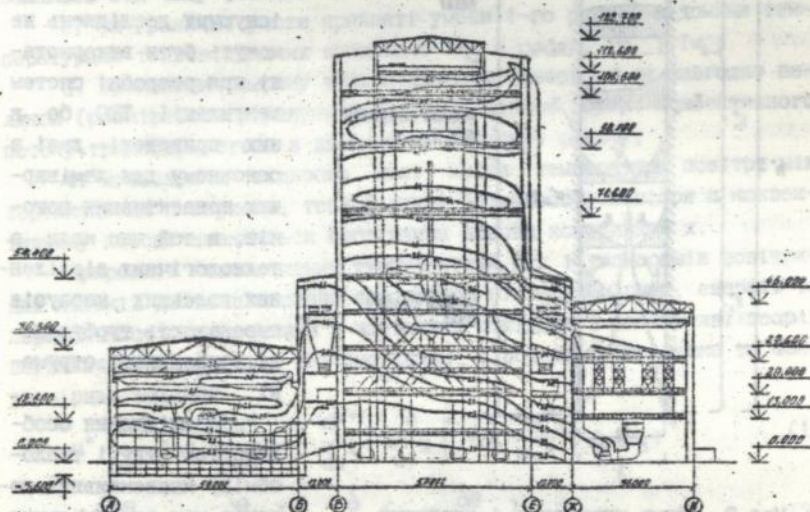
Головні корпуси ТЕС з енергоблоками потужністю 500 і 800 МВт складаються із котельного та машинного відділень, деаераторної етажерки, скомпонованих у єдиній будівлі (мал. 1). Окрім цього, найбільш теплонапружені котельні відділення деяких теплових електростанцій (таких як Угледорська ДРЕС, Запорізька ДРЕС) виконані у вигляді окремих "островів" (самостійних будівельних об'єктів) за рахунок установки розмежувальної перегородки між деаераторним та котельним відділеннями.

Діючі схеми вентиляції головних корпусів ТЕС передбачають як в теплу, так і в холодну пору року аерацію внутрішнього об'єму корпусу з частковим забором повітря із верхньої зони котельного відділення на дуття в котли.

Натурні дослідження стану внутрішнього повітряного середовища при роботі існуючих систем вентиляції свідчать, що у верхній зоні котельного відділення цілодобово спостерігається перегрів повітря, а у нижній в холодну пору року - переохолодження. Формування теплових умов на різних рівнях котельного відділення ТЕС проходить під впливом конвективних потоків, виникаючих у вертикальних теп-

ловіддаючих поверхонь технологічного устаткування. В поєднанні з невірною організованим повітряобміном в головному корпусі ТЕС та експлуатаційними недоліками систем, конвективні потоки спричиняють значне температурне розшарування по висоті відділень станції, що поряд з малим використанням надлишкових теплонадходжень (за рахунок поганої локалізації і вилучення теплових надлишків при фіксованому заборі повітря в одній точці котельного відділення на дуття) визначає низьку ефективність існуючих систем вентиляції та тепловикористання.

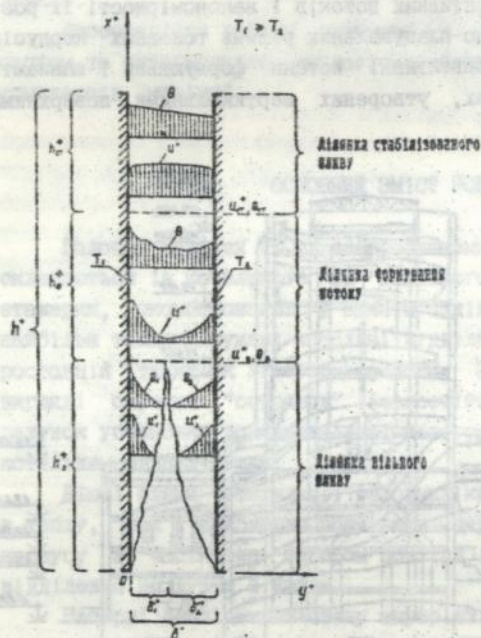
Для розробки раціональних систем вентиляції необхідні знання про умови формування конвективних потоків і закономірності їх розвитку з врахуванням об'ємно-планувальних рішень головних корпусів ТЕС. Найбільш істотні конвективні потоки формуються і зазнають розвитку в плоских каналах, утворених вертикальними поверхнями



Мал. 1. Розподілення температур повітря у головному корпусі Березівської ДРЕС-1 в холодну пору року (енергоблок потужністю 800 МВт, $t_{н} = -5^{\circ}\text{C}$).

суміжних котлоагрегатів, або вертикальними поверхнями котлоагрегатів та зовнішніми огорожувачими конструкціями котельних відділень ТЕС.

Аналіз літературних джерел свідчить, що конвективні потоки, виникаючі у вертикальних плоских нагрітих поверхнях, достатньо досліджені. Цим питанням присвячені роботи І.А.Шелельова, С.С.Кутателадзе, П.М.Брдліка, Е.Екерта, Т.Джексона, В.П.Івакіна, А.Г.Кірдяшкіна, В.П.Корбута, А.А.Березовського, О.Г.Мартиненко, Ю.А.Соко-вішина та інших. Інтенсивність тепловіддачі та структура потоку природної конвекції в плоских вертикальних каналах при ламінарно-



Мал.2. Схема утворення і розвитку конвективних потоків між вертикальними паралельними поверхнями.

