

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

Інститут технічної теплофізики

На правах рукопису

ГЛУЗДАНЬ Андрій Олексійович


**ДАВАЧІ ПАРАМЕТРІВ ТЕПЛОМАСООБМІНУ
В ІЗОЛЯЦІЇ ТРУБОПРОВОДІВ**

спеціальність 05.11.04 - прилади та методи вимірювання теплових величин

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

дисертації на здобуття вченого ступеня

кандидата технічних наук



Київ - 1996



AB 35.042

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Українському державному університеті харчових технологій

Науковий керівник:

доктор технічних наук, професор

В.Г. Федоров

Науковий консультант:

кандидат технічних наук, доцент

В.М. Пахомов

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук,

старший науковий співробітник

В.М. Тарасевич

кандидат технічних наук

старший науковий співробітник

Г.М. Коваль

Провідний заклад: Інститут проблем енергозбереження НАН України

Захист відбудеться "18" 06 1996 р. о 13³⁰ год.

на засіданні спеціалізованої ради К 50.04.03 у Інституті технічної теплофізики НАН України за адресою: 252057, Київ - 57, вул. Желябова, 2а.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці ПТФ НАН України

Автореферат розісланий " " _____ 1996 р.

Вчений секретар

спеціалізованої ради

доктор технічних наук



Г.Р. Кудрицький

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ.

Актуальність теми. Безперервне збільшення будівництва трубопроводів із тепло- чи холодоносіями вимагає підвищення уваги до стану їх теплової ізоляції, особливо із впровадженням безканального прокладання теплових мереж - це дозволяє на 30-40% знизити капітальні витрати на їх спорудження, але збільшує ризик зволоження ізоляції та зростання тепловтрат через неї. Особливої ваги ця проблема набуває на Україні, де важкий стан паливно-енергетичного господарства потребує суттєвого підвищення рівня теплозбереження.

Проблема погіршення теплоізоляційних властивостей під час експлуатації будь-яких трубопроводів не вирішується із впровадженням нових ізоляційних матеріалів типу органічних пінопластів і ретельної гідрота пароізоляції. Зволоження ізоляції дає різке збільшення теплових втрат, а якщо воно супроводжується фазовими перетвореннями пари на воду та води на лід, то призводить ще й до механічних руйнувань ізоляції.

Отже, теплоперенос в ізоляції пов'язаний та в значній мірі залежить від масообміну, тому стандартні методи визначення теплових потоків та теплофізичних характеристик (ТФХ) не можуть задовольнити метрологічним вимогам, наприклад, застосування "поясів Шмідта" на зволоженій ізоляції дає зовелику помилку за рахунок гальмування масообміну.

Ступінь дослідженості тематики дисертації. Методи визначення параметрів тепломасообміну в ізоляції трубопроводів мають бути локальними, експресними та без відбирання проб на лабораторний аналіз. Такі методи можна створити на базі теплотрії - галузі теплофізики та метрології, успіхи якої у вирішуванні широкого кола наукових та практичних питань за останні 40 років в значній мірі визначаються працями О.А.Герашенко і В.Г.Федорова у м.Києві. Практика відокремленого визначення кондуктивної, конвективної та променистої компонент теплопереносу теплотричними засобами призвела до можливості визначення ще й масообмінної компоненти. В.Г.Федоров створив основи теплотрії харчових виробництв, додавши ще густину потоку маси, якщо у місці закладки давача має місце фазовий перехід вологи. В.М.Пахомов вдосконалив теорію тепломасопереносу у вологих структурах та вказав на можливість поєднати методи теплотрії та тепловологісної рівноваги пористих тіл. Дисертація автора є складовою частиною рішення актуальної

проблеми "Тепловологометрія ізоляційних конструкцій" і результатом розробки, обґрунтування, градування і впровадження давачів тепломасообміну у зволоженій ізоляції трубопроводів.

Мета та задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є створення давачів густини потоків теплоти, вологовмісту та потенціалу вологості, ефективних теплофізичних характеристик зволоженої ізоляції трубопроводів з тепло- чи холодоносіями.

Для реалізації цієї мети перед автором були поставлені задачі:

- вивчити процеси тепломасопереносу у зволоженій ізоляції трубопроводів та їх математичні моделі;

- провести аналіз наявних методів та приладів тепловологісних випробувань цих об'єктів;

- розробити математичні основи вимірювання основних параметрів тепломасопереносу в циліндричних об'єктах;

- розробити давачі вологовмісту та потенціалу вологості циліндричних ізоляційних конструкцій;

- вдосконалити теплотеметричний метод визначення ефективних теплофізичних характеристик вологої ізоляції;

- впровадити розроблені методи та давачі у наукову та виробничу практику дослідження і контролю тепломасообміну в ізоляції теплотрас та холодопроводів.

