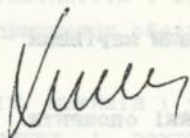


**ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ
УКРАЇНИ**

На правах рукопису



ХІНІЧЕВА ГАННА ІВАНІВНА

**РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ
ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ ВИРОБІВ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ**

Спеціальність 05.19.09 - Машини та агрегати легкої промисловості

АВТОРЕФЕРАТ

**дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Київ - 1996



AB 35.550

Роботу виконано в Державній академії легкої промисловості
України (ДАЛПВ)

Науковий керівник - доктор технічних наук, професор,
академік УТА Скрипник Ю. О.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Орловський Б. В.,
кандидат технічних наук, академік УТА Коваль Г. М.

Провідна організація - Український науково - дослідний
інститут швейної промисловості

Захист відбудеться 9 жовтня 1996 р. о 10.00 год. на засіданні спеціалізованої Ради Д 01.17.01 в Державній академії легкої промисловості України за адресою: 252011, Київ-11, вул.Немировича-Данченка, 2.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Державної академії легкої промисловості України.

Автореферат розіслано 6 вересня 1996 р.

Вчений секретар
спеціалізованої Ради

Тарасенко А. І.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В легкій, харчовій і текстильній галузях промисловості, побутовому обслуговуванні населення і деяких інших, що пов'язані з задоволенням життєвих потреб людини, доля теплової обробки перевищує 30% за трудосмістю і 80% за енергозатратами. До основних напрямків використання обладнання теплової обробки можна віднести:

- сушіння (у взуттєвій, шкіряній, швейній і т. п. галузях);
- волого-теплову обробку швейних і взуттєвих виробів, хімічних волокон, декатування тканин;
- вулканізацію гумових, виготовлення пластмасових виробів;
- спеціальні види теплової і волого-теплової обробки.

У деяких зонах робочих органів обладнання треба контролювати температуру локально у невеликих межах, навіть в окремій точці, в інших зонах - визначити структуру температурного поля по площі або об'єму. Часто має місце задача вимірювання температури, що змінюється з плином часу, тобто виконати її динамічні вимірювання. При визначенні теплових потоків, зокрема втрат тепла з нагрітих поверхонь, потрібне вимірювання різниць температур в кількох точках. Вимірюючи температуру, можна визначити значення деяких інших технологічних параметрів: інтенсивності потоків, вологості і концентрації газів, рідинних і дисперсних речовин, наявності в них домішок і т. п.

Тема дисертаційної роботи спрямована на розв'язання проблеми вдосконалення методів і апаратури контролю технологічних або режимних параметрів обладнання для теплової та волого-теплової обробки виробів легкої промисловості з метою створення умов для автоматичного керування багатоступеневими циклограмами роботи обладнання і оперативного контролю якості технологічного процесу, що є особливо актуальним у зв'язку із зростаючою конкуренцією виробів швейної, взуттєвої та інших галузей промисловості та виходом підприємств легкої промисловості на світовий ринок.

Одним із шляхів вдосконалення обладнання без суттєвих витрат є підвищення точності і стабільності засобів контролю технологічних параметрів за рахунок розширення функціональних можливостей сенсорів (первинних перетворювачів фізичних величин), бажано однієї фізичної природи, які є чутливими до дії різних величин (параметрів), тобто бути багатофункціональними. Селек-

тивність сенсорів досягається застосуванням спеціально розроблених схем і алгоритмів обробки сигналів. Як сенсори доцільно використовувати термоелектричні перетворювачі (ТЕП), які відрізняються простотою та надійністю у роботі. Проте, неідентичність і нестабільність їх характеристик, особливо при роботі в агресивних середовищах, приводить до збільшення прогресуючих похибок у процесі експлуатації, що утруднює застосування таких сенсорів. Тому найважливішим завданням підвищення ефективності обладнання волого-теплової обробки є знаходження засобів підвищення точності і стабільності первинних термоелектричних перетворювачів, які є елементною основою багатофункціональних сенсорів технологічних параметрів.

Мета роботи. Розвиток теоретичних і практичних методів підвищення точності, метрологічної надійності та розширення функціональних можливостей термоелектричних засобів контролю, які вбудовуються в обладнання для теплової та волого-теплової обробки, намітка основних тенденцій удосконалення технологічного обладнання для теплової обробки виробів легкої промисловості, зокрема найбільш масового і найменш удосконаленого обладнання - швейних прасок.

Для досягнення даної мети було поставлено та вирішено такі основні задачі:

- аналіз інформаційного та апаратурного забезпечення обладнання теплової і волого-теплової обробки;

- розробка принципів проектування та конструювання багатофункціональних термоелектричних сенсорів на основі введення додаткових теплофізичних впливів на робочий кінець ТЕП, аналізу рівняння теплового балансу їх чутливого елемента та алгоритмічної обробки вихідних сигналів ТЕП;

- розробка основ проектування технічних та програмних засобів контролю ТЕП без демонтажу з діючого обладнання та виключення впливу теплофізичних властивостей робочих середовищ на результат контролю;

- розробка високоточного методу вимірювання тепловіддачі робочого кінця ТЕП, який функціонально пов'язаний з рядом технологічних параметрів, що контролюються в процесі теплової обробки (витрати теплоносія, вологість оброблюваного виробу, концентрація, тиск, ступінь розрідження робочих середовищ в обладнанні);

- проектування технічних засобів вимірювання вологості ви-

сокотемпературних робочих середовищ, що мають більшу точність та вірогідність за рахунок автоматичного визначення впливу температури на теплопровідність робочого середовища;

- удосконалення методів вимірювання різниці температур по товщині та по площі поверхонь робочих органів обладнання з аналоговою та цифровою системою корекції похибок;

- вивчення нерівномірності температурного поля за допомогою багатоточкових сенсорів по площі гріючих поверхонь робочих органів обладнання теплової обробки;

- удосконалення методів та засобів вимірювання теплопровідності капілярно-пористих та полімерних матеріалів, які можуть сприяти зниженню теплових витрат в обладнанні;

- розробка нових конструкцій прасок з удосконаленими параметрами енергозбереження і підвищенням якості виконуваних операцій.

Об'єктами дослідження є: температурні поля гріючих поверхонь обладнання теплової обробки, насамперед електричних прасок і пресового обладнання, циклограми роботи обладнання, термоелектричні перетворювачі температури в електричні сигнали та електричної енергії в теплову, багатофункціональні термоелектричні сенсори режимних та технологічних параметрів обладнання теплової та волого-теплової обробки виробів легкої промисловості.

Методи та засоби досліджень. Вирішення перелічених задач в даній роботі виконано з використанням теорії термоелектричних ланцюгів з урахуванням теплофізичних впливів, теорії похибок, методів математичного моделювання характеристик вимірювальних перетворювачів, прикладних питань теорії теплової обробки швейних виробів та циклограм роботи обладнання. В процесі розробки засобів термоелектричного контролю було використано сучасну елементну базу електроніки, апаратні та програмні засоби ПЕОМ.