му режимі руху досліджені в працях Л.Г.Фукса, Г.Н.Дульнева, А.І.Кайданова, Д.М.Фонтани, В.Онга, Л.С.Флетчера, В.Сернаса. Результати існуючих досліджень не можуть бути використані при розробці систем вентиляції ТЕС, бо в них приведені дані в основному для ламінарних конвективних потоків, в той час коли в технологічних відділеннях головних корпусів переважають турбулентні конвективні струмені.

Дослідження особливостей руху і теплообміну конвективних потоків між вертикальними паралельними тепловіддаючими поверхнями призвели до виділення в

конвективному потоці трьох характерних ділянок по висоті поверхонь (мал. 2):

1. Ділянка вільного пливу, на якій створюються і незалежно розвиваються два конвективні потоки у протилежних поверхонь. Висота ділянки вільного пливу визначається місцем злиття двох потоків в один.

2. Ділянка формування сумарного потоку, для якої характерна постійна деформація профілей швидкості і температури уздовж позадовжньої координати. На верхній межі ділянки формування потоку настає стабілізація профілей швидкості та температури.

3. Ділянка стабілізованого пливу, уздовж якої безрозмірний профіль швидкості повністю сформований і незмінний.

Дослідження природної конвекції між вертикальних паралельних поверхонь обмежено рядом припущень:

1. Розглядається турбулентний режим руху, показники якого не залежать від часу (стаціонарний процес);

2. За граничні умови прийняті умови 1-го роду з відомими температурами теплоідаючих поверхонь $T_{w,2} = \text{const}$, $T_{w,1} > T_{w,2}$;

3. Приймаючи ширину теплоідаючих поверхонь як завжди великою (розмірність у напрямку осі z), процес руху конвективного потоку трансформується в двовимірну (плоску) задачу;

4. Враховуючи відносно малі зміни температури повітря між вертикальних поверхонь, теплофізичні властивості повітря в конвективному потоці вважаються постійними вздовж координати x .

Природний конвективний турбулентний рух і теплообмін повітряних потоків достатньо повно описується рівняннями руху, енергії та нерозривності, записаними в частинних похідних в наближенні теорії пограничного шару із використанням гіпотези Ж.Бусінеска та безрозмірних змінних

$$u^+ \frac{\partial u^+}{\partial x^+} + v^+ \frac{\partial u^+}{\partial y^+} = - \frac{dP^+}{dx^+} + \frac{\partial}{\partial y^+} \left[\epsilon_m^+ \frac{\partial u^+}{\partial y^+} \right] + \theta ; \quad (1)$$

$$u^+ \frac{\partial \theta}{\partial x^+} + v^+ \frac{\partial \theta}{\partial y^+} = \frac{1}{Pr} \frac{\partial}{\partial y^+} \left[\epsilon_h^+ \frac{\partial \theta}{\partial y^+} \right] ; \quad (2)$$

$$\frac{\partial u^+}{\partial x^+} + \frac{\partial v^+}{\partial y^+} = 0 . \quad (3)$$

$$\begin{aligned}
 \text{де } x^+ &= \frac{x}{h \cdot Gr} ; y^+ = \frac{y}{b} ; u^+ = \frac{u \cdot b^2}{h \cdot \nu \cdot Gr} ; v^+ = \frac{v \cdot b}{\nu} ; \theta = \frac{T - T_0}{T_1 - T_0} ; \\
 r &= \frac{T_2 - T_0}{T_1 - T_0} ; P^+ = \frac{(P - P_0) \cdot b^4}{\rho \cdot h^3 \cdot \nu^2 \cdot Gr^2} ; Gr = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_1 - T_0) \cdot b^4}{h \cdot \nu^2} ; b_n^+ = \frac{b}{h} ; \\
 \xi_m^+ &= \frac{\nu + \xi_m}{\nu} = 1 + \frac{\xi_m}{\nu} ; \xi_n^+ = 1 + \frac{Pr \cdot \xi_m}{\nu \cdot Pr_t} = 1 + \frac{\xi_m}{a} ; \tau^+ = \frac{\tau \cdot b^3}{h \cdot \nu^2 \cdot \rho \cdot Gr} .
 \end{aligned}$$

На ділянці вільного пливу рішення початкових рівнянь (1)..(3) виконано інтегральним методом з кореляцією аналітичних залежностей емпіричними коефіцієнтами. В інтегральних рівняннях, записаних аналогічно роботам П.М.Брдліка, для описання дотичного напруження на стінці використаний закон Блазіуса з експериментальними множниками. Розподіл температури і швидкості в межах пограничного шару описаний за законом "однієї сьомої". Для досягнення мінімального відхилення профілів швидкості і температури від експериментальних даних, виконаний регресійний аналіз на ЕОМ, в результаті якого одержані величини емпіричних коефіцієнтів, що відповідають найменшій суммі квадратів відхилень. Після рішення інтегральних рівнянь та застосування емпіричних коефіцієнтів, одержані залежності для визначення висоти ділянки вільного пливу h_n^+ , середньоінтегральних величин температури θ та швидкості u^+ турбулентного конвективного потоку.

