

Академія наук України  
ІНСТИТУТ ПРОБЛЕМ МАШИНОБУДУВАННЯ

На правах рукопису

СКОП ОЛЕНА ОЛЕКСІЇВНА  
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ УТИЛІЗАЦІЇ ТЕПЛОТИ В  
" КИПЛЯЧОМУ " ШАРІ

05.14.04 - промислова теплоенергетика

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук



Харків - 1993

AB28.539

ЛНБ України ім. В. Стефаника



00810490 (M)

Дисертацією є рукопис.  
Робота виконана у відділі моделювання теплових і механічних процесів в Інституті проблем машинобудування АН України, Науковий керівник-член-кореспондент АН України, доктор технічних наук Мацевитий Юрій Михайлович

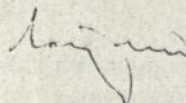
Офіційні опоненти:

- 1. доктор технічних наук, професор Братута Едуард Георгійович
  - 2. кандидат технічних наук, доцент Письмений Євген Миколайович
- Провідна організація - Інститут проблем енергозбереження АН України, м.Київ.

Захист відбудеться 09. 12. 1993р. о 14 годині в ауд. №III2 на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 016.22.01 при Інституті проблем машинобудування АН України, 310046, м.Харків-46, вул.Дм.Пожарського, 2/10

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Інституту проблем машинобудування АН України, 310046, м.Харків, вул. Дм.Пожарського 2/10.

Автореферат розісланий 05. 11. 93

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради, доктор технічних наук, професор  Маляренко В.А.

ЛНБ ім. В. Стефаника  
АН України

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність проблеми. Одна із найважливіших тенденцій у розвитку світової енергетики, як було відзначено на XV конгресі Світової енергетичної ради /м.Мадрид, 1992 р./, є зростання ролі енергозберігання. Особливе значення ця тенденція набуває зараз для економіки України та інших країн СНД, що переходять до ринкової економіки. У цих регіонах енергозберігання повинне стати основним джерелом задовільнення приросту потреби у паливі та в енергії. Помітне місце серед напрямів енергозберігання займає підвищення рівня використання вторинних енергоресурсів / ВЕР /. Зараз велика кількість енергоустановок працює віддалік від магістралей енергопостачання: у газовій промисловості, на автономних електростанціях, судах, у сільському господарстві, вугледобуванні та ін.

Як правило, такі енергоустановки /двигуни внутрішнього згоряння, турбіни /лише 30-35% енергії палива перетворюють в роботу. 60-65 % енергії палива відходить з відхідними газами і з теплом охолодних середовищ в атмосферу. Незважаючи на те, що поблизу таких джерел скидної теплоти є готовий споживач низькотемпературної теплоти / теплиці, ферми/, у більшості випадків її не утилізують.

Розробка способів утилізації теплоти була зумовлена розвитком енергетичної кризи. Після майже двадцятирічного досвіду досліджень у цій галузі інтенсивність їх помітно зменшилась. Це пов'язано з тим, що спроби вирішити ці проблеми на базі відомих традиційних теплообмінників не давали очікуваного ефекту. Крім того, як правило, задачі ці були нерозривно пов'язані з екологічними проблемами.

Таким чином, скідна теплота зазначених енергоустановок практично не використовується із-за відсутності готових розробок теплообмінників, що здатні ефективно працювати у складних і різноманітних умовах системи утилізації скидної теплоти / СУСТ / та універсальних математичних моделей роботи СУСТ у широкому діапазоні режимів енергоустановок.

Істотно підвищити ефективність теплоутилізатора можна за рахунок інтенсифікації теплообміну в ньому, наприклад шляхом використання "киплячого" шару. Хоча в дослідженні теплообміну в "киплячому" шарі накопичено певний досвід, універсальна модель цього процесу досі не отримана, а для особливих умов роботи теплоутилізатора процес не досліджено взагалі.

У зв'язку з цим необхідно: створення спеціальної моделі псевдозріднення в теплоутилізаторі, розробка системного підходу до процесу теплоутилізації, проведення комплексного промислового та

обчислювального експерименту. Цим питанням і присвячена дисертаційна робота.