Методи та об'єкти досліджень. При розробці основ вимірювання потенціалів, потоків та теплофізичних характеристик використовувалися методи математичної фізики, при рішенні задач метрології та обробці результатів випробувань давачів - статистичні методи. Усі давачі та прилади розроблено на принципах теплотеметрії. Їх впровадження було реалізовано на лабораторних установках та натурних тепло- і холодопроводах із зволоженою ізоляцією.

Наукова новизна. В роботі обґрунтовано та розроблено метод вимірювання густини теплового потоку плоским давачем у циліндричному температурному полі та способи теплотеметричного визначення полів вологовмісту і потенціалу вологості в ізоляції трубопроводів; вдосконалено метод визначення ефективних теплофізичних характеристик ізоляції.

Практична значущість роботи полягає в тому, що нові давачі можна використовувати не лише для циліндричних об'єктів, але й при наявності більш складних полів температур та вологості ізоляції.

Реалізація результатів відбулася при лабораторних дослідженнях тепломасообміну в умовах циліндричних полів потенціалів та при

виробничих випробуваннях теплотрас та холодопроводів, а також при комплексному дослідженні основних ТФХ вологих ізоляційних матеріалів.

Наукові положення, що їх автор виносить на захист:

1. Для теплометричних випробувань циліндричних об'єктів можна використовувати плоскі давачі із заданою похибкою вимірювань.

2. Використання пористих матеріалів для допоміжної стінки комбінованих теплометричних елементів дає можливість визначати вологовміст та потенціал вологості ізоляції трубопроводів.

Особистий внесок автора полягає у аналізі сучасних методів випробувань ізоляції трубопроводів на теплозахисні властивості, розробці математичної моделі тепломасопереносу у зволоженій ізоляції, конструюванні та градуюванні давачів теплових та масообмінних параметрів, розробці методик їх застосування, участі у лабораторних та промислових випробуваннях давачів.

Апробація роботи. Основні положення роботи були предметом доповідей та обговорення на загальносоюзних нараді-семінарі "Новейшие исследования в области теплофизических свойств" (Тамбов, 1988), конференції "Метрологическое обеспечение теплофизических измерений при низких температурах" (Хабаровск, 1988), конференції "Моделирование систем автоматизированного проектирования, автоматизированных систем научных исследований и гибких автоматизированных производств" (Тамбов, 1989), Всеукраїнській науково-технічній конференції "Розробка та впровадження прогресивних технологій та обладнання у харчову та переробну промисловість" (Київ, 1995), наукових конференціях КТІХП-УДУХТ.

Публікації. По матеріалах дисертації є 14 наукових публікацій, в тому числі 5 описів винаходів.

Обсяг та структура роботи. Дисертація складається із вступу, чотирьох глав, висновків, бібліографії та додатків. Основний матеріал викладено на 109 стор. машинописного тексту, ілюстрованого 68 рисунками. Бібліографія містить 121 найменування вітчизняних та закордонних авторів.

ЗМІСТ ПРАЦІ.

У в с т у п і обгрунтована актуальність теми дисертації, сформульовано мету та задачі дослідження. Наведені нові наукові

результати та основні наукові положення, що їх автор виносить на захист. Показана практична значущість роботи, результати її впровадження у наукову та промислову практику.

У першій главі проведено аналіз процесів тепломасопереносу у зволоженій ізоляції трубопроводів тепло- та холодотрас, обґрунтована необхідність розробки давачів основних параметрів цих процесів на базі методів теплотермії та тепломасотермії.

Розглянуто сучасні матеріали теплової ізоляції трубопроводів, способи прокладання теплотрас, особливості монтажу ізоляційних конструкцій. Показано, що навіть у матеріалах із замкненими порами під час експлуатації трубопроводів виникає масоперенос, що призводить до поступового зволоження ізоляції та її руйнування. Наведено рекомендації що до використання найбільш перспективних ізоляційних матеріалів, розробки технічних норм на виготовлення та експлуатацію ізольованих тепло- та холодопроводів.

Проведено огляд механізмів тепломасопереносу у зволоженій ізоляції трубопроводів за різних умов їх експлуатації, показано, що у виборі параметрів (потенціалів, потоків, теплофізичних характеристик), методик до визначення цих параметрів, а також давачів для реалізації цих методик існує значна розбіжність.

Зроблено аналіз існуючих математичних моделей тепломасопереносу у зволоженій ізоляції, за найбільш об'єктивну визнано модель А.Ф.Чудновського у безрозмірній формі, з урахуванням чисел подібності Фур'є, Коссовича, Поснова та Ликова. Потенціали перенесення в цій моделі є фізично обґрунтовані, за певних обмежень числа Ликова можна розглядати процеси перенесення теплоти та вологи незалежно одне від одного, що спрощує модель та шляхи її рішення.