В ході вирішення диференціальних рівнянь (1)...(3) на ділянці стабілізованого пливу, розрахунок коефіцієнтів турбулентної в'язкості і температуропроводності виконаний на основі гіпотези Л.Правдтія, в котрій довжина шляху перемішування турбулентного потоку визначена по залежності Нікурадзе з поправкою Ван-Дріста

$$\begin{aligned}
 \xi_m^+ &= 1 + \frac{Gr}{b_n^+} \frac{1}{4} \left[0,14 - 0,08(1-2y^+) - 0,06(1-2y^+) \right]^2 x \\
 x & \left[1 - \exp(-y^+/A^+) \right]^2 \frac{du^+}{dy^+} ; \quad (4)
 \end{aligned}$$

Допустивши постійність турбулентного числа Прандтія на рівні молекулярного $Pr_t \approx Pr$, виділивши безрозмірний комплекс

$$V^+ = \frac{1}{4} \left[0,14 - 0,08(1-2y^+) - 0,06(1-2y^+) \right]^2 \left[1 - \exp(-y^+/A^+) \right]^2 , \quad (5)$$

та застосувавши граничні умови

$$u^+(0) = u^+(1) = 0 ; \quad \frac{d\tau^+}{dy^+} \Big|_{y^+ = 0} = -1 ; \quad \frac{d\tau^+}{dy^+} \Big|_{y^+ = 1} = -\tau^+ .$$

одержано нелінійне диференціальне рівняння виду

$$\frac{d^2\tau^+}{dy^{+2}} = \frac{C_1}{\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + \tau^+ \frac{Gr}{b_h^+} B^+}} , \quad (6)$$

де C_1 - константа інтегрування диференціального рівняння.

Швидкість конвективного потоку одержана у результаті інтегрування залежності для загального напруження тертя (ламінарного + турбулентного) з урахуванням прийнятих допущень

$$u^+ = \int_0^{y^+} \frac{\tau^+ dy^+}{\frac{1}{2} + \sqrt{\frac{1}{4} + \tau^+ \frac{Gr}{b_h^+} B^+}} . \quad (7)$$

Середньоінтегральні показники повдовжньої складової швидкості і температури визначаються рівняннями, записаними на основі відомої з математики теореми про середнє.

Характер зміни профілів швидкості і температури уздовж висоти ділянки формування потоку урахований за допомогою функції деформації f_g , за відомими характеристиками потоку на верхній ($u_{ст}^+$, $\theta_{ст}^+$) і нижній (u_0^+ , θ_0^+) межах ділянки формування з використанням рівнянь зв'язку

$$\begin{aligned} u^+ &= u_0^+ \cdot (1 - f_g) + u_{ст}^+ \cdot f_g ; \\ \theta &= \theta_0^+ (1 - f_g) + \theta_{ст}^+ \cdot f_g . \end{aligned} \quad (8)$$

Залежність для функції деформації f_g визначена у вигляді нелінійного рівняння, яке одержано після спільного вирішення вихідних рівнянь (1)...(3), виконання граничних умов та перегрупування відомих величин

$$x^+ = h_0^+ + C_2 \cdot f_g - C_3 \cdot \ln|1 + C_4 \cdot f_g| , \quad (9)$$

де C_2 , C_3 , C_4 - величини, утворені групуванням відомих характеристик потоку на нижній і верхній межах ділянки формування, - постійні для прийнятих умов однозначності.

Висота ділянки формування потоку визначається рівнянням (9) по відомому значенню функції деформації на верхній межі ділянки

$$f \left| x^* h_b^* + h_{ce}^* \right. = 1$$

$$h_{ce} = C_2 - C_3 \cdot \ln |1 + C_4| \quad (9a)$$

Оскільки вирішення задачі про рух та теплообмін конвективного потоку на ділянці стабілізованого пливу одержано в загальному вигляді, то параметри турбулентного потоку між вертикальними тепловіддаючими поверхнями виявлені у результаті чисельного рішення відповідних залежностей на ЕОМ з поданням кінцевих величин середньоінтегральної температури $\bar{\theta}$, швидкості \bar{u}^* , та висоти ділянки формування потоку h_{ce}^* у вигляді графіків (мал. 3).

В процесі розрахунку параметрів конвективного потоку, одержано розподілення профілів температури θ і швидкості u^* по висоті вертикальних паралельних поверхонь від $0,5 \cdot h_b^*$ (ділянка вільного пливу) до $h_b^* + h_{ce}^*$ (ділянка стабілізованого пливу), яке для випадку асиметрично нагрітих поверхонь ($\gamma < 1$) показано на мал. 4.