Дисертаційна робота виконувалась у 1990-1993 рр. у відділі моделювання теплових і механічних процесів Інституту проблем машинобудування АН України у відповідності до плану НДР ІПМаш АН України: програмою 5.13 Державного комітету України з науки і технології по проєкту 5.51.03/113 -92 " Створення системи утилізації скидної теплоти силових установок на основі нового типу теплоутилізатора-шумоглушника з псевдозрідженим шаром", г/д темами з ВО " Укргазпром" - "Розробка теплоутилізатора -шумоглушника газомотокомпресора ІО ГКМ" /62 від 22.11.1990/, з концерном " Газпром " - "З'ясування принципової можливості утилізації теплоти відпрацьованих газів газомотокомпресорів" / 1221636 від 13.02.1992 /.

Мета роботи. Створення нового типу теплоутилізатора з "киплячим" шаром на основі фізичного та математичного моделювання.

Наукова новизна. Основні нові наукові результати, що виносяться на захист:

- тип теплоутилізатора- шумоглушника " киплячого " шару;
- математична модель псевдозрідження для умов роботи в теплоутилізаторі: "дрібний" шар з пучком оребрених труб;
- методика проведення обчислювального експерименту, що дозволяє здійснити оптимізацію процесу утилізації скидної теплоти в теплоутилізаторі з " киплячим " шаром.
- сервісний програмний пакет для проведення такого обчислювального експерименту та стикування його з натурним експериментом;
- характеристики теплової та акустичної ефективності псевдозрідження в умовах роботи в теплоутилізаторі;
- показники ефективності роботи дослідно-промислового зразку теплоутилізатора на газоперекачувальній станції;
- аналіз структури та характеристик ВЕР у газовій промисловості.

Вірогідність отриманих результатів зумовлена використанням апробованих фізичних і математичних моделей та методів і підтверджується результатами промислового експерименту.

Практична цінність роботи. Запропоновані методики дослідження та створення типу теплоутилізатора забезпечують ефективне використання скидної теплоти енергоустановок. У кількісному виразі величина отримуваної за допомогою утилізатора теплоти, що пропонується, є еквівалентною основній потужності цих енергоустановок. Соціальна значимість досліджень полягає у зменшенні теплового акустичного та хімічного забруднення атмосфери, а також в економії цінного

первинного палива.

Розроблені методики досліджень реалізовані у вигляді сервісного програмного пакета, призначеного для проведення аналізу можливостей, рекомендацій щодо проектування та дослідження ефективності утилізації в " киплячому " шарі скидної теплоти енергоустановок.

Впровадження. Дослідно-промисловий зразок розробленого теплоутилізатора-шумоглушника встановлено у 1992 році на газомотокомпресорі ІО Гкм Олішевської газоперекачувальної станції Укргазпрому. Він забезпечує утилізацію до 1000 кВт теплоти при роботі мотокомпресора у номінальному режимі.

Апробація роботи. Основні результати дисертації доповідались на республіканських науково-технічних семінарах " Проблеми перетворення енергії та раціонального використання органічного палива в енергетиці " /Київ, 1991, 1992 рр./; на I Міжнародному конгресі "Біоконверсія органічних відходів для одержання біогумусу, біогазу білкових речовин та охорона навколишнього середовища" / Київ - Івано-Франківськ, 1991 р./; на 3-й Всесоюзній науковій конференції по проблемах енергетики та теплотехнології " Інтенсивне енергозберігання у промисловій теплотехнології / Москва, 1991 р./, на VIII та IX всесоюзних школах-семінарах молодих вчених і спеціалістів "Сучасні проблеми газодинаміки та тепломасообміну і шляхи підвищення ефективності енергетичних установок" / Москва, 1991, 1993 рр./, на Міжнародній конференції по боротьбі з шумом та вібрацією " Noise -93" /С.-Петербург, 1993 р./.

Створений тип теплоутилізатора-шумоглушника захищено авторським свідоцтвом № І739064.

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 10 наукових праць.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновку, містить 16 рисунків, 17 таблиць, додаток на 6 сторінках та список використаної літератури із 36 найменувань, усього 139 стор.