Якщо давачі основного потенціалу переносу теплоти - температури - є добре розробленими, то навіть для найбільш розповсюджених потенціалів переносу вологи - вологовмісту або вологості - немає достовірних та зручних давачів за умов дослідження зволоженої ізоляції. Що ж до потенціалу вологості, то його можна вимірювати лише відбираючи досить велику пробу матеріалу. Приблизно такий самий стан є у справі з давачами потоків теплоти та вологи - якщо перші можна вважати достатньо розробленими у зв'язку з успіхами теплотермії, то других практично немає.

Аналіз публікацій з методів та приладів вимірювання ефективних ТФХ зволених ізоляційних матеріалів показав, що найбільш придатними

та точними є методи, які базуються на прямому визначенні густини теплового потоку та температури на поверхнях плоского чи циліндричного зразку або шарі ізоляційної конструкції. Зміст першої глави дозволить обґрунтувати тему дисертації та сформулювати задачі дослідження.

Д р у г а г л а в а присвячена теоретичним розробкам з обґрунтуванням методів визначення основних параметрів тепломасообміну теплотермометричними засобами. Розроблено математичну модель процесів перенесення у зволоженої ізоляції як відкритій термодинамічній системі. Показана можливість розглядання переносу теплоти та вологи в ізоляції як незв'язаних процесів.

За потенціали переносу слід брати термодинамічну температуру та потенціал вологості, обидва їх треба вимірювати контактним способом. Запропоновано та обґрунтовано два способи вимірювання потенціалу вологості на базі визначення густини теплового потоку через шар ізоляції та градієнту температури на ньому.

Обґрунтовано можливість вимірювання густини теплового потоку у тілах із криволінійними температурними полями за допомогою плоских давачів з використанням коригуючого коефіцієнту, який однозначно зв'язує істинну $q_{i\text{ см}}$ та вимірювану $q_{\text{вим}}$ густину теплового потоку:

$$q_{i\text{ см}} = k_R q_{\text{вим}} = k_R k_q e_q = \left(1 + \frac{H^2}{3R^2}\right) k_q e_q \quad (1).$$

Одержано та підтверджено експериментом формулу залежності k_R від геометричних параметрів зразка та давача: R - радіусу точки розміщення давача та H - півширини давача.

Створено теоретичні основи визначення основних ТФХ ізоляції трубопроводів засобами теплотермометрії. Рішення задачі лінійного зв'язку між факторами та параметрами тепломасопереносу для циліндричного зразка з радіусами R_1 та R_2 дало формули для визначення в квазістаціонарному режимі коефіцієнту теплопровідності

$$\lambda = \frac{1}{t_1 - t_2} \left[\frac{1}{2} (q_2 R_2 - q_1 R_1) + (q_1 R_2 - q_2 R_1) \frac{R_1 R_2}{R_2^2 - R_1^2} \ln \frac{R_2}{R_1} \right] \quad (2),$$

та об'ємної теплоємності

$$c_p = \frac{2(R_2 q_2 - R_1 q_1)}{(R_2^2 - R_1^2) u} \quad (3).$$

У формулах (2) та (3) t_1, t_2 та q_1, q_2 - температура та густина теплового потоку на поверхнях зразка із радіусами R_1 та R_2 ; $u = \frac{dt}{dt}$ - швидкість зміни

середньооб'ємної температури. Одержано формули для визначення середньооб'ємної температури зразка та температури віднесення ТФХ.

Достовірність формул (2) та (3) перевірено рішенням нелінійної задачі для того ж теплового режиму. Порівняння цих рішень підтвердило обґрунтованість вихідних позицій та результатів. На базі цих рішень запропоновано спосіб вимірювання ефективних ТФХ, що визнано винаходом.

У третій главі наведено результати конструювання давачів параметрів тепломасообміну та засобів їх метрологічного забезпечення.

Як базові елементи для давачів теплового потоку, температури та градієнту температур взято решітчасті тепломіри розробки кафедри теплотехніки УДУХТ, та мідь-константанові термопари. Градування базових елементів провадили стандартними методами, що є прийнятими у теплотермометрії. Незалежне градування було проведено у Сибірському науково-дослідному інституті метрології.

Теоретична схема тепловологоміра, що дає можливість вимірювати густину теплового потоку, теплопровідність, вологість або вологовміст, а також потенціал вологості, та складається із тепломіра та градієнтоміра, виявилась також реальною конструкцією. Але оскільки сигнал градієнтоміра був малим порівняно із сигналом тепломіра, довелося розробити ґратковий та сорбційний тепловологоміри (метод та конструкцію визнано винаходом).

ґратковий тепловологомір складається із тепломірної та вологомірної секцій, що мають загальний корпус та встановлюються по одній ізотермі у зразку (рис.1). Тепломірна секція - то звичайний решітчастий тепломір, теплопровідність якого підібрана рівною середній теплопровідності ізоляції.