Наукова новизна роботи:

1. Встановлено, що автоматичний контроль роботи обладнання теплової та волого-теплової обробки є найбільш економічним на основі багатофункціонального сенсора однієї фізичної природи, чутливий елемент якого працює в різних режимах. Обґрунтовано доцільність використання з цією метою термоелектричного перетворювача з додатковим нагріванням (охолодженням) робочого кінця, що забезпечує значне підвищення його чутливості до різноманітних фізичних величин (параметрів) та суттєво скорочує парк вимірю-

вальних засобів і забезпечує автоматичне керування складними циклограмми роботи обладнання.

2. Розроблена та досліджена узагальнена теплова модель багатофункціонального сенсора з додатковим виділенням та поглинанням теплоти Пельтьє у робочому кінці ТЕП та виключенням впливу теплоти Джоуля на результат вимірювання параметрів робочих середовищ та робочих органів обладнання.

3. Обґрунтовано та розвинуто методи формування додаткових теплофізичних впливів на робочий кінець ТЕП багатофункціонального сенсора, вбудованого в обладнання, з використанням каліброваних значень електричного струму, часових інтервалів нагрівання та охолодження робочого кінця ТЕП, примусового конвективного впливу на робочий кінець ТЕП повітряних та рідинних потоків, а також періодичних впливів магнітних полів на газорідний потік теплових труб.

4. Розроблено методи визначення та компенсації похибок диференціальних перетворювачів температури робочих поверхонь обладнання без поелементного контролю термоелектрорушійної сили (ТЕРС) кожного із ТЕП з використанням періодичного нагрівання - охолодження сусідніх робочих кінців диференційного перетворювача.

5. Створено та захищено патентами алгоритми обробки вимірювальних сигналів сенсорів від додаткових теплофізичних впливів на робочий кінець ТЕП без переривання дії режимного параметра обладнання, що контролюється, на його чутливий елемент.

6. Розроблені спеціальні методи корекції домінуючих складових похибки, що ґрунтуються на надлишкових вимірюваннях, які виконуються за рахунок додаткових адитивних та мультиплікативних теплофізичних впливів на ТЕП, що дозволяє суттєво підвищити точність параметрів, що контролюються, і таким чином поліпшити експлуатаційні властивості обладнання для теплової та волого-теплової обробки.

7. Розробленою вимірювальною апаратурою досліджені температурні поля та поля вологості, а також структури потоків тепла та робочих середовищ при волого-тепловій обробці швейних виробів на пресах і прасками. Визначено тенденції розвитку та вдосконалення обладнання з урахуванням потреби високої якості обробки, економічності енергозатрат та підвищення коефіцієнту корисної дії (к. к. д.).

Зовизну отриманих результатів підтверджено 5 патентами та 2 позитивними рішеннями на винахід. Аналітичні вирази підтверджено експериментом; вони використовуються для побудови багатофункціональних термоелектричних сенсорів, які вбудовуються в обладнання для теплової обробки і якими досліджуються температурні поля гріючих поверхонь обладнання.

Практична цінність. В результаті виконаних експериментальних досліджень, математичного моделювання та розробок на основі багатофункціональних ТЕП створено технічні засоби контролю, що дозволяють більш жорстко регламентувати роботу за циклограмою обладнання для теплової та волого-теплової обробки швейних та шкіряних виробів легкої промисловості та поліпшити конструктивно-технологічні параметри відповідного обладнання. Насамперед, удосконалена конструкція промислової праски, яка забезпечує економні витрати електроенергії і дозволяє значно підвищити її к. к. д. за рахунок застосування теплоізолюваної підставки, підвищити якість автоматичного регулювання температури (АРТ) робочої поверхні і надійність роботи автоматичного регулятора шляхом розміщення його в підставці так, що чутливий елемент регулятора безпосередньо дотикається до робочої поверхні праски, а також підвищення зручності та безпеки використання праски завдяки відмові від електрошнурів живлення і забезпечення живлення електронагрівачів праски через втичний контакт при встановленні праски на підставку в неробочий період.

Рівень реалізації впровадження наукових розробок. Використання запропонованих методик досліджень, наукових положень та інженерно-технічних рішень, обґрунтованих у дисертаційній роботі, дозволяють створити на базі структурно-часової надлишковості і корекції прогресуючих похибок високочутливі термоелектричні вимірювальні системи, які легко вбудовуються в обладнання і за допомогою яких можна досліджувати та контролювати температурні поля гріючих робочих поверхонь і удосконалювати обладнання для теплової обробки шляхом підвищення енергозбереження, надійності роботи, к. к. д. та безпеки використання.

Впровадження багатофункціональних сенсорів на базі ТЕП дозволяє автоматично керувати складними циклограмами роботи обладнання, поліпшити надійність та якість роботи, зменшити енерговитрати, скоротити парк використовуваних засобів вимірювання та спростити їхню структуру. У виробництво впроваджені захищені

патентами методи на експериментальні зразки апаратури з автоматичною корекцією похибок. Метод контролю похибок термоелектричних термометрів та коефіцієнту їх теплообміну впроваджено на Науково-виробничому підприємстві систем автоматичного керування (м. Харків) при створенні систем контролю температурних полів гріючих поверхонь обладнання для теплової обробки. Метод контролю теплового поля за допомогою термоелектричного сенсора-сітки впроваджено науково-виробничим об'єднанням "Деметра" (м. Одеса) для визначення теплового поля швидкостей у повітряно-вологісних потоках у випарних апаратах технологічного обладнання, а також Київським Державним дослідним заводом "Еталон" (м. Київ) при створенні терморегулюючого приладу типу "Ера". Результати досліджень температурних полів прасок та зроблені на їх основі рекомендації по удосконаленню конструкцій промислових прасок, які забезпечують економне використання електроенергії, підвищення к. к. д. та безпеки роботи, застосовані Київським Державним науково-виробничим об'єднанням "Радикал" (м. Київ).

Впровадження підтверджено відповідними актами, які додано до дисертації.

Вийшли друком навчальні посібники "Термоелектричні прилади контролю", "Термоелектричні термометри та їх метрологічне забезпечення", "Автоматичні терморезистивні перетворювачі фізичних величин", в яких відображено результати дисертаційної роботи.