## ЗМІСТ РОБОТИ

У I розділі приводиться аналіз стану проблеми утилізації скидної теплоти у системі газової промисловості. Проводяться дослідження діпазону характеристик джерела та потенціальних споживачів цієї теплоти. Формулюються задачі, розв'язання яких необхідне для створення теплоутилізатора. Приводяться результати патентних досліджень, проведених для визначення придатності існуючих розробок теплообмінників для СУСТ. Аналізуються тенденції розвитку розробок теплоутилізаційного обладнання. Досліджуються особливості утилізації теплоти відхідних газів ДВЗ. Описується принцип обладнання створюваного в роботі нового типу теплоутилізатора. Теплоутилізатор-шумоглушник з "киплячим шаром / ШТУШ / містить в собі корпус з впускним і випускним патрубками, поперечну газопроникну перегородку, утилізаційний теплообмінник у вигляді паралельних рядів оребрених труб, патрубок підводу холодної води, патрубок відводу нагрітої води та шар дрібнодисперсного матеріалу. Газ надходить до корпусу через патрубок, розширюється і далі проходить через перегородку, розділяючись на дрібні струмини. Проходячи через "киплячий" шар матеріалу, газ віддає тепло розташованому тут пакету оребрених труб.

II розділ присвячено моделюванню процесів в теплоутилізаторі з "киплячим" шаром. Розглядається суть ефекту псевдозрідження, що застосовується в теплоутилізаторі. Установлено, що області між ребрами поводять себе як окремі вільні шари, але бульбашки зберігають незмінний розмір із-за близького розташування ребер. У таких об'ємах розширення шару може досягати 400 % при все ще високих коефіцієнтах тепловіддачі від шару до стінки внаслідок дуже короткого часу перебування частинок у теплопередавальній поверхні. Розширення шару дозволяє розташувати велику кількість оребрених труб при заданому напорі відхідного газу. Збереження при цьому високого коефіцієнта тепловіддачі дає можливість передати від газу до поверхні в декілька разів більшу кількість теплоти порівняно з теплообмінником без шару при цьому ж перепаді тиску. Така конструкція з "дрібним" шаром може діяти без збільшення втрат тиску, тобто без недоліку, що притаманний системам з більш глибоким зануренням у шар. Детально аналізуються фізичне значення теплообміну в шарі, роль затоплених труб у

процесі псевдозрідження, вплив перепаду тиску на процес і зв'язок його з мінімальним псевдозрідженням, механізм теплообміну між шаром і пучком оребрених труб, значення розширення шару.

Описується математична модель поверхні пучка оребрених труб, зануреного в шар, що розширюється, яка дозволяє визначити залежність параметрів: тиску газів /  $P_n$  /, висоти шару /  $H_s$  /, площі поверхні /  $F$  / повністю зануреного в шар пучка труб.

Геометрія теплообмінної поверхні трубного пучка, що занурюється в "киплячий" шар, характеризується набором параметрів /  $D_r, H_r, N, \varepsilon, n, m, H_F$  /, який можна подати у вигляді вектора у просторі геометричних параметрів. Назвемо цей вектор  $\vec{C}(F)$  - вектором поверхні. Обмеження, що накладаються на параметри та зв'язки між ними, приводять до того, що вектор  $\vec{C}$  змінюється не у всьому просторі, а у деякій області з цього простору. Зміна вектора описується співвідношенням:

$$H_s = f(n_B, H_D, H_s', F_n), \quad / I /$$

де  $n_B$  - кількість повністю занурених у рідину цілих труб по вертикалі;

$H_D$  - "змочений" діаметр частково зануреної труби;

$H_s'$  - висота шару із зануреною в нього поверхнею;

$F_n$  - площа завантаженої поверхні пучка.

Співвідношення / I / можна привести до системи:

$$H_s' = H_D + H_F(n_B) + H_D; \quad / 2 /$$

$$H_s' = H_s + \frac{V \cdot n_B + V_B}{\varepsilon};$$

$$F_n = F \cdot n_B + F_B;$$

у якій

$$F_B = (F_r + 2 F_r N) L_T, \quad / 3 /$$

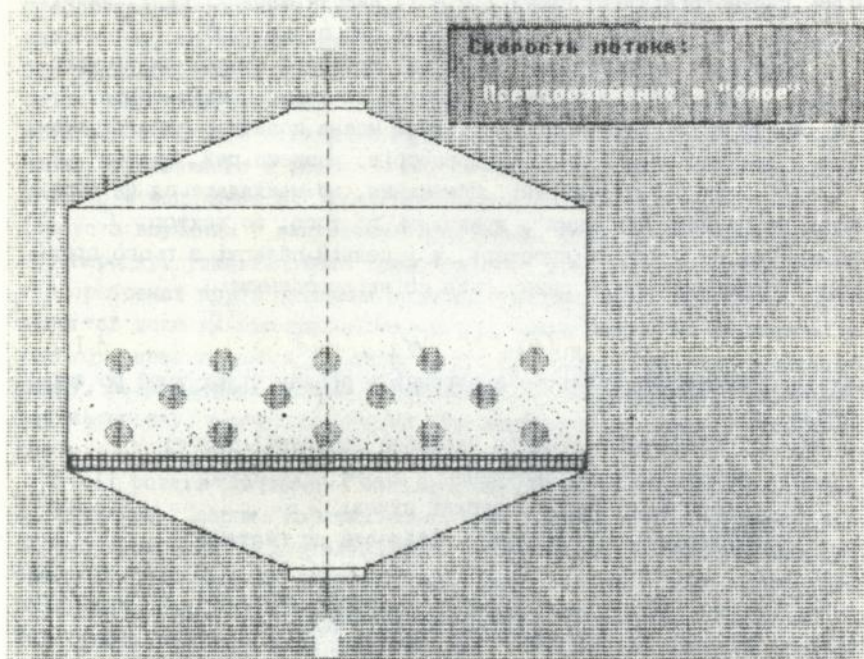
$$V_B = (V_r \cdot N + V_r) L_T, \quad / 4 /$$

$$V_r = F_w, \quad / 5 /$$

Величини  $F_r, F_w, F_w$  визначаються у залежності від ступеня занурення верхньої труби пучка в шар /  $H_D$  / за співвідношеннями, зведеними до таблиці величин параметрів занурення.

Для якісної оцінки стану псевдозрідження та визначення області існування " киплячого " шару здійснюється комп'ютерне моделювання, яке дозволяє візуалізувати досліджуваний процес / рис. 1 /.

### СУЩЕСТВУВАННЯ КИПЯЩЕГО СЛОЯ



Приведено результати стендових досліджень псевдозрідження в умовах роботи теплоутилізатора, які підтверджують його теплову та акустичну ефективність. Отриманий коефіцієнт тепловіддачі від газу до пучка оребреної поверхні у " киплячому " шарі в три рази перевищує коефіцієнт тепловіддачі без шару.

У III розділі приведено методику проведення обчислювального експерименту, яка дозволяє поєднувати його з натурними дослідженнями. Методика розроблена, ґрунтуючись на теорії планування експерименту, що зумовляє застосування комплексного підходу до розгляду досліджуваної системи утилізації скидної теплоти.

Аналіз особливостей елементів СВСТ і моделювання процесу

псевдозрідження дозволяє сформулювати такі задачі дослідження:

1. Визначення ряду оптимальних конструкцій ШТУКС залежно від вибраного набору критеріїв оптимізації /мінімальна поверхня теплообміну, найменші габарити, мінімальні витрати металу, найбільший коефіцієнт тепловіддачі і т.ін. /для заданого сполучення режимних параметрів.

2. Визначення оптимальних умов ефективної роботи теплоутилізатора в усьому діапазоні зміни режимних параметрів /при сезонній та технологічній зміні навантаження енергоустановки та споживача теплоти/.

3. Визначення оптимальних сполучень режимних параметрів та створення рекомендації щодо зміни режимів роботи енергоустановки та споживача теплоти для оптимального використання енергії палива.

Для розв'язання перелічених задач розроблена математична модель процесів утилізації в теплоутилізаторі з " киплячим " шаром. Для опису процесу псевдозрідження в теплоутилізаторі використовуються відомі залежності О.Ф.Редька / тепловіддачі від шару до оребреної поверхні / О.Молеруса / висоти шару до наявного тиску /, А.П.Баскакова / умов псевдозрідження/, а також описана у II розділі модель поверхні оребрених труб, що занурені в шар.

Основні відміни цієї математичної моделі від традиційної моделі теорії планування експерименту полягають ось в чому:

1. Частково зв'язки між факторами, що впливають, і вихідними параметрами відомі. Відбувається заміна " чорного " ящика на " сірий ", в якому " висвітлено " ряд областей розрахункових блоків в описом ряду залежностей. Відпадає необхідність в описі моделі регресійним рівнянням.