Вологомірна секція має ґратки - ребра, в яких вмонтовано тепломірні стрічки, а простір між ребрами заповнює ізоляційний матеріал. Сигнал послідовно з'єднаних ребер є пропорційним густині теплового потоку через заповнювач за рахунок "стягування" ліній току ребрами, бо λ_p (ребра) значно більше за λ_i (ізоляції). Міра цього стягування залежить від висоти та товщини ребра, а якщо їх зафіксувати - то лише від λ_p/λ_i . Оскільки λ_p для конкретної конструкції не змінюється, лишається λ_i , а разом з нею - шукані вологість W_i або потенціал вологості θ .

В роботі одержано формулу для відносної градувальної характеристики тепловологоміра

$$k = \frac{k_a}{k_B} = a' + \frac{b'}{2} \left(1 + \frac{\delta_T \lambda_i}{\delta_i \lambda_T} \right) \quad (4).$$

Тут k_g - градувальна характеристика тепловоломіра по густині теплового потоку через вологомірну секцію, а k_B - умовний робочий коефіцієнт цієї секції; $a' = a/(a+b)$ - відносна ширина ребра; $b' = b/(a+b)$ - відносна ширина щілини ґратки (ізоляційного матеріалу); δ_T та δ_i - товщини тепломірної та вологомірної секцій.

Ця формула дає можливість оптимізувати конструкцію ґраткового тепловоломіра по критерію максимальної чутливості щодо λ_i, W або θ .

Потреба у розробці нового тепловоломіра виникла у зв'язку із труднощами заповнення деякими з видів ізоляції щілин ґраткового пристрою так, щоб гарантувати незмінність її густини, а отже й ТФХ. У тепловоломірі із сорбуючим еталоном обидві секції мають заповнювачем еталонний матеріал із чіткою залежністю між λ, W та потенціалом вологості θ , а також із великою сорбційною здатністю. Тепломірна секція з усіх боків вкривається щільною гідроізоляцією, вологомірна секція після розміщення давача у шарі досліджуваної ізоляції швидко приходиться із нею у тепловолісну рівновагу, зміна вологості еталону W_e призводить до зміни його λ_e , отже і $gradt$ на вологомірній секції.

Якщо у ґратковому тепловоломірі вологість цієї секції та потенціал дорівнювали вологості та потенціалу ізоляції, тепер лише потенціали їх однакові, між W_e та W_i маємо однозначний зв'язок

$$\frac{W_i(1-W_e)}{W_e(1-W_i)} = \frac{c_{mi}}{c_{me}} \quad (5).$$

Вологоємність c_m капілярно-пористих тіл, як і їх теплоємність c -табульовані характеристики, і тут для користування останнім тепловоломіром, як давачем потенціалу вологості, немає перешкод.

Метрологічне забезпечення тепловоломірів здійснювали теоретичним та дослідним шляхом. Встановлений однозначний зв'язок між W_i, θ , та сигналами секцій давача. Для градування пристроїв використовували термостатовані камери плоского ТФХ-приладу, між якими розміщували касету із зразком. Ця касета була спеціально розроблена для введення в зразок розрахункової кількості води та рівномірного розподілу її по зразку (визнана як винахід). На рис. 2 наведено результати градування ґраткового тепловоломіра у вигляді функціонального зв'язку вологості та потенціалу вологості мілкового кварцевого піску θ із градувальною характеристикою давача по тепловому потоку k_g .

Досліджений діапазон $\theta = 50 \dots 650^\circ\text{M}$ відповідає вологості піску W_i майже від нуля до 15%, тобто є досить широким для практичного використання.

Давачі із різними сорбційними еталонами градуювалися на тій самій установці також із кварцевим піском мілких фракцій. Момент досягнення вологісної рівноваги між еталонем та ізоляцією контролювався за сигналом вологомірної секції - він ставав практично постійним, як і сигнали тепломірної секції (вона була заклеєна епоксидним компаундом), термопар та тепломірів ТФХ-установки. На рис.3 наведені результати у вигляді залежності відношення електричних сигналів вологомірної та тепломірної секцій e_B/e_T від W_i для давачів з еталонами з гіпсу 1 та целюлози 2. Знов зв'язок є досить чітким, що підтверджує теоретичні основи та працездатність тепловологомірів.

В цій главі наведено також конструкції вдосконалених та нових пристроїв для реалізації способів визначення ефективних ТФХ ізоляційних матеріалів у плоскому та циліндричному зразках (новизна цих способів підтверджена авторськими свідоцтвами на винаходи). Для метрологічного забезпечення ТФХ-пристроїв з циліндричним зразком розроблено поняття баластних опорів R_{IB} та баластних теплоємностей P_{IB} , а також методику їх визначення та одержано розрахункові формули

$$R_{IB} = \frac{2(t_2 - t_1)}{q_1 R_1 + q_2 R_2} - \frac{1}{\lambda_M} \ln \frac{R_2}{R_1} \quad (6)$$

$$P_{IB} = \frac{2(q_1 R_1 - q_2 R_2)}{u} - (cp)_M (R_2^2 - R_1^2) \quad (7).$$

В цих формулах λ_M та $(cp)_M$ - теплопровідність та об'ємна теплоємність досліджуваного матеріалу. Вимірювання цих баластів складає основу градуювання ТФХ-пристроїв, яке проводили методом еталонних матеріалів з добре відомими ТФХ.