Апробація роботи. Основні положення і результати роботи доповідалися та отримали позитивну оцінку на 27 міжнародних, всесоюзних, республіканських та регіональних науково-технічних симпозіумах, конференціях та семінарах, в тому числі: II, IV - науково-технічних нарадах вчених і спеціалістів за участю представників зарубіжних країн "Датчики и преобразователи информации систем измерения, контроля и управления" (Гурзуф, 1990, 1992); науково-практичних конференціях: "Разработка и использование ресурсосберегающих технологий в текстильном производстве" (г. Киев, 1992), "Автоматический контроль и регулирование технологических процессов в легкой промышленности" (г. Киев, 1992), "Системы автоматизированного проектирования и управления в легкой промышленности" (г. Киев, 1993); 4-му Національному симпозиумі з магнітних вимірювань (Польша, Келц, 1994); I, II, III науково-технічних конференціях країн Співдружності Незалежних Держав "Контроль і управління в технічних системах" (м. Вінниця, 1992,

1993, 1995), а також "Измерительная техника в технологических процессах и конверсии производств" (г. Хмельницький, 1992, 1993, 1995); науково-технічній конференції "Проблеми и перспективы развития сертификации промышленной продукции" (п. Сколе, 1995); міжнародній науково-технічній конференції "Технология и оборудование для переработки полимерных материалов" (с. Славско, 1996); науково-технічних конференціях Державної Академії легкої промисловості України та наукових семінарах кафедри автоматизації технологічних процесів та приладобудування за участю провідних спеціалістів кафедр машин та апаратів швейно-взуттєвого виробництва та технології швейних виробів у 1990-1996 р. р.

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 30 друкованих робіт, в тому числі 3 навчальних посібника з грифом Міносвіти України, 5 патентів, 2 позитивних рішення про видачу патента на винахід.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається із вступу, 5 розділів, висновків, підсумку, списку використаної літератури, а також додатків. Загальний обсяг роботи - 236 сторінок машинописного тексту, у тому числі 40 рисунків на 27 сторінках, 1 таблиця, бібліографія із 83 найменувань та 50 сторінок додатку. Основна частина роботи складає 145 сторінок.

ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована актуальність роботи, сформульована мета, наукова новизна і практична значущість, відображений рівень її реалізації, приведений короткий зміст розділів.

У **першому розділі** розглядається апаратура, що застосовується для контролю режимно-технологічних параметрів обладнання для теплової і волого-теплової обробки виробів легкої промисловості. Показано, що якість обробки контролюється за опосередкованим фактором: по часу витримки виробу під пресом, чи праскою, який встановлюється дослідним шляхом - методом попередніх проб. Контроль за ходом процесу недостатній і порушення початкових умов може викликати зниження якості обробки аж до появи браку.

Огляд робіт і існуючих конструкцій автоматичних контролюючих і регулюючих приладів основних режимних параметрів (температури, вологості, витрат і т. п.) робочих органів і робочих сере-

довий обладнання для теплової обробки виробів легкої промисловості виявив малий об'єм відомостей інформаційного і приладового забезпечення. Існуючі типи сенсорів і вимірювальних перетворювачів не забезпечують режимну автоматизацію такого обладнання у повному обсязі.

У 50...70 роках московськими школами під керівництвом С. С. Ешпеля, Є. Х. Мелікова, А. В. Савостицького і інших були виконані дослідження, спрямовані на пошук оптимальних параметрів волого-теплової обробки за умови збереження фізико-механічних властивостей тканин. Подальший розвиток і наукове обґрунтування цей напрям одержав в роботах, що були проведені у КТІ/ШІ (зараз ДАЛШУ) І. В. Орловим, М. П. Березненко, В. О. Дубровним, М. А. Скирутою, О. П. Бурмістенковим, Б. В. Орловським, І. І. Мігальцо та іншими. У цих роботах були з'ясовані основні задачі по удосконаленню технології і розроблені прилади для контролю і автоматизації процесів теплової і волого-теплової обробки швейних виробів. Проте ці прилади мали порівняно невисоку точність та надійність і тому не одержали широкого розповсюдження.

Аналіз стану обладнання легкої промисловості показав, що існуючі технічні засоби не дозволяють оперативно контролювати режимно-технологічні параметри, що знижує якість волого-теплової обробки в цілому. Крім того, режимна автоматизація процесів і обладнання теплової і волого-теплової обробки виробів легкої промисловості стримується відсутністю промислових приладів для контролю ряду важливих параметрів. Наприклад, не контролюються витрати робочого середовища, температура і кількість холодного повітря, яке прососується, не враховуються випадкові коливання таких параметрів, як тиск і температура пари в магістралі і т. п.

В обладнанні з контактним нагріванням матеріалу оброблюваного виробу не забезпечується рівномірність температурного поля по площі робочих поверхонь.

Відсутня апаратура для вимірювання такого важливого теплофізичного параметра, як температуропровідність матеріалів робочих органів і їх теплоізоляції, що обмежує можливості інтенсифікації і підвищення енергоекономності апаратури.

На основі проведеного аналізу був зроблений висновок, що автоматизація, інтенсифікація і підвищення якості теплової обробки стримується невисокою точністю вимірювальних приладів, зокрема нестабільністю первинних вимірювальних перетворювачів.

відсутністю методів компенсації їх прогресуючих похибок, що особливо важливо для таких галузей, як шкіряна галузь, виробництво хімічних волокон і багато інших.

Запропоновано удосконалення інформаційного і приладового забезпечення обладнання для теплової обробки проводити на основі сенсора однієї фізичної природи, який сприймав би вплив різних фізичних величин і мав би стандартний вихідний сигнал. Такий сенсор - термоелектричний перетворювач (термопара), найбільш придатний в цих умовах.

Зформульована мета і задачі досліджень.

У *другому розділі* розглянуті питання проектування апаратури для контролю режимних параметрів теплової обробки і підвищення її надійності. Як багатofункціональний сенсор доцільно використовувати термопару з додатковим впливом (нагрівання чи охолодження її робочого кінця). Експериментальні дослідження такої термопари показали, що будь який зовнішній вплив на її робочий кінець характеризується узагальненим рівнянням її теплового балансу:

$$N = \Pi I = H(T - T_0) = \alpha F(T - T_0), \quad (1)$$

де N - електрична потужність, що підводиться до її робочого кінця, Π - коефіцієнт Пельтьє, що залежить від матеріалів термоелектродів, I - струм, що протікає через робочий кінець, α - коефіцієнт розсіювання, який за теорією теплової подібності через критеріальні залежності (Ньютона, Рейнольдса, Пекле, Прандтля, Нуссельта та ін.), визначається фізичними властивостями тіл, що беруть участь у теплообміні і механічними характеристиками їх руху, T_0 - температура оточуючого середовища, T , F і α - відповідно, температура, площа поверхні і коефіцієнт тепловіддачі робочого кінця термопари.

Електрична потужність, що підводиться до робочого кінця термопари, витрачається на зміну його тепловмісту і розсіюється в оточуюче середовище. Щоб підтримувати стабільність $T = \text{const}$, при зміні $\alpha \pm \Delta \alpha$ треба струм змінювати на пропорційну величину $\pm \Delta I$. При цьому сигнал, що визначає зміну потужності, буде нести інформацію про параметри оточуючого середовища, наприклад робочого середовища обладнання. Запропоновано зміни потужності $\pm \Delta N$ виконувати шляхом додаткового нагрівання чи охолодження робочого кінця термопари, використовуючи ефект Пельтьє, а вимірювані ре-

жимні параметри обладнання (швидкість і витрати потоків газів і рідин, ступінь розрідження, концентрацію) в умовах природної і примусової конвекції визначати з умов тепловіддачі робочого кінця термопари в оточуюче середовище через критеріальні залежності.