2. Особливістю параметрів досліджуваного процесу є їх невизначеність в широкому діапазоні зміни. Це дозволяє користуватися однією моделлю для всіх трьох сформульованих задач оптимізації. У загальній постановці задачі всі фактори, що впливають на модель, не підконтрольні та некеровні. Однак цілком можливо розподіляти параметри за групами умовно, в залежності від типу задачі, що розв'язується. Структура моделі та описані в ній зв'язки при цьому не змінюються. Формується ускладнена загальна модель та еквівалентна їй сукупність спрощених моделей задач.

Оскільки в цих дослідженнях розроблюється оптимальна стратегія для безперервного експериментування в складних виробничих умовах,

необхідний адаптаційний метод оптимізації. Як такий метод розв'язання задачі вибрано модифікацію симплекс-методу - комплекс-методу.

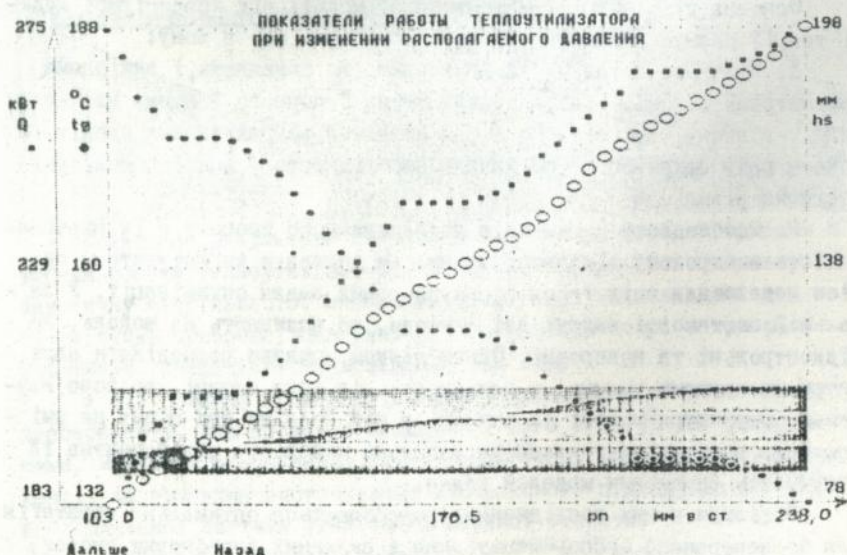
Особливості оптимізації в задачах, що розв'язуються:

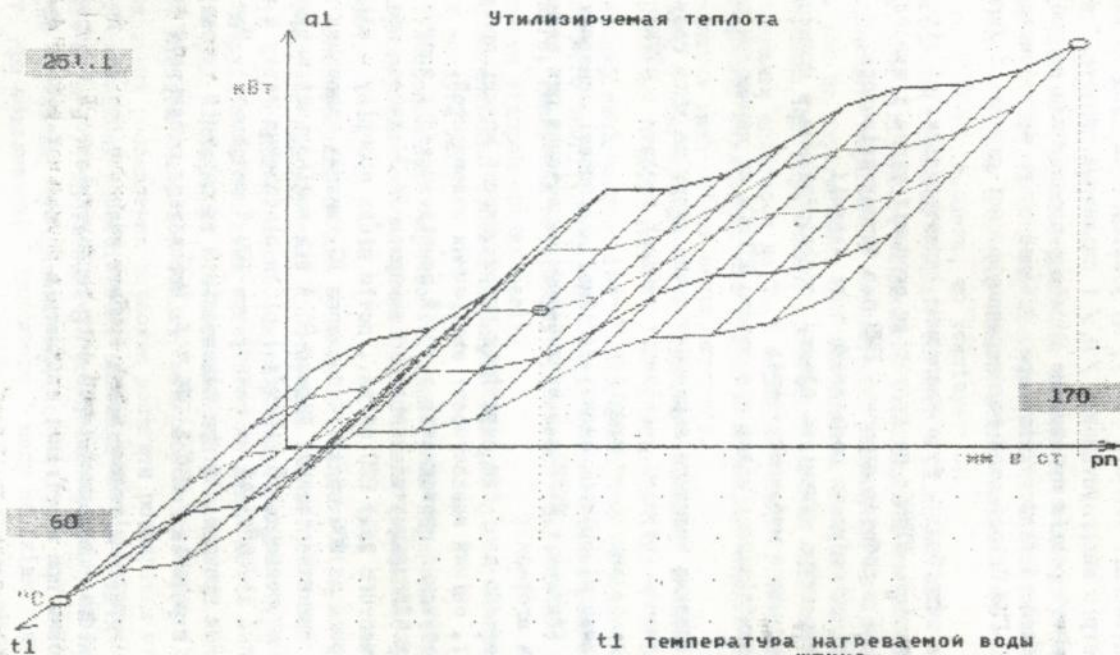
1. Оптимізація відбувається не в точці, а в якомусь околі точки.