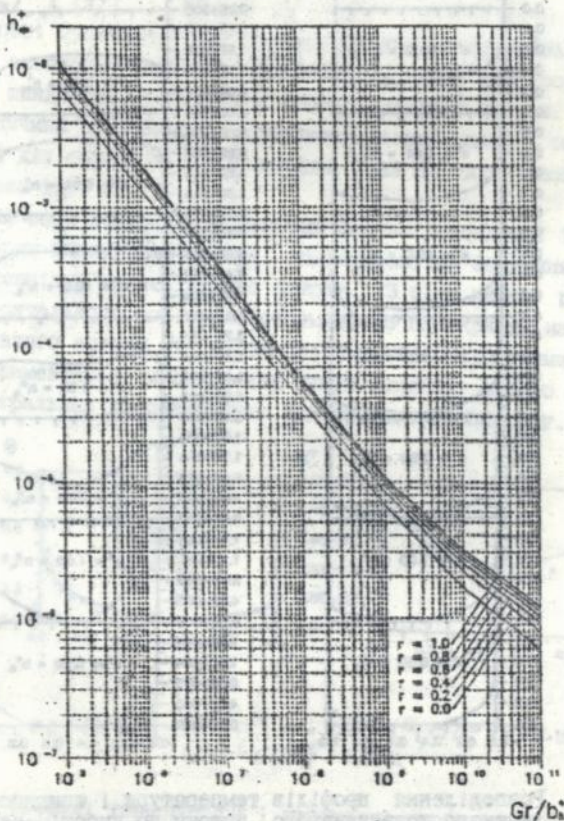
Профілі швидкості і температури показали присутність в'язкого ламінарного підшару біля вертикальної поверхні завдяки наявності стрибкоподібної зміни величин u^* і θ на незначній відстані від поверхонь. На графіках, розрахованих для випадку асиметричного нагріву поверхонь з $\gamma = 0,4$, помітна різниця в товщинах динамічних шарів одиничних потоків (особливо, на ділянці вільного пливу), а також несиметричність профілів u^* і θ . В цілому, динаміка формування температури і швидкості природнього конвективного потоку підтверджує вірність прийнятої моделі розвитку потоку, вихідних передумов і методу рішення.

Зіставлення одержаних даних по середньоінтегральним величинам $\bar{\theta}$ і \bar{u}^* з результатами аналогічних досліджень Б.П. Івакіна, П.М. Ердліка, Л.Е. Вера, В.П. Корбута, Т. Себісі, П. Бредшоу для турбулентного природнього конвективного потоку виявили достатню послідовність проведених досліджень, як для діапазону варіювання вхідних величин (Gr, γ), так і для результуючих значень.

З метою перевірки теоретичних положень і визначення розбіжностей аналітичних залежностей, проведені експериментальні дослідження природнього конвективного потоку між вертикальними теп-

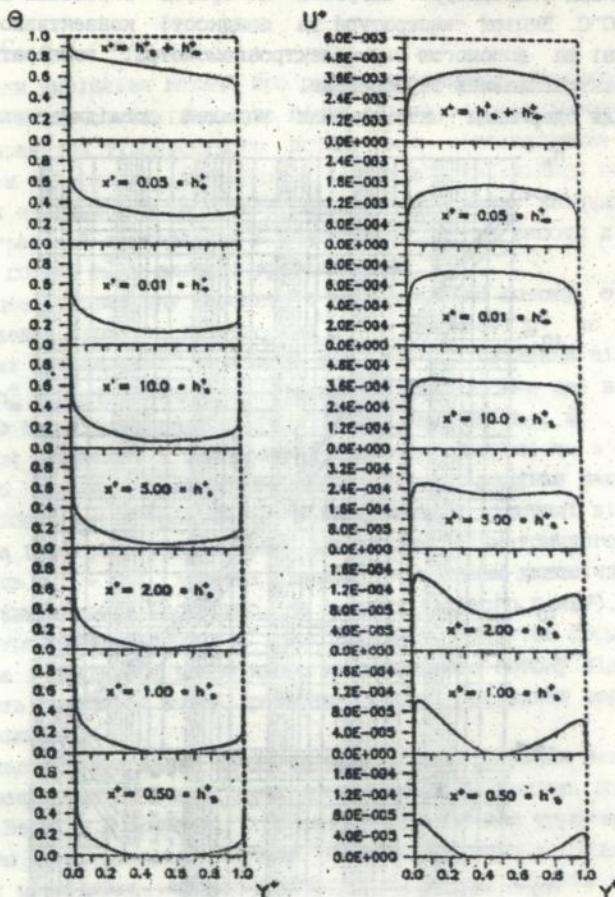
ловідаючих поверхонь. Дослідження проводились на установці, яка складалась із вертикальних паралельних нагрітих поверхонь розмірами 2000×1000 мм, відстань між якими змінювалась від 5 до 500 мм. Надлишкова температура нагрітих поверхонь варіювала в діапазоні $0 \dots 120^\circ\text{C}$. Виміри температури та швидкості конвективного потоку виконані за допомогою термоелектроанометра, температури поверхонь контролювались терморезисторами.

Для одержання математичних моделей досліджуваних процесів,



Мал. 3. Висота ділянки формування турбулентного конвективного потоку h^+ .

експерименти виконані відповідно з центральним ортогональним композиційним планом другого порядку. Інтервали варіювання та різні факторів прийняті на основі аналізу матеріалів, стосовних об'ємно-планувальних рішень головних корпусів ТЕС та даних натурних до-



Мал. 4. Розподілення профілів температури і швидкості турбулентного конвективного потоку по висоті вертикальних паралельних тепловідаючих поверхонь при асиметричному нагріванні: $Gr/B_h^+ = 1 \cdot 10^4$; $\gamma = 0.4$.