Наприклад, рівняння інформативного сигналу підігрітої термопари в залежності від об'ємних витрат, швидкості потоку і тиску робочого середовища мають вигляд

$$U_Q = \frac{1}{\sqrt{k_0}} \left\{ m_{\text{прим}} \left(\frac{4}{\pi d} \right)^{n_{\text{прим}}} \left(\frac{1}{d} \right)^{n_{\text{прим}}+1} \lambda_c \cdot S(T-T_0) Q^{n_{\text{прим}}} \right\}; \quad (2)$$

$$U_w = \frac{1}{\sqrt{k_0}} \left\{ m_{\text{прим}} \nu^{n_{\text{прим}}} \cdot d^{n_{\text{прим}}-1} \lambda_c S(T-T_0) w^{n_{\text{прим}}} \right\}^{1/2}; \quad (3)$$

$$U_P = \frac{1}{\sqrt{k_0}} \left\{ \frac{m_{\text{пр}}}{d} (g \beta d^3 Pr)^{n_{\text{пр}}} \left(\frac{2}{\mu w^2_{\text{пр}}} \right)^{2n_{\text{пр}}} \lambda_c S(T-T_0)^{n_{\text{пр}}+1} P^{2n_{\text{пр}}} \right\}^{1/2}; \quad (4)$$

де $m_{\text{прим}}$, $m_{\text{пр}}$ та $n_{\text{прим}}$, $n_{\text{пр}}$ - відповідно коефіцієнти, що характеризують робоче середовище, у якому відбувається тепловіддача в умовах примусової і природної конвекції, $k_0 = \Pi = \varepsilon T$ - коефіцієнт Пельтьє, що буде сталим при $T = \text{const}$, (ν - коефіцієнт Зесбека), λ - коефіцієнт кінематичної в'язкості, d і S - відповідно діаметр і площа трубопроводу, λ_c - коефіцієнт теплопровідності робочого середовища, μ - динамічна в'язкість, g - прискорення вільного падіння, β - температурний коефіцієнт об'ємного розширення, P і w - відповідно витрати, швидкість потоку і тиск робочого середовища.

Розв'язуючи рівняння (2...4) відносно Q , w і P за значеннями U_i - ТЕРС, знаходять шукані параметри. Їх можна розв'язати за допомогою мікропроцесорів, які вбудовуються в засоби автоматизації обладнання для теплової обробки.

Для підвищення точності вимірювання і надійності роботи багатфункціональних сенсорів, що контролюють роботу обладнання, розроблена апаратура, яка дає можливість створити калібровані впливи на чутливий елемент сенсора. Згідно з теорією вимірювань такі впливи повинні бути адитивними, тобто незалежними від вимірюваної величини, і мультиплікативними - пропорційними цій величині.

Адитивний теплофізичний вплив передбачає примусову зміну температури робочого кінця (T_{PK}), або вільних кінців (T_{BK}) тер-

мопари на сталу величину ΔT :

$$A(T) = T_{BK} + |\Delta T| \quad (5) \quad \text{або} \quad A(T) = T_{PK} + |\Delta T| \quad (6)$$

Формування впливу виду (5) здійснювали прецизійними термостатуючими пристроями з похибкою в межах 0,1...0,01 К, а впливу (6) - використовуючи термоелектричний ефект Пельтьє. В результаті якого на робочому кінці термопари виділяється або поглинається кількість тепла, пропорційна протікаючому через нього постійному струмові.

Мультиплікативний вплив одержували шляхом примусової зміни температури робочого кінця термопари за рахунок відбирання тепла, пропорційного зміні цієї температури

$$M(T) = \rho T_{PK}, \quad (7)$$

де $\rho = 0,9 \dots 1,1$ - незалежний від температури робочого кінця термопари коефіцієнт.

Реалізували мультиплікативний вплив шляхом використання принципів конвективного, контактного і променевого теплообміну робочого кінця термопари з теплоносієм, температура якого відрізняється від температури контрольованого робочого середовища. Основна вимога при формуванні мультиплікативного впливу - стабільність на протязі короткого часу реалізації Λ -тактного вимірювання.

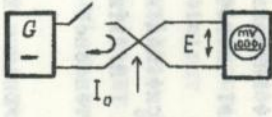
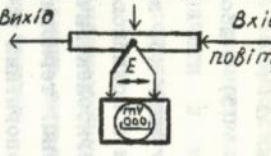
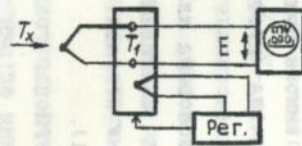
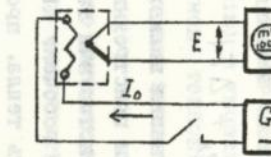
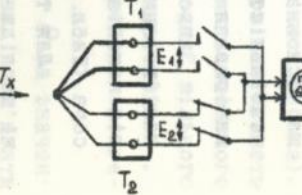
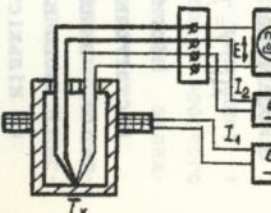
Запропонована класифікація методів і пристроїв формування каліброваних адитивних і мультиплікативних впливів в залежності від механізму передачі теплової енергії чутливому елементу сенсора (Табл. 1).

Для термопар градування ХК і ХА проведені експериментальні дослідження оцінки точності характеристик створення каліброваних адитивних впливів. В діапазоні температур 200...600 град. Цельсія вони не перевищують $\pm 0,1$ К (середньоквадратичне відхилення $\sigma(\Delta T) = 0,035$ К).

Робота апаратури в умовах шкіряної галузі, виробництва хімічних волокон і багатьох інших галузей промисловості пов'язана з агресивним середовищем, що веде до деградації термоелектричних властивостей матеріалів електродів термопар і різкому зниженню точності вимірювань. Тому що ці процеси мають випадковий характер, то їх неможливо врахувати і компенсувати. Була розроблена апаратура, в якій непостійність термоелектричних коефіцієнтів (Зеебека і Пельтьє) не впливає на результат вимірю-

Таблиця 1

**Класифікація методів та пристроїв формування
каліброваних адитивних та мультиплікативних
теплофізичних впливів**

Методи адитивних теплофізичних впливів на робочий кінець ТЕП	Структурна схема пристрою	Методи мультиплікативних теплофізичних впливів на ТЕП	Структурна схема пристрою
1. Зміна температури робочого кінця за допомогою електричного струму		1. Зміна температури робочого кінця конвективним теплообміном з повітряним потоком	
2. Зміна температури вільних кінців за допомогою термостата, що регулюється		2. Зміна температури робочого кінця за допомогою вбудованого електронагрівача	
3. Зміна температури вільних кінців за допомогою двох термостатів		3. Зміна чутливості робочого кінця низькотемпературних ТЕП за допомогою магнітокерованих теплових труб.	