2. При розв'язанні задач по етапах значення невідконтрольних, некерованих факторів фіксується, тобто параметри цієї групи переходять в підконтрольні та некеровні фактори.

3. Багатоцільова задача оптимізації розподіляється на два рівні. На першому рівні відбувається оптимізація за загальними параметрами, на другому рівні з одержаної сукупності розв'язків вибираються окремі за загальними параметрами.

Вибраний метод оптимізації реалізовано в створеному програмному комплексі " ГРАСК " для проведення обчислювального експерименту. Описуються алгоритми такого розв'язку, структура програмних модулів " ГРАСК " і приклади їх роботи - результати обчислювального експерименту. На рис.2 дано дисплейне зображення одержаних за допомогою модулів " ГРАСК " показників ефективності роботи теплоутилізатора в залежності від зміни величини наявного тиску, на рис.3 - за-





t1 температура нагреваемой воды  
на входе в ШТУКС

rp располагаемое давление отходящих  
газов на входе в ШТУКС

Г10 Дальше

Е50 Назад

Г60 Сменить

лежність кількості теплоти  $Q_1$ , що утилізується, від зміни режимних параметрів енергоустановки  $P_n$  і споживача теплоти  $t_1$ .

Четвертий розділ присвячено дослідно-промисловим випробуванням розробленого теплоутилізатора, встановленого на газомотоком-пресорі ІО ГМК Олішевської газоперекачувальної станції "Укргаз-прому".

Метою випробувань було одержання характеристик, що відображають ефективність ШТУКСа по критеріях економії тепла і шумоглушіння в порівнянні з роботом агрегату ГМК без теплоутилізатора.

У ході випробувань розв'язано такі задачі:

- встановлено наявність ефекту псевдозрідження в промислових умовах працюючого мотокомпресора;
- проаналізовано вплив працюючого ШТУКСа на параметри роботи агрегату;
- визначено величини аеродинамічного опору по коду газу і води;
- визначено ступінь утилізації скидної теплоти в ШТУКСі;
- встановлено ефект шумоглушіння;
- визначено ступінь експлуатаційної надійності основних конструктивних елементів ШТУКСа з врахуванням заростання цих елементів продуктами вгорання;
- одержано дані для перевірок розрахункової моделі процесів утилізації, оцінки адекватності емпіричних залежностей.

Випробування проводилися в такій послідовності: запуск при відкритому байпасному клапані; робота протягом 30 хвилин при обертах колінчастого валу 260 об/хв., потім після прогріву - збільшення числа обертів до 300 об/хв. - протягом 30 хвилин; ввічлення в роботу циліндрів при навантаженні дизеля 85 % від номінальної потужності /найбільш розповсюджений режим/ і після підвищення тиску в газовому тракті до  $73 \text{ кг/см}^2$  вихід на роботу при 100 % потужності. При цьому випробування проводилися при максимальній та середній витраті води в кожному з режимів / 85% і 100 % /. Наводяться результати випробувань.

За одержаними даними можна зробити висновок про те, що теплопродуктивність і аеродинамічний опір теплоутилізатора відповідають розрахунковим при зберіганні параметрів нормальної роботи мотокомпресора.

#### Основні результати роботи.

Основним підсумком роботи є створення нового типу теплоутилізатора з "киплячим" шаром, проведення обчислювального експерименту

з метою здійснення оптимізації процесу утилізації скидної теплоти в такому теплоутилізаторі.

#### Основні висновки:

1. Найбільше розповсюдження в системі газової промисловості має машина Ю ГНН / 60% парку мотокомпресорів/. При розробці теплоутилізатора тільки для цієї машини можна одержати на 400 уста - новках по 1000 кВт теплоти, що утилізується.