У ч е т в е р т і й г л а в і розроблено методики випробувань ізоляції на теплозахисні властивості шляхом вимірювання та аналізу інформації що до основних параметрів тепломасопереносу - температури, густини теплового потоку, вологості та потенціалу вологості. Наведено також результати використання давачів цих параметрів для наукових та промислових досліджень ізоляції трубопроводів. Експериментально підтверджена метрологічна вірогідність вимірювання параметрів плоскими

давачами у циліндричному температурному полі, зроблено практичні рекомендації по зниженню систематичної похибки вимірювань.

Ефективні ТФХ сипких та спінених матеріалів визначали на лабораторних ТФХ-пристроях та на макеті ізолюваного трубопроводу. На рис.4 та 5 показано результати дослідження ТФХ пінопласту ППУ із густиною сухого скелету 60 кг/м^3 . Точками подані наші дані, отримані на ТФХ-пристроях та на макеті ділянки трубопроводу, ізолюваного цим пінопластом. Лініями показано узагальнені літературні дані, які підтвержують наші результати.

Наведено результати конструкторських та технологічних розробок по оснащенню давачами тепломасопереносу дослідних об'єктів - лабораторних та промислових макетів, а також ділянок промислових теплотрас. Випробування промислового макету проводили з метою вивчення процесу зволоження, старіння та втрати теплозахисних властивостей ізоляції із ППУ безканалльної теплотраси при її експлуатації в жорстких умовах знакозмінних температурних режимів та механічної дії навколишнього мерзлого ґрунту. Характер розподілу теплопровідності та вологості виявився різним для верхньої та нижньої частин ізоляційної конструкції внаслідок різного тиску льоду ззовні на ізоляцію.

Інтегральна вологість ізоляції W_i зростає практично лінійно в залежності від кількості циклів заморожування-відтавання N

$$W_i = 1,27N + 2,31 \% \quad (8).$$

Випробування натурального трубопроводу, по якому подається від котельні споживачу гаряча вода, проводили на трасі безканалльного прокладання м.Тюмень. Теплотраса побудована у вигляді поодинокі труби діаметром 108/100 мм, закопаної в ґрунт на глибину 1,2 м та засипаної тим же сушісчаним ґрунтом. Труба має антикорозійне покриття із склотканини на бітумній мастиці. Теплоізоляція зроблена із заливного пінопласту ППУ, вкритого гідроізоляційною плівкою ПВХ. Для оснащення труби вимірювальною апаратурою вирізали з ізоляції напівшкаралупи, прорізували в них щілини, розміщували давачі, щілини заклеювали смолою ППУ та встановлювали шкаралупи на попереднє місце.

Розподіл температури та густини теплового потоку по товщі та по колу ізоляції в період після місяця випробувань, узагальнений за результатами вимірювань на двох ділянках траси, показано на рис.6. Вологовміст за час вимірювань почав зростати в зовнішньому шарі ізоляції, особливо зверху (очевидно, за рахунок більших коливань лідно-водних навантажень та більших градієнтів температури), що в подальшому

привело до значного накопичування вологи та початку руйнування структури пінопласту.

Таким чином, використання нових датчиків при випробуванні ізоляції теплоізоляції дає якісно нову інформацію, що дозволяє вивчати тепломасообмін ізоляції з навколишнім ґрунтом, приймати рішення по усуненню недоліків в конструкціях ізоляції, підвищувати її теплозахисні можливості та строк експлуатації з метою тепло- та матеріалозбереження.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ.

1. Доведено, що для сучасних випробувань ізоляції трубопроводів з метою підвищення її теплозберігаючих властивостей потрібно вимірювати в товщі ізоляції та по колу навкруг неї не тільки температуру, а і густину теплового потоку, теплопровідність, вологість (вологоміст) та потенціал вологості. Всі ці параметри тепломасопереносу можна вимірювати локально в часі та просторі за допомогою методів тепломасометрії, що базуються на малогабаритних термоелектричних датчиках теплового потоку.

2. Встановлено та обґрунтовано, що для теплометричних випробувань циліндричних об'єктів можна використовувати плоскі датчики із заданою похибкою вимірювань.

3. Уперше запропоновано, реалізовано та метрологічно забезпечено використання пористих матеріалів для комбінованої допоміжної стінки теплометричних елементів з метою визначати локальну вологість або вологоміст та потенціал вологості ізоляції трубопроводів.

4. Математично обґрунтовано та експериментально перевірено, що використання двох датчиків теплового потоку та температури в шарі ізоляційного матеріалу, рознесених на його протилежні поверхні дозволяє безперервно контролювати теплопровідність та теплоємність цього матеріалу, як його теплозахисні властивості. Розроблено методики та пристрої вимірювання ТФХ ізоляційних матеріалів.