сліджень теплових умов внутрішнього повітряного середовища. В результаті проведення експериментальних досліджень одержані рівняння регресії для визначення середніх величин температури і швидкості конвективного потоку

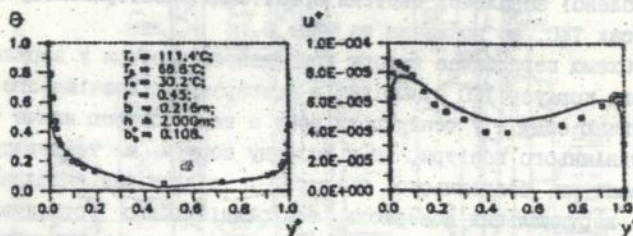
$$\bar{\theta} = 0.8222 - 15.9254X_1 - 0.091X_2 + 1.2362X_1X_2 + 78.208X_1^2 - 0.0076X_2^2; \quad (10)$$

$$\bar{u}^* = 1.490 \times 10^{-3} - 2.751 \times 10^{-4} X_1 - 7.203 \times 10^{-5} X_2 + 7.117 \times 10^{-5} X_1 X_2 + 0.1263 X_1^2; \quad (11)$$

де $X_1 = (b_n^*)^{0.2} x (x^*)^{0.1}$; $X_2 = r$.

В процесі проведення експериментальних досліджень виконано порівняння експериментальних і теоретичних даних для профілів температури і швидкості, результати якого приведені на мал. 5. Максимальна величина розбіжності експериментальних даних і теоретичних залежностей для середніх \bar{u}^* і $\bar{\theta}$ складає біля 8%, для абсолютних u^* і θ - приблизно 11%.

З точки зору розробки ефективних систем вентиляції ТЕС, практичний інтерес викликають методи, спрямовані на зниження енергетичного потенціалу конвективного потоку. З цією метою розглянуто вплив горизонтального повітряно-струминного перекриття на параметри конвективного потоку між вертикальними тепловіддаючими поверхнями, експериментальні дослідження якого виконані згідно з ортогональним центральним композиційним планом другого порядку.



$$x = 1.40 \text{ м}; G_1 = 7.242 \cdot 10^6; x^* = 9.666 \cdot 10^{-8}; G_2/b_n^* = 5.706 \cdot 10^7; \\ (x^*)^{0.1} \cdot (b_n^*)^{0.2} = 0.1274.$$

Мал. 5. Профілі температури і швидкості турбулентного конвективного потоку між вертикальними паралельними поверхнями: — - теорія; ■ - експеримент.

Проведені експериментальні дослідження дали рівняння регресії для визначення температури та витрати відсмоктуваного повітря

$$\theta_{\text{виг}} = -0.1819 + 1.5902X_1 + 0.0318X_2 - 0.9381X_3 + 8.9869X_4 \quad ; \quad (12)$$

$$G_{\text{виг}}^+ = 0.0106 - 0.169X_1 - 0.0014X_2 - 0.0166X_3 + 0.677X_4 + 0.0112X_1X_2 + 0.1338X_1X_3 + 9.7951 \times 10^{-4} X_2X_3 \quad , \quad (13)$$

відношення витрат повітря

$$G_{\text{пр}}^+ / G_{\text{виг}}^+ = 0.078 + 0.4814X_3 + 3.8277X_4 + 25.926X_5 \quad , \quad (14)$$

та температури вторинного конвективного потоку

$$\bar{\theta}_2 = -2.3956 + 31.8151X_5 + 0.0786X_2 - 0.1405X_3 - 0.16X_4 - 92.858X_5^2 \quad , \quad (15)$$

де $X_3 = V_{\text{виг}}^+$, $X_4 = V_{\text{пр}}^+$, $X_5 = (b_n^+)^{0.2} X (x^+ - x_{\text{пер}}^+)$.

Зіставлення одержаних експериментальних даних для витрат припливного і відсмоктуваного повітря з результатами досліджень В.Н. Посохіна, виконаних для відсмоктувачів, активованих горизонтальним припливним струменем, виявило задовільне сходження у межах 13%.

Враховуючи специфіку об'ємно-планувальних рішень, а також значний вплив на тепловий стан внутрішнього повітряного середовища конвективних потоків, утворених біля вертикальних тепловіддаючих поверхонь технологічного устаткування, запропоноване зонування головного корпусу ТЕС по висоті з подачею і видаленням повітря у кожній зоні окремо. Принципи розподілу внутрішнього повітряного середовища за рахунок дії вентиляційних систем покладений у основу розробленої зональної системи організації повітряобміну в головних корпусах ТЕС, що показана на мал. 6.