Найкращий споживач скидної теплоти - підґрунтовий нагрів теплиць. При відсутності тепличного господарства на станції необхідно проводити варіантний економічний розрахунок на будівництво теплиць або на короткочасне сезонне використання теплоти для теплопостачання. При перевищенні протитиску на 100 - 200 мм в ст. можна одержати додатково до 20 % первісної енергії палива. Для більш глибокої утилізації необхідний комплексний підхід і перегляд режимних умов роботи енергоагрегату.

2. На основі проведених досліджень основними тенденціями розвитку в галузі теплообмінників і утилізаторів теплоти слід вважати: інтенсифікацію теплообміну і підвищення надійності, зниження гідравлічного опору; розширення функціональних можливостей теплообмінників; зменшення габаритів; підвищення ефективності утилізації теплоти відпрацьованих газів.

3. Установлено основні принципи створення системи утилізації скидної теплоти ДВЗ.

4. Запропоновано науково-технічний розв'язок для теплоутилізатора - шумоглушника з " киплячим " шаром, підтверджений авт.свід. № 1739064.

5. Установлено, що для регенерації теплоти відпрацьованих газів особливо перспективні конструкції високоефективних теплообмінників з дрібними шарами і зануреними оребреними трубами. У таких конструкціях можна досягти збільшення коефіцієнта тепловіддачі в 4-6 разів практично без збільшення втрат тиску.

6. Поведінка шарів в області між ребрами конструкції ШТУКС як роздільних розбавлених дозволяє досягати розширення шару до 400% при все ще високих коефіцієнтах тепловіддачі від шару до поверхні /200-400 Вт/м<sup>2</sup>к/. Це забезпечує розміщення розвинутої поверхні /великий теплосйом/ при незначному рості опору.

7. При моделюванні " киплячого " шару необхідні: якісна оцінка стану псевдозрідження і визначення області існування псевдозрідження. Розроблений для цього програмний модуль *Kipsl* візуалізує

відгук фізичного процесу псевдозрідження в теплоутилізаторі на зміну режимних параметрів його роботи.

8. Одержано математичну модель поверхні оребрених труб, занурених в розширний шар.

9. Результати стендових акустичних випробувань підтверджують переваги ШТУКСа перед абсорбційним глушником.

10. Перевищення коефіцієнта теплопередачі в 3 рази при наявності " киплячого " шару дозволяє утилізувати теплоту, використувачи менш розвинуті поверхні. Це на порядок знижує гідравлічний опір теплоутилізатора, що є істотною перевагою в порівнянні з розповсюдженими котлами-утилізаторами.

11. Запропоновано модифікацію комплекс-методу для розв'язання задачі оптимізації. Багатофакторна оптимізація відбувається на двох рівнях: на першому рівні відбувається оптимізація за загальними параметрами; на другому - з одержаної сукупності розв'язків вибираються відповідні за зазначеними для СУСТ, що оптимізується, параметрами.

12. Розв'язані задачі оптимізації дозволяють:

- визначати ряд оптимальних конструкцій ШТУКС в залежності від вибраного набору критеріїв оптимізації /мінімальна поверхня теплообміну, найменші габарити, мінімальні витрати металу, найбільший коефіцієнт тепловіддачі і т. д. / для заданого сполучення режимних параметрів;

- визначати інтегральну ефективність роботи теплоутилізатора на всьому діапазоні зміни режимних параметрів / при сезонній та технологічній зміні навантаження енергоустановки, споживача теплоти/;

- досліджувати рівень ефективності теплоутилізації для визначення її доцільності, вироблювати рекомендації оптимальних сполучень режимних параметрів.

13. Реалізація розробленого алгоритму у вигляді сервісного програмного пакета дозволяє провадити обчислювальний експеримент по дослідженню процесу утилізації в теплообміннику з " киплячим " шаром.

14. Проведені дослідження дослідно-промислового зразка дозволяють зробити висновок про те, що теплопродуктивність і гідравлічний опір теплоутилізатора відповідають розрахунковим при збереженні параметрів нормальної роботи мотокомпресора.

15. Результати випробувань підтвердили, що режимно-геометричні характеристики ШТУКСа, установленого за мотокомпресором, забезпечує в теплоутилізаторі процес псевдозрідження.