вання температури навіть деградууючою термопарою, що підвищує її термін служби в 3...5 разів аж до початку руйнування її електродів. Запропоновані методи алгоритмічної корекції результатів вимірювання ТЕРС значно знижують затрати, що пов'язані з обслуговуванням і повіркою термопар, що працюють безпосередньо на технологічному обладнанні без їх демонтажу і повірки в лабораторії.

Для підвищення метрологічної надійності термоелектричних сенсорів, що вбудовані в обладнання, розроблені захищені патентом Росії 2010191 метод і апаратура для повірки термопар без їх демонтажу. Суть методу полягає в спрямованій зміні температури робочого кінця відносно контрольованого середовища почерговим охолодженням і нагріванням робочого кінця термопари за час Δt_0 , який менший від її сталої часу. Похибку Δ розраховують за результатами чотирьох значень D_1, D_2, D_3, D_4 вихідної величини термоелектричного термометра у динамічному (переходному) режимі.

$$\Delta = D_1 - \frac{D_1 - D_2}{D_3 + D_2 - D_1 - D_4} K_T I \Delta t_0, \quad (8)$$

де K_T - термічний коефіцієнт, значення якого визначають при калібруванні.

У третьому розділі приведені розроблені схеми і конструкції вимірювальної апаратури, яка дозволяє вимірювати витрати робочих середовищ (пари, повітря), і пов'язаних з ними змін потоків тепла, яке переноситься цими середовищами. Запропоновано проводити контроль теплових потоків по товщині металічної плити робочого органа обладнання за допомогою диференціальної термопари. ТЕРС якої пропорційна різниці температур у двох вибраних точках контролю. Розроблені засоби вимірювання з автокорекцією від неідентичності градуювальних характеристик термопар. Алгоритми функціонування цих засобів піддаються повній автоматизації за допомогою мікропроцесорів. Похибку від неідентичності градуювальних характеристик коригують шляхом додаткового нагрівання робочих кінців малоінерційних термопар струмом змінної частоти порядку 0,1...10 Гц, яку вибирають з умови $1/f = (1...3) \tau$, де τ - частота генератора. При цьому за рахунок ефекту Пельтьє у робочих кінцях термопар виділяється чи поглинається теплова енергія в залежності від напрямку протікаючого струму. Автоматично змінюючи співвідношення між порівнюваними ТЕРС з допомогою керованого

реохорда, компенсують похибку. Для інерційних термопар корекція похибки досягається за рахунок різночасового порівняння ТЕРС окремих термопар при обрахованих значеннях компенсуючих струмів нагрівання їх робочих кінців. Аналого-цифрове перетворення ТЕРС дозволяє оперативно запам'ятовувати результати проміжних вимірювань і обчислювати скориговані результати вимірювання. Похибка від неідентичності знижується в 3...5 разів і складає для термопар градування ХА не більш ніж 0,1 К.

З врахуванням багатофункціональності підігрівних термопар, що була обгрунтована у 2-му розділі, розроблений засіб вимірювання витрат потоків робочих середовищ обладнання (Патент Росії 2011979). Витрати Q обчислюють безпосередньо за виміряними значеннями коефіцієнта теплообміну α робочого кінця термопари, який через критеріальні залежності Нуссельта і Рейнольдса функціонально з ним пов'язаний. Для цього за математичним описом технологічного процесу складають систему рівнянь у безрозмірних величинах і встановлюють кількісний зв'язок між числами подібностей, що представлені у вигляді ступеневих залежностей. За спеціально розробленою програмою будують градувальну характеристику (рис. 1), заносять її в постійну пам'ять ЕОМ і зберігають для подальших вимірювань. Результат відображається у цифровій формі на дисплеї ЕОМ. Це технічне рішення впроваджено науково-виробничим підприємством систем автоматичного керування (м. Харків) при створенні мікропроцесорної системи контролю режимно-технологічних параметрів гладильних пресів.

Четвертий розділ присвячений створенню апаратурного забезпечення пресів волого-теплової обробки, що дозволяє більш жорстко регламентувати їх роботу за циклограмою і тим самим підвищити якість виробів, надійність роботи і зменшити енерговитрати.

Для оптимальної підтримки вологості високотемпературного робочого середовища (суміш пари і гарячого повітря в межах 45...95 % вологості і 40...130 град. Цельсія), розроблений самоналагоджуваний пристрій, що захищений патентом Росії 2014590. Висока точність контролю вологості досягається за рахунок автоматичного виключення впливу температури на теплопровідність контрольованого робочого середовища, в якому розмішують термоелектричний сенсор, що складається з основної і додаткової термопар (рис. 2). Через робочий кінець додаткової термопари пропускають постійний струм, що викликає перегрівання, температура якого визначається