5. Проведено лабораторні та промислові випробування ізоляційних конструкцій за допомогою тепломасометричних датчиків, отримано якісно нову інформацію локально без відбору проб про стан та тепломасообмін ізоляції, що дозволяє автоматизувати і комп'ютеризувати самі випробування, організувати диспетчерський контроль зволоження і руйнування ізоляції як однієї з причин корозії і руйнування трубопроводу.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ ОПУБЛІКОВАНО У РОБОТАХ:

1. Ковалев А.В., Теличкун В.И., Дудко С.Д., Пахомов В.Н., Глуздань А.А. Устройство для измерения составляющих теплового потока и температуры излучающей поверхности // Информ. листок о научно-техн. достижениях, №89-012, К., : УкрНИИТИ, 1989., 4. с.
2. Пахомов В.Н., Ковалев А.В., Теличкун В.И., Глуздань А.А., Федорова О.В. Установка для комплексного определения теплофизических характеристик влажных материалов// Информ. листок о научно-техн. достижениях №89-154, К., : УкрНИИТИ, 1989., 4. с.
3. Пахомов В.Н., Глуздань А.А., Ковалев А.В., Федорова О.В. Теплометрическое определение локального влагосодержания материалов // Проблемы энергосбережения, вып.2, К., : Наукова думка, 1989, с.76-79.
4. Пахомов В.Н., Федоров В.Г., Глуздань А.А., Иванов В.Е. Теплометрический контроль теплозащитных свойств ограждающих и изоляционных конструкций // Проблемы энергосбережения, вып.3, К., : Наукова думка, 1990, с.33-35.
5. Мазуренко А.Г., Иванов В.Е., Пахомов В.Н., Федоров В.Г., Коломиец Д.П., Глуздань А.А. Способ определения теплофизических характеристик // А.с. СССР № 1406469. Бюл. №24, 1988.
6. Иванов В.Е., Пахомов В.Н., Глуздань А.А., Федоров В.Г. Способ комплексного определения теплофизических характеристик // А.с. СССР № 1430846. Бюл. №38, 1988.
7. Шаповаленко О.И., Бондарчук В.Г., Глуздань А.А., Пахомов В.Н., Федоров В.Г. Способ определения теплофизических характеристик влажных материалов // А.с. СССР № 1492252. Бюл. №25, 1989.
8. Шаповаленко О.И., Бондарчук В.Г., Глуздань А.А., Пахомов В.Н., Федоров В.Г. Кассета для образца для теплофизических испытаний влажных материалов // А.с. СССР № 1516925. Бюл. №39, 1989.
9. Ковальов А.В., Пахомов В.Н., Теличкун В.И., Дудко С.Д., Глуздань А.А., Федорова О.В. Способ определения влажности капиллярно-пористых материалов в процессе теплообмена//А.с. СССР № 1578616. Бюл. №26, 1990.
10. Глуздань А.А., Иванов В.Е., Пахомов В.Н. Определение теплофизических характеристик материалов в регулярном режиме первого рода // Тез. докл. IX Всесоюзной теплофизической школы "Новейшие исследования в области теплофизических свойств", Тамбов, 1988, с.79.

11. Глуздань А.А., Пахомов В.Н., Пить В.И. Исследование теплофизических характеристик теплового и влажностного режима теплоизоляции трубопроводов//Там же, с.110-111.

12. Пить В.И., Пахомов В.Н., Глуздань А.А. Тепловлажностные испытания теплоизоляционных конструкций трубопроводов // Тез. докл. Всесоюзн. научно-техн. конференции "Метрологическое обеспечение теплофизических измерений при низких температурах", ч.1, Хабаровск : ЦНТИ, 1988 ., с. 66.

13. Глуздань А.А., Пахомов В.Н., Пить В.И. Моделирование процессов теплообмена в изоляции теплотрасс // Тез. докл. Всесоюзной конференции "Моделирование систем автоматизированного проектирования, автоматизированных систем, научных исследований и гибких автоматизированных производств", Тамбов, 1989, с.138.

14. Марценко В.П., Глуздань А.О., Виноградов-Салтиков В.О., Пахомов В.М., Федоров В.Г. Проблемы теплоизоляційного захисту теплотрас // Тези доповідей Всеукраїнської науково-технічної конференції "Розробка та впровадження прогресивних технологій та обладнання у харчову та переробну промисловість", Київ, УДУХТ, 1995, с.438.