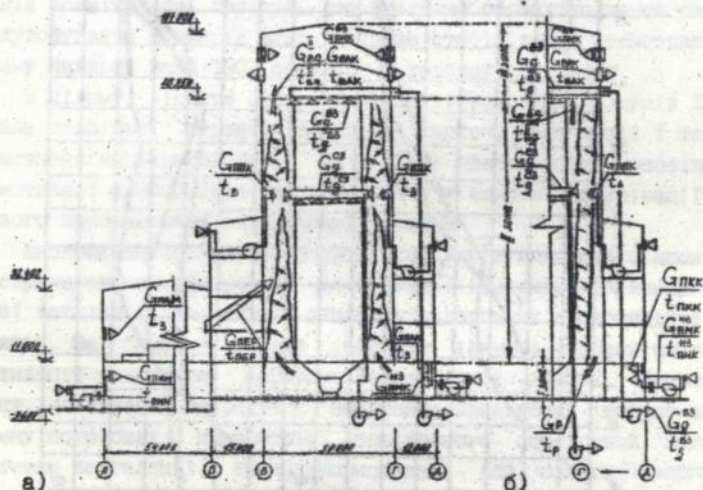
Схема передбачає подачу припливного повітря у верхню зону головного корпусу ТЕС цілорічно з температурою зовнішнього повітря, а у нижню зону - у теплу пору року з температурою нижче температури зовнішнього повітря, а у холодну пору - з температурою вище температури зовнішнього повітря і рівномірне видалення повітря біля вертикальних поверхонь тепловіддаючого устаткування і із верхньої зони головного корпусу. Забір повітря на дуття в котли виконаний за допомогою повітряпроводів рівномірного видалення з температурою і витратою, не перебільшувачими відповідно середньої температури і витрати повітря у конвективних потоках.

З метою зменшення енергетичної потужності конвективних потоків шляхом дроблення їх по висоті та послідовного зменшення розшарування температури повітря по висоті котельного відділення ТЕС, зо-

нальна схема передбачає подачу зовнішнього повітря плоскими струменями по периметру в зоні дії видаляємої установки від стінок приміщення до тепловідляючого устаткування. У процесі дії на конвективні потоки, припливне повітря горизонтального повітряно-струминного перекриття підігрівається за рахунок енергії природніх потоків, а підігріта суміш видаляемого повітря і конвективного потоку направляєтся на дуття в котли.

Для перевірки ефективності традиційної і зональної схем організації повітряобміну виконані дослідження температурних полів на тепловій моделі головного корпусу Березівської ДРЕС-1 з енергоблоками потужністю 800 МВт. Модель, що виготовлена у масштабі 1:50, обладнана системою механічної приточної вентиляції і комплексом контрольно-вимірювальних приладів.

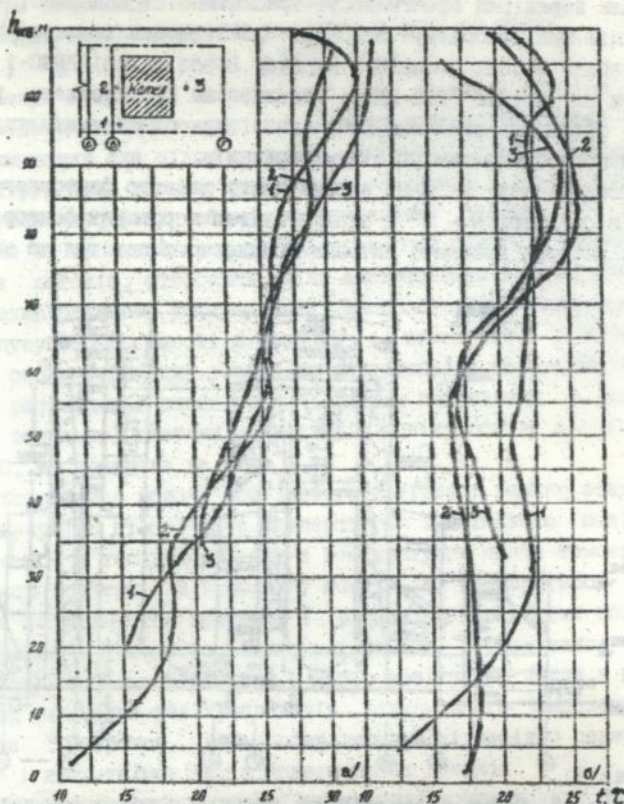
Дослідження виконані згідно плану повного факторного експерименту з репліком $N = 2^4$ і рандомізацією керованих факторів. За керовані фактори прийняті витрати припливного повітря до нижньої $G_{np}^{на}$



Мал. 6. Схема вентиляційних потоків в головному корпусі ТЕС у випадку застосування зональної системи вентиляції з горизонтальним повітряно-струминним перекриттям котельного відділення:
а) тепла пора року; б) холодна пора року.

і верхньої $G_{\text{пр}}^{\text{в}} \text{ зон котельного відділення, а також витрата повітря, відсмоктуваного на дуття до котельних агрегатів. Значення керованих факторів вибрані з урахуванням технічної можливості їх реалізації в системах вентиляції.$

Ефективність різних схем організації повітряобміну оцінювалась по надлишковій температурі повітря в робочій зоні $\Delta t_{\text{пр}}$ і градієнту температури по висоті котельного відділення. Вважалось, що



Мел. 7. Розподілок температури повітря по висоті котельного відділення ТЕС з енергоблоками потужністю 800 МВт у холодну пору року для одновональної (а) і двовональної (б) схем організації повітряобміну.

більшу ефективність мала схема, яка забезпечувала нормативну надлишкову температуру повітря в робочій зоні з найменшим розшаруванням температури по висоті котельного відділення.

У результаті обробки експериментальних даних одержане розподілення надлишкових температур повітря для холодної пори року, що показано на мал. 7.