Основний зміст дисертації опубліковано у таких працях:

1. Скоп Е.А., Грачев А.В. Применение "кипящего" слоя при утилизации теплоты двигателя /турбины/ /Современные проблемы газодинамики и тепломассообмена и пути повышения эффективности энергетических установок: Тез. докл. УШ Всесоюз. школы-семинара. Ч.2.М.: МГТУ, 1991. - С.40-41.
2. Скоп Е.А., Грачев А.В., Макаров В.В., Терехов А.Л. Особенности применения теплоутилизатора с кипящим слоем // Интенсивное энергосбережение в промышленной теплотехнологии: Тез. докл. 3-й Всесоюз. научн.-конф. по проблемам энергетики теплотехнологии. М.: МЭИ, 1991. - 148 с.
3. Скоп Е.А. Утилизация сбросной теплоты в кипящем слое // Твердотопливные энергетические технологии: Тез. докл. научн.-техн. семинара "Проблемы преобразования энергии и рационального использования органического топлива в энергетике". Киев, 1992. - С.23-24.
4. Мацевитый Ю.М., Скоп Е.А., Элькин Б.С. Компьютерное моделирование процесса утилизации теплоты //Современные проблемы газодинамики и тепломассообмена и пути повышения эффективности энергетических установок: Тез. докл. IX школы-семинара молодых ученых и специалистов. М.: МГТУ, 1993. - С.106-107.
5. Скоп Е.А., Грачев А.В., Ютина А.С., Мацевитый Ю.М. Высокоэффективная утилизация теплоты с использованием теплообменников кипящего слоя // Судостроит.пром-сть. Сер. Пром. энергетика, охрана окружающей среды, энергосбережение судов. - 1990. Вып.14- С.69-70.
6. Литов А.И., Ютина А.С., Скоп Е.А., Андреев Е.Н., Фишман И.И. Теплоэнергетическая установка на биогазе //Биоконверсия органических отходов для получения биогумуса, биогаза, белковых веществ и охрана окружающей среды: Тез. докл. I конгресса. Киев-Ивано-Франковск, 1991. - С.94-96.
7. Мацевитый Ю.М., Скоп Е.А., Терехов А.Л. Шумоглушитель-теплоутилизатор кипящего слоя // Тез. докл. Междунар. конф. по борьбе с шумом и вибрацией "Noise-93". Т.1. С.-Петербург, 1993. - 154 с.
8. А.с. № 1739064 СССР, МКИ Г 01 5/02. Шумоглушитель-теплоутилизатор /Е.А.Скоп, А.Л.Терехов, А.С.Ютина, А.Ф.Редько - № 4832593/06; Заявлено 30.05.90; Опубл. 07.06.92, Бюл. № 21.
9. А.с. № 1629731 СССР, МКИ Г 28 15/00. Теплообменник / Е.А.Скоп, А.С.Ютина, А.Ф.Редько, О.Б.Воробьев - № 4475712/06; Заявлено 22.08.88; Опубл. 23.02.91, Бюл. № 7.

463024

Ав 28.539

Ю. А.с. № 1698612 СССР, МКИ Г 28 І5/02. Теплообменник с тепло-  
выми каналами / Е.А.Скоп, А.Ф.Редько, А.С.Етина -  
№ 4704530/05; Заявлено 04.06.89; Опубл. 15.12.91, Бюл. № 46.  
Особистий внесок автора. У роботах, написаних у співавторстві,  
автору належать: / № 1, 2, 4, 7 / - розробка фізичної та  
математичної моделей процесу утилізації тепла в " киплячому "  
шарі, / № 3, 5 / - розробка методики та постановка обчислюваль-  
ного і дослідно-промислового експерименту, / № 6, 8, 9, 10 / -  
розробка науково-технічних рішень теплоутилізаторів.

**Ав 28.539**

Відповідальний за випуск  
д.т.н., чл.-кор.АН України Божко О.Є.

Підп. до друку 03.ІІ.93г. Формат 60 х 90 І/16. Папір друк. № І.  
Ум.друк.арк.І. Обл.-вид.арк.0,96. Тираж 100 пр. Зам. № 1593

---

Ротапринт Інституту проблем машинобудування АН України.  
310046, Харків -46, вул.Дм.Пожарського, 2/10