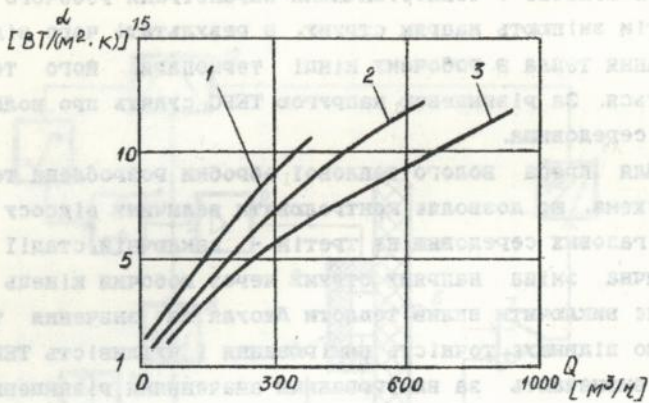


Рис.1

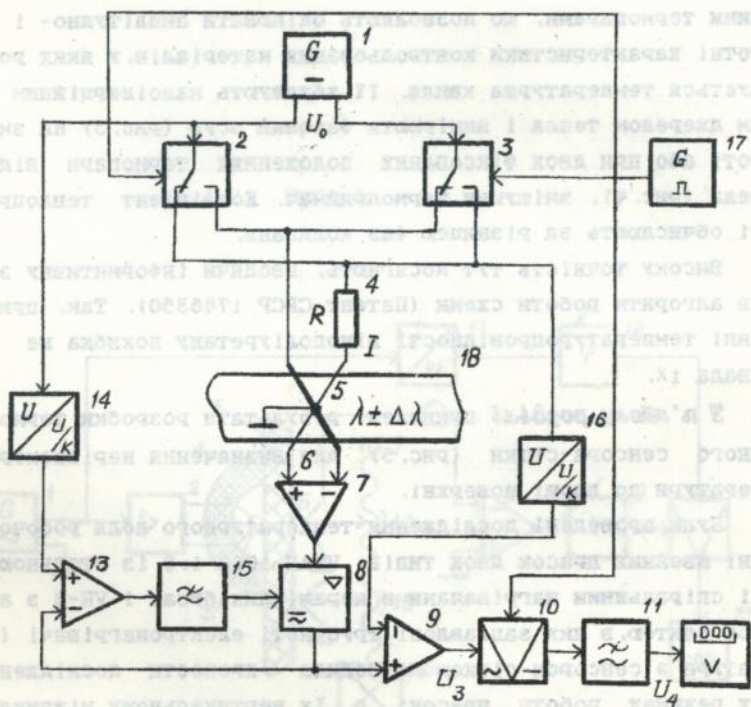


Рис.2

теплотою Пельтьє і теплофізичними параметрами робочого середовища. Потім змінюють напрям струму, в результаті чого відбувається поглинання тепла в робочому кінці термопари. Його температура знижується. За різницевою напругою ТЕРС судять про вологість робочого середовища.

Для преса волого-теплової обробки розроблена термоелектрична схема, що дозволяє контролювати величину відсосу відпрацьованих газових середовищ на третій - заключній стадії обробки. Періодична зміна напрямку струму через робочий кінець термопари дозволяє виключити вплив теплоти Джоуля на значення теплопередачі, що підвищує точність вимірювання і чутливість ТЕП. Перепад тиску визначають за вимірюваними значеннями різницевої напруги, що їх розвиває компенсована термопара і термоелектричними характеристиками самої термопари. Похибка вимірювання тиску розробленою апаратурою не перевищує $\pm 1\%$ в межах від 1 до 0,01 МПа.

Температуропровідність запропоновано вимірювати малоінерційними термопарами, що дозволяють оцінювати амплітудно- і фазочастотні характеристики контрольованих матеріалів, у яких розповсюджується температурна хвиля. Її збуджують малоінерційним точковим джерелом тепла і вимірюють фазовий зсув (рис. 3) на змінній частоті або при двох фіксованих положеннях термопари відносно джерела (рис. 4), змішуючи термоприймач. Коефіцієнт теплопровідності обчислюють за різницею фаз коливань.

Високу точність тут досягають, вводячи інформативну зайвищу в алгоритм роботи схеми (Патент СРСР 1746350). Так, при визначенні температуропровідності пінополіуретану похибка не перевищувала 1%.

У п'ятому розділі приведені результати розробки термоелектричного сенсора-сітки (рис. 5) для визначення нерівномірності температури по площі поверхні.

Були проведені дослідження температурного поля робочої поверхні швейних прасок двох типів: УТАП-1000-1,8 із сталлюю плитою і спіральними нагрівачами в керамічних бусах і УЕ-8 з алюмінієвою плитою, в яку заправлені трубчасті електронагрівачі (ТЕН). Апаратура з сенсором-сіткою дозволила провести дослідження у трьох режимах роботи прасок: в їх вертикальному міжцикловому положенні, після установки на 30 с на тканину, зволожену до $0,1 \text{ г/см}^2$ і після проведення на протязі 30 с по тканині, також зволоженої на віддалі до 0,5 м, тобто тут моделювався робочий

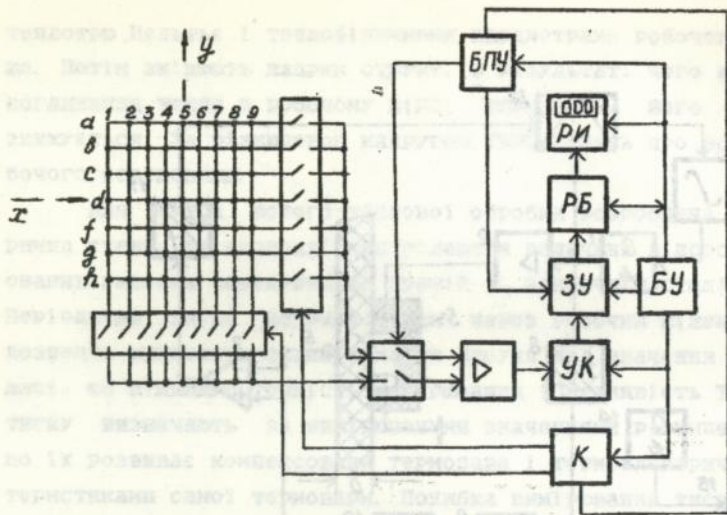


Рис. 5.

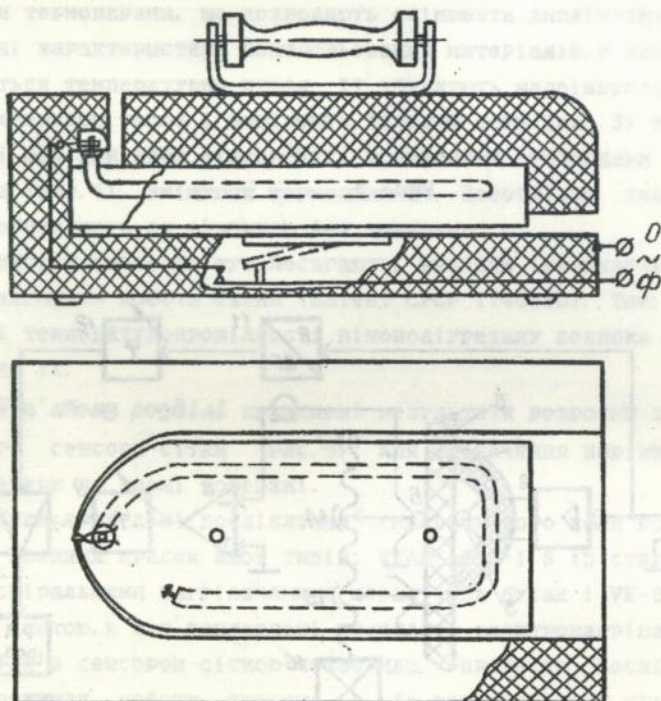


Рис. 6.

цикл прасування. Похибка не перевищувала $\pm 0,5$ К.

Дослідження показали, що у міжцикловому періоді спостерігається значна нерівномірність температурного поля прасок по площі робочої поверхні і автоколювання температури у часі в межах до 50 К для сталльної плити і до 20 К для алюмінієвої. Вимірювання теплових потоків на протязі робочого циклу показали, що він змінюється від 260 Вт/см^2 у перший момент встановлення праски на зволожену тканину до 10 Вт/см^2 через 10 с, потім ця величина падає до дуже малих значень, практично передачі тепла тканині не відбувається, її тепловий стан стабілізується.