У випадку застосування зональної схеми організації повітря-обміну, практично відсутнє зростання температури повітря по висоті котельного відділення, починаючи з рівня розташування робочої площі щадки +12.600 (див. мал. 7, б). В нижній зоні середній градієнт температур складає біля 0.3 °С/м і підтримується середня температура повітря в межах 15...20 °С, в порівнянні з 28...33 °С для традиційної схеми повітряобміну.

Такий розподілок температури повітря в котельному відділенні (із зниженням температури у верхній зоні і підвищенням у нижній) призводить до зменшення температурного градієнта по висоті та до зниження гравітаційного тиску. Завдяки цьому, скорочується інфільтрація зовнішнього повітря, що виключає переохолодження площадок обслуговування в нижній зоні і сприяє стабілізації температурного режиму нижньої зони ТЕС, особливо у холодну пору року.

В цілому, іспити систем вентиляції головних корпусів ТЕС показали стабільні переваги зональної системи вентиляції і тепловикористання над традиційною, як у рівні ефективності забезпечення нормативної температури повітря, так і у ступені локалізації і корисного використання надлишкової теплоти.

Економічна оцінка запропонованих рішень виконана відповідно згідно "Інструкцій по визначенню економічної ефективності використання нової техніки, винаходів і раціоналізаторських пропозицій в енергетиці". За базовий об'єкт прийнято існуючі системи спалення і вентиляції головного корпусу Березівської ДРЕС-1. Економічний ефект, досягнений за рахунок зменшення приведених витрат на підтримку потрібних параметрів повітряного середовища зональною системою вентиляції і тепловикористання, для одного енергоблоку потужністю 800 МВт складає 1838,2 тис. російських рублів в цінах на 01.01.93р.

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ.

1. У результаті проведеного аналізу характеристик існуючих систем вентиляції головних корпусів ТЕС виявлено, що застосовувані сьогодні системи не забезпечують ефективну локалізацію шкідливостей, створюють нерациональне поточорозподілення повітря у об'ємі головного корпусу і мають низьку енергетичну ефективність. Внаслідок цього, спостерігається перегрів робочої зони і площадок обслуговування в теплу пору року, а також пересохлодження нижньої зони і перегрів верхньої - в холодну пору року.

2. Дослідженням недоліків і достоїнств запропонованих інженерних рішень по організації повітряпостачання ТЕС обґрунтовано, що потрібні санітарно-гігієнічні параметри повітряного середовища найбільш ефективно і з найменшим енергоспоживанням забезпечують зональні системи організації повітряобміну і тепловикористання. Найкращі показники зональних систем вентиляції зумовлені використанням енергії конвективних потоків, утворених біля нагрітих поверхонь тепловиділяючого устаткування, а також комплексним урахуванням об'ємно-планувальних рішень головних корпусів і особливостей технологічних процесів виробництва теплової і електричної енергії.

3. В процесі теоретичних досліджень запропонована розрахункова схема природнього конвективного потоку, виникаючого між вертикальними паралельними тепловиділяючими поверхнями. Фізична суть руху і теплообміну конвективного потоку описана за допомогою математичної моделі, яка базується на основі теорії пограничного шару. На ділянці вільного пливу характеристики конвективного потоку одержані у результаті інтегрування диференціальних рівнянь руху, енергії і нерозривності. На ділянках формування потоку і стабілізованого пливу динамічна і тепла складові конвективного потоку подані у вигляді нелінійних диференціальних рівнянь. Запропонований метод розрахунку на ЕОМ одержаних рівнянь з поданням кінцевих результатів у вигляді графічних залежностей.

4. Дані експериментальних досліджень теплової і динамічної характеристик конвективного потоку між плоскими вертикальними тепловиділяючими поверхнями ствердили адекватність прийнятої матема-

тично моделі і допустимість залежностей, одержаних у ході аналітичних досліджень. Область застосування залежностей:
 $0,1 < (b_h^+)^{0,2} \cdot (x^+)^{0,1} < 0,15; 0,05 < r < 1,0$.

5. У результаті проведення експериментів одержані поліноміальні залежності для розрахунку характеристик конвективного потоку і параметрів горизонтального повітряно-струминного перекриття у разі дії останнього на конвективний потік між вертикальними теплоізоляційними поверхнями.

6. Розроблена зональна система організації повітряобміну і тепловикористання головних корпусів ТЕС з енергоблоками потужністю 500 і 800 МВт. Испити зональної системи на тепловій моделі ТЕС, в порівнянні з традиційним вирішенням системи організації повітряобміну, засвідчили зменшення розшарування температури по висоті технологічних відділень головного корпусу з 25 °С (для традиційної схеми) до 14 °С (для зональної схеми) з одночасним збільшенням кількості корисно використаної вторинної теплової енергії.

7. На базі проведених досліджень розроблені рекомендації по розрахунку і конструюванню зональних систем повітряобміну і тепловикористання в головних корпусах ТЕС. Виконана алгоритмізація з наступною реалізацією на ЕОМ методики розрахунку зональних систем вентиляції головних корпусів теплових електростанцій.

8. Результати досліджень використані для реконструкції існуючих систем опалення і вентиляції головного корпусу Березівської ДРЕС-1. Годовий економічний ефект від упровадження зональної системи організації повітряобміну і тепловикористання складає 1833,2 тис. російських рублів на один енергоблок потужністю 800 МВт в цінах на 01.01.93р.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ.