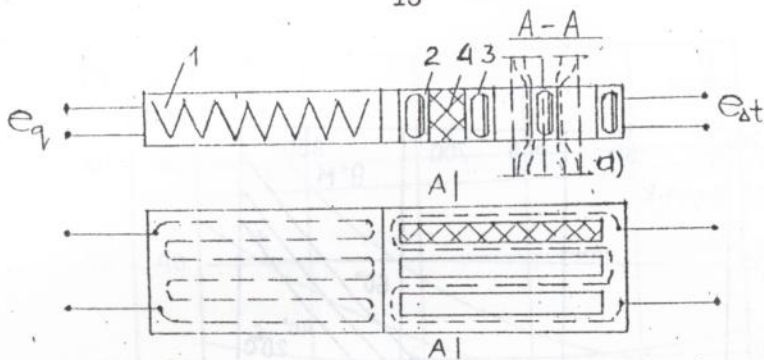


Рис.1. Схема ґраткового тепловологоміра: 1-тепломірна секція; 2-вологомірна секція; 3-ребро ґратки; 4-комірка вологомірної секції.

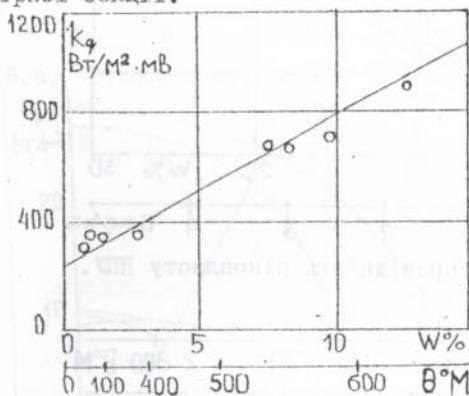


Рис.2. Експериментальна ґрадувальна характеристика ґраткового тепловологоміра для кварцевого піску.

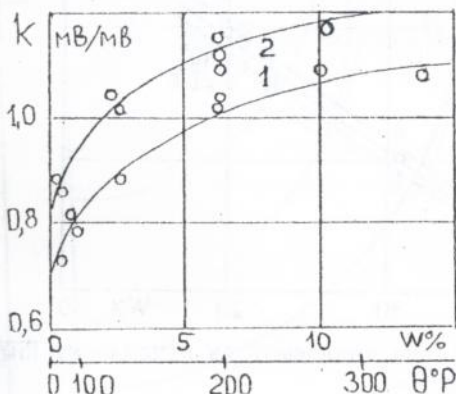


Рис.3. Експериментальна ґрадувальна характеристика сорбційного тепловологоміра для кварцевого піску з секціями: 1-із гіпсу; 2-із целюлози.

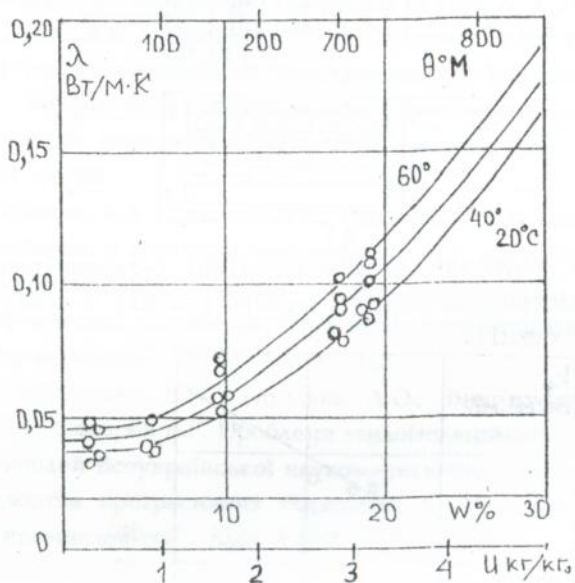


Рис. 4. Теплопровідність пінопласту ППУ.

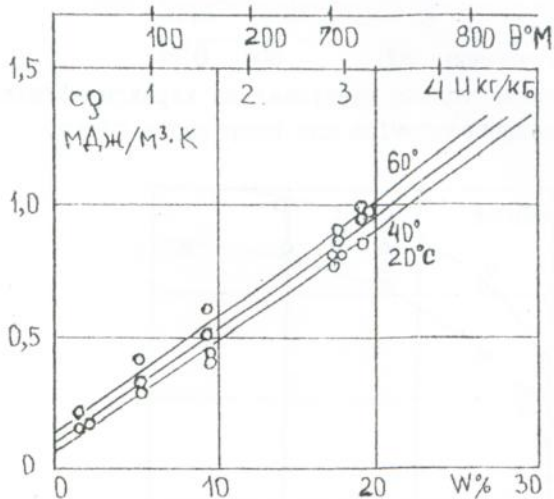


Рис. 5. Об'ємна теплоємність пінопласту ППУ.