Результати досліджень дозволили зробити такі висновки і намітити шляхи удосконалення прасок:

- для забезпечення теплового потоку достатньої потужності праска повинна мати алюмінієву плиту товщиною не менше 30 мм. Основна теплопередача оброблюваній тканині відбувається за перші 10 с за рахунок теплової енергії, що накопичилася в металічній плиті в міжцикловий період. Вплив електронагрівачів за цей час не має істотного значення;

- виходячи із сказаного вище, є сенс відмовитися від електрошнурів живлення нагрівачів, тому що він створює деякі незручності при користуванні праскою і може бути небезпечним при пошкодженні його ізоляції. Енергія може бути накопичена в достатній кількості при встановленні праски на підставку в неробочий період через втичні контакти;

- співвідношення між енергією, що споживає праска від мережі живлення і корисної енергії, що витрачається на обробку виробів, тобто коефіцієнт корисної дії праски, не перевищує 20...30 %. Для зменшення витрат в оточуюче середовище потрібно неробочі поверхні праски теплоізулювати і у міжцикловий період встановлювати праску на теплоізульовану підставку. Зовнішні поверхні праски і підставки повинні бути теплоізульовані у відповідності із загальнопромисловими нормами: щоб їх температура в усталеному тепловому режимі не перевищувала 60...70 град. С;

- для підвищення якості автоматичного регулювання температури робочої поверхні праски і підвищення надійності роботи регулятора, його бажано розмістити у підставці, де буде невисока температура, при цьому чутливий елемент регулятора повинен безпосередньо дотикатися до робочої поверхні і сприймати її дійсну температуру (рис. 6).

Враховуючи, що праски - це найбільш масовий вид обладнання для теплової обробки швейних виробів, випуск запропонованих тут конструкцій буде мати велике значення для економічності, безпеки і підвищення якості теплової обробки швейних виробів.

В додатках викладена методика визначення коефіцієнта Пельтьє, що дозволяє коригувати значення додаткових теплових впливів на робочий кінець термопари, запропонований метод і пристрій для вимірювання низькотемпературних полів робочих середовищ обладнання, що застосовується в шкіряній галузі і виготовленні хімічних волокон, приведені програми для ЕОМ, акти впровадження і копії патентів.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ І РЕЗУЛЬТАТИ РОБОТИ

Проведені аналітичні і експериментальні дослідження виявили шляхи подальшого удосконалення обладнання для теплової і волого-теплової обробки на основі комплексної автоматизації виконання різних операцій. Найбільш перспективним напрямом є автоматичне керування багатоступеневими циклограмами за допомогою багатофункціональних сенсорів і засобів вимірювання, вбудованих в обладнання. Це дозволяє суворо дотримуватися технологічного регламенту обробки. Для удосконалення методів і засобів контролю і керування обладнанням доцільно використовувати результати, одержані в цій роботі.

1. Автоматизацію обладнання теплової і волого-теплової обробки виробів, виходячи з циклограм роботи і критерія економічних затрат, доцільно проводити на базі багатофункціонального сенсора, чутливим елементом якого є попередньо підігрітий або охолоджений робочий кінець термопари. Спеціально розроблені і захищені патентами алгоритмічні методи і схемні рішення пристроїв, що основані на додаткових теплофізичних впливах на термопару, дозволяють виключити вплив теплоти Джоуля в термоелектродах і теплових втрат на результат вимірювання, який визначається теплотою Пельтьє у робочому кінці термопари.

2. Розроблені і випробувані додаткові впливи адитивного і мультиплікативного характеру для визначення і ліквідації похибок термопар, що деградують в несприятливому оточуваному середовищі. Це дозволило без демонтажу сенсорів з діючого обладнання значно

підвищити ресурс їх надійної роботи, що приносить значний технічний і економічний ефект.

3. Розроблена апаратура для вимірювання теплових потоків, основана на диференційних термопарах. Підвищення точності вимірювання тут досягнуто також методами компенсації похибок шляхом додаткового нагрівання і охолодження робочих кінців термопар періодичним перемиканням полярності струму, що пропускається через термопару.

4. Розроблена апаратура для вимірювання швидкості, витрат, вологості, ступеню розрідження потоків робочих середовищ в обладнанні для волого-теплової обробки за визначенням тепловіддачі робочого кінця термопари з компенсацією впливових неінформативних факторів також за рахунок додаткових впливів на робочий кінець термопари.

5. Розроблені амплітудно-фазові методи вимірювання температуропровідності капілярно-пористих і полімерних матеріалів, оснований на зондуванні їх температурними хвилями змінної частоти, або на прийманні хвиль фіксованої частоти сенсором, що зміщується по поверхні матеріалу до досягнення заданої різниці фаз. Це дає можливість оперативного контролювати теплозахисні властивості різних матеріалів.

6. Розроблена апаратура для контролю температурного поля по площі робочих органів обладнання для теплової обробки, що використовує термопарну сітку. Досліджені температурні поля прасок двох конструкцій у трьох режимах роботи, що показали незадовільні їх статичні і динамічні характеристики: великий розкид температури в статичному режимі і значне падіння температури робочої поверхні в процесі волого-теплової обробки.

7. На основі проведених досліджень вироблені основні напрямки удосконалення найбільш розповсюдженого обладнання: швейних пресів і прасок. Для пресів рекомендується циклограма обробки виробів трьома робочими середовищами і добра теплоізоляція нагрітих поверхонь, а для прасок запропонована конструкція з теплоізолюваною підставкою, відсутність електрошнура живлення і розміщення автоматичного регулятора температури в підставці. Як показали дослідження такої конструкції промислової праски, енергоємність її зменшується більш ніж у два рази, значно підвищується якість регулювання температури робочої поверхні і надійність роботи терморегулятора, а також забезпечується безпе-

ка роботи з такою праскою.

Основні досягнення роботи і її рекомендації впроваджені у виробництво, нині ведуться переговори про початок випуску промислових прасок рекомендованої конструкції.