Основні положення дисертації опубліковані у наступних роботах:

1. Корбут В.П., Стенин В.А., Паладиенко Ю.В., Довгалж В.В. Спосіб вентиляції головного корпусу теплової електростанції. Положительное решение ВНИИПЭ от 13.04.90 г. по заявке N4746992/31 от 09.10.89 г. МКИ F24 F7/06.

2. Корбут В.П., Ткачук А.Я., Паладиенко Ю.В. Вентиляционное

устройство равномерного всасывания для удаления вредных веществ от конвективного теплового источника. Положительное решение ВНИИТЭС от 29.10.90 г. по заявке N4757843/29 от 13.11.89 г. МКИ F24 F13/08, F24 F7/06.

3. Корбут В.П., Паладиенко Ю.В. Энергоэкономичная система кондиционирования микроклимата ТЭС.// Сб. "Современное состояние, проблемы и перспективы энергетики и технологии в энергостроении". - Иваново, 1989. - Том II. - С.45.

4. Паладиенко Ю.В. Теплообмен в вертикальной плоской щели при естественной турбулентной конвекции.// Тезисы докладов 52-й научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава Киевского инженерно-строительного института. - Киев: КИСИ, 1991. - С.50-51.

5. Корбут В.П., Паладиенко Ю.В. Стационарная естественная турбулентная конвекция в вертикальном плоском канале с асимметричным нагревом стенок.// Теплообмен-92: II Минский Международный форум по тепло- и массообмену: Тез. докл. - Том 1. Конвективный теплообмен. - Часть 2. - Минск, 1992. - С.88-91.

6. Корбут В.П., Паладиенко Ю.В. Оценка эффективности и энергозатрат эксплуатирующихся систем организации воздухообмена и формирования тепловых условий в главных корпусах ТЭС.// Электрические станции. - М., 1992. - N 8. - С.28-35.

7. Корбут В.П., Паладиенко Ю.В. Особенности применения зональных систем организации воздухообмена в главных корпусах ТЭС с энергоблоками 800 МВт.// Тезисы докладов 53-й научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава Киевского инженерно-строительного института. - Киев: КИСИ, 1992. - С.43.

8. Корбут В.П., Паладиенко Ю.В. Движение и теплообмен при естественной турбулентной конвекции в плоском вертикальном канале с асимметричным нагревом стенок.// Промышленная теплотехника. - Киев, 1993. - Т. 14, N 4-6. - С.55-60.

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ.

A - довжина демпфування, м; b - відстань між вертикальними паралельними тепловіддаючими поверхнями, м; b_n^+ - відносна відстань між поверхнями; f_d - функція деформації профілів швидкості і температури конвективного потоку на ділянці формування; g - прискорення вільного падіння, м/с²; h - висота тепловіддаючої поверхні, м; P - тиск, Па; γ - відношення надлишкових температур тепловіддаючих поверхонь; T - абсолютна температура, К; u - складова швидкості потоку вздовж координати x , м/с; v - складова швидкості потоку вздовж координати y , м/с; x - напрямок вздовж руху конвективного потоку; y - напрямок поперек руху конвективного потоку; z - напрямок вздовж ширини тепловіддаючої поверхні; β - коефіцієнт теплового об'ємного розширення, 1/К; ϵ_n - коефіцієнт турбулентної теплопровідності, м²/с; ϵ_m - коефіцієнт турбулентної кінематичної в'язкості, м²/с; ϵ_n^+ - відношення коефіцієнтів теплопровідності; ϵ_m^+ - відношення коефіцієнтів кінематичної в'язкості; θ - безрозмірна температура; ν - коефіцієнт кінематичної в'язкості, Па·с; ρ - густина, кг/м³; τ - дотичне напруження, Па; Gr - число Грасгофа; Pr - число Прандтля; Pr_t - турбулентне число Прандтля.

ІНДЕКСИ.

$+$ - безрозмірна величина; $-$ - середнє значення; 0 - стан повітря на значній відстані від тепловіддаючої поверхні; 1 - тепловіддаюча поверхня з більшою температурою; 2 - тепловіддаюча поверхня з меншою температурою; t - турбулентний; v - ділянка вільного пливу; vak - витяжка природня із котельного відділення; vd - видаляємий; vid - відсмоктування; d - дуття; z - зовнішній; nz - нижня зона; pak - приплив аераційний у котельне відділення; $пам$ - приплив аераційний у машинне відділення; $пер$ - повітряно-струминне перекриття; $пкк$ - приплив природній через калорифери у котельне відділення; $пмк$ - приплив механічний у котельне відділення; $пмв$ - приплив механічний у машинне відділення; $ппк$ - приплив повітряно-струминного перекриття у котельне відділення; $пр$ - приплив; p - рециркуляційний; pa - робоча зона; $ст$ - ділянка стабілізованого пливу; ϕ - ділянка формування потоку.

Підписано до друку 10.02.94р. Формат 60x84 1/16. Папір друкарський.
Друк плоский. Умови, друк, арк. 1. Замовлення №170. Тираж 101.
Безкоштовно. Дільниця оперативного друку статистичного управління
Полтавської області. м. Полтава, вул. Пушкіна, 103.

460 704

AB 29.374