Основний зміст дисертації викладено в наступних наукових працях:

1. Березненко М. П., Скрипник Ю. О., Хімичева Г. І. Термоелектричні термометри та їх метрологічне забезпечення. - К.: ІСДО. 1994. - 204 с.
2. Гондюл В. П., Головка Д. Б., Скрипник Ю. О., Хімичева Г. І. та інш. Термоелектричні прилади контролю. - К.: Либідь. 1994. - 200 с.
3. Скрипник Ю. О., Присенко М. О., Хімичева Г. І. Автоматичні терморезистивні перетворювачі фізичних величин. - К.: ІСДО. 1994. - 132 с.
4. Скрипник Ю. А., Кондрашов С. И., Химичева А. И. Методы поверки термоэлектрических термометров // Измер. техника. 1992. № 12. С. 34-40.
5. Скрипник Ю. А., Химичева А. И. Многоточечный контроль неравномерности температурных полей // Измер. техника. 1993. № 3. - С. 50-52.
6. Скрипник Ю. А., Химичева А. И. Точные измерения температуры деградирующей термопарой // Измер. техника. 1994. № 11. С. 43-45.
7. Скрипник Ю. А., Химичева А. И. Термоэлектрический термометр криогенных температур на основе тепловой трубы // Измер. техника. 1995. № 4. С. 45-47.
8. Скрипник Ю. А., Химичева А. И. Многоточечная система контроля температурного поля // Метрология. 1995. № 8. - С. 22-34.
9. Березненко Н. П., Галкин Л. А., Глазков Л. А., Химичева А. И. Метод контроля температурного поля влажных материалов. // Изв. вузов: Технол. легкой пром-сти. 1991. № 6. - С. 14-20.
10. Скрипник Ю. А., Химичева А. И., Юрчик Г. В. Термоэлектрические измерители разности температур // Изв. вузов. Технол. легкой пром-сти. 1992. № 5/6. - С. 96-103.
11. Пат. № 1776350 СССР, МКИ G01N25118. Способ измерения коэффициента температуропроводности и устройство для его осуществ-

- вления / Скрипник Ю. А., Химичева А. И., Глазков Л. А. // Открытия. Изобрет. - 1992. - N 42.
12. Пат. N 2010191 Россия, МКИ G0/K15/00. Способ определения погрешностей термоэлектрических термометров / Скрипник Ю. А., Скрипник В. И., Химичева А. И. и др. // Открытия. Изобрет. - 1994. - N 6.
13. Пат. N 2011979 Россия, МКИ G01N25/32. Способ определения коэффициента теплообмена термоэлектрических датчиков / Скрипник Ю. А., Химичева А. И., Кондрашов С. И. и др. // Открытия. Изобрет. - 1994. - N 8.
14. Пат. 2014590 Россия, МКИ G01N25/26. Способ контроля влажности газовых сред и устройство для его осуществления / Скрипник Ю. А., Химичева А. И., Юрчик Г. В. и др. // Открытия. Изобрет. - 1994. - N 11.
15. Полож. решение ВНИИГПЭ по заявке N 5059096/10/039200 от 18.08.92. Способ определения давления газа и устройство для его осуществления / Березненко Н. П., Скрипник Ю. А., Химичева А. И.
16. Полож. решение по заявке N 5063675125/043991 от 29.09.92. Устройство для измерения коэффициента температуропроводности материалов / Скрипник Ю. А., Химичева А. И.
17. Скрипник Ю. А., Химичева А. И., Кондрашов С. И. и др. Система для поверки термоэлектрических термометров в динамическом режиме // Вестник Харьковского политехнического института N 14/93 / Электроэнергетика и автоматизация энергоустановок. - 1993. Вып. 18. - С. 103-106.
18. Головки Д. Б., Скрипник Ю. А., Химичева А. И. Повышение точности средств измерения на основе магнитоуправляемых труб. // Материалы 4-ого национального симпозиума по магнитным измерениям, Борков, Польша 12-14 октября 1994 г. - Борков. 1994. - С. 59-65.
19. Дифференциально-нулевые приборы измерения теплового сопротивления капиллярно-пористых материалов / Скрипник Ю. А., Черноморченко В. К., Химичева А. И. и др.: Гос. академия легк. пром-ти Украины. - К., 1994. - 19 с. Рус. - Деп. в ГНТБ Украины 25.08.94, N 1756 - Ук 94.
20. Скрипник Ю. О., Химичева Г. І., Юрчик Г. В. Метод визначення коефіцієнта Пельтьє. // Вимірювальна техніка та метрологія. 1995. Вып. 51/95. - С. 32-36.
21. Скрипник Ю. О., Дубровний В. О., Санніков В. Ю., Химичева Г. І. /та інш. Удосконалення цифрових термоелектричних термометрів.

- Сборник научных статей. Информационные материалы. -К.: ГАЛПУ. 1995. - С. 191-197.
22. Химичева А. И. Методы многоточечного контроля температурных полей ВТО швейных изделий. // Тез. доп. наукової конф. молодих вчених та студентів. Частина перша, 26-28 квітня 1994 р. - К.: ДАЛПУ. 1994. - С. 10-11.
23. Химичева А. И. Многофункциональный термоэлектрический измеритель параметров влажно-тепловой обработки. // Тез. докл. III Междунар. научно-техн. конф. " Контроль і управління в технічних системах " . 18-20 вересня 1995 р. - С. 324-326.
24. Хімичева Г. І. Апаратура для контролю параметрів теплової обробки виробів багатофункціональними термоелектричними сенсорами. // Тез. доп. наукової конф. молодих вчених та студентів. 18-19 квітня 1996 р. - К.: ДАЛПУ. 1996. - С. 45-47.

A. I. Khimicheva. The development of technical means for improving of equipment for heat treatment of light industry products.

The theses for scientific degree - Candidate of technical sciences - Machines and apparatuses of light industry (speciality N 05.19.09). The State Light Industry Academy of Ukraine, Kiev, 1996.

The results of theoretical and experimental researches of heat treatment operation modes, conducted with the help of multifunctional thermocouple sensors. The generalized heat model of multifunctional thermocouple sensors with additional emission (absorption) of Peltre heat in the working point of thermocouple was developed. The increase of pre-cision and sensitivity to different technological parameters of heat treatment is obtained by using the design-time excess. The ways of equipment for heat treatment were determinated.

Химичева А. И. Разработка технических средств для совершенствования оборудования тепловой обработки изделий легкой промышленности.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.19.09 - Машины и агрегаты легкой промышленности. Гос. академия легк. пром-сти Украины, Киев, 1996.

Зашипаються результати теоретических и експериментальних исследований с помощью многофункциональных термоэлектрических сенсоров. Розробтана обобщенная тепловая модель многофункционального термоэлектрического сенсора с дополнительным выделением (поглощением) теплоты Пельтье в рабочем конце термопары. Повышение точности и восприимчивости к различным технологическим параметрам тепловой обработки достигается применением структурно-временной избыточности. Определены пути усовершенствования оборудования для тепловой обработки.

Ключові слова: теплове обладнання, багатофункціональний сенсор, підігрівна термопара, теплота Пельтьє, теплофізичний вплив, температурне поле, вологість, розрідження, робоче середовище, гріюча поверхня.

УДК 62-50
УДК 62-50
УДК 62-50
УДК 62-50

ИЗДАНИЕ

ИЗДАНИЕ

ВОПРОСЫ ОБЪЕКТНОСТИ В СЛУЖБЕ
ИНТЕГРАЛЬНЫХ ДАННЫХ

ИЗДАНИЕ

ИЗДАНИЕ

ИЗДАНИЕ

ИЗДАНИЕ

ИЗДАНИЕ

438416

AB 35.550
AB 35.550

Бесплатно

Зам. 906