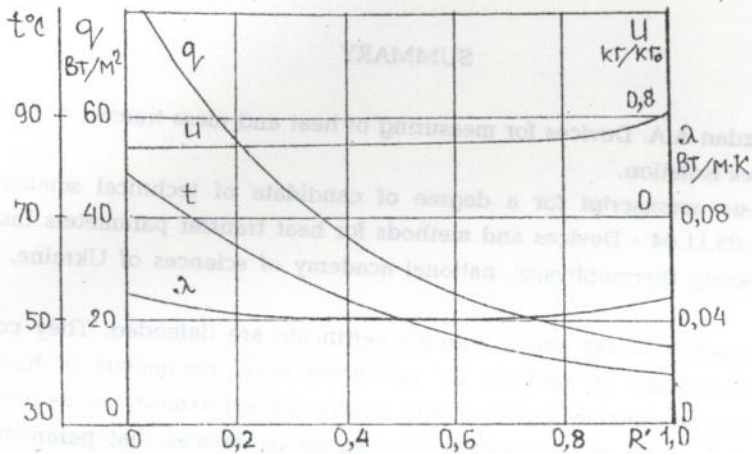


Рис. 6.а. Розподіл параметрів по товщі ізоляції в промисловому об'єкті.

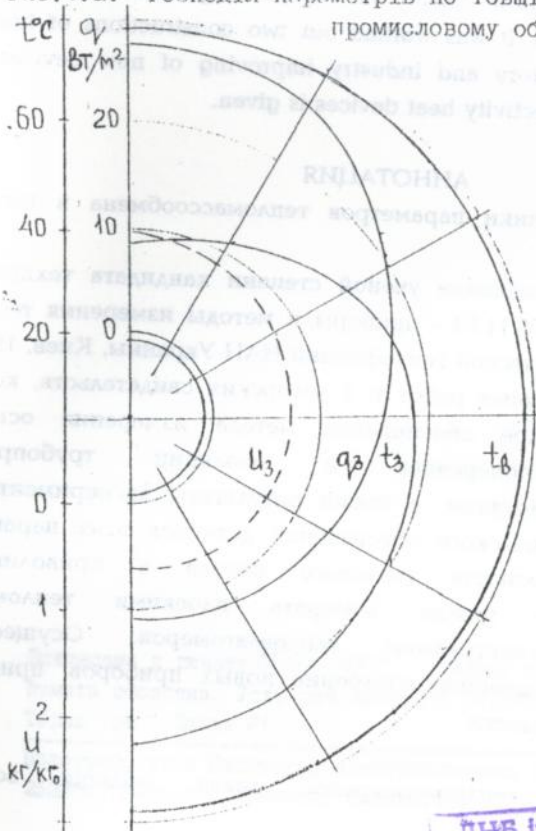


Рис. 6.б. Розподіл параметрів по колу ізоляції в промисловому об'єкті.

SUMMARY

Gluzdan A.A. Devices for measuring of heat and mass transfer parameters in pipelines isolation.

Thesis manuscript for a degree of candidate of technical sciences on speciality 05.11.04 - Devices and methods for heat transfer parameters. Institute of engineering thermophysics, national academy of sciences of Ukraine, Kiev, 1996.

9 scientific works and 5 author's certificate are defended. They contain theoretical grounds of methods for measuring basic parameters of heat and mass transfer in pipelines isolation with means of heatfluxmetry, so as results of experimental works and metrological provision of devices that parameters. It was ascertained, that heatflow density in curved temperature fields may be measured with flat devices. It was worked out two constructions of heat and water flux meters. Laboratory and industry improving of new devices were realized, information of effectivity heat devices is given.

АННОТАЦІЯ

Глуздань А.А. Датчики параметрів тепломасообміну в ізоляції трубопроводів.

Дисертація на соискание ученої ступені кандидата технічних наук по спеціальності 05.11.04 - прилади і методи вимірювання теплових величин. Інститут технічної теплофізики НАН України, Київ, 1996.

Захищається 9 наукових робіт і 5 авторських свідчень, які містять теоретичне обґрунтування методу вимірювання основних параметрів тепломасопереносу в ізоляції трубопроводів теплотеметричними засобами, а також результати експериментальної розробки і метрологічного забезпечення датчиків цих параметрів. Установлено, що щільність теплового потоку в криволінійних температурних полях можна вимірювати плоскими тепломерами, розроблені дві конструкції тепловлагомерів. Осуществлено лабораторне і промислове впровадження нових приладів, приводяться дані об їх ефективності.

Ключові слова: тепломасоперенос, давач, ізоляція, вологість, градування.

Подписано к печати 12.05. 96 г. Формат 60x84/16
Бумага офсетная. Усл.-печ. лист. 4,0. Уч.-изд. лист 1,0.
Тираж 100. Заказ 71.

Полиграф. уч-к Института электродинамики НАН Украины
252057, Киев-57, проспект Победы, 56.

Abstracts of the results of work on the measurement of the parameters of the...
 in the...
 in the...
 in the...

These... in a... of... of technical sciences on...
 on... of... Institute of... of Ukraine, Kiev, 1986.

The... and... are... They contain...
 of heat and... so as results of...
 It... that parameters. It...
 fields may be... of heat and...
 devices were...
 ...

Abstracts of the results of work on the measurement of the parameters of the...
 in the...
 in the...

These... in a... of... of technical sciences on...
 on... Institute of... of Ukraine, Kiev, 1986.

The... and... are... They contain...
 of heat and... so as results of...
 It... that parameters. It...
 fields may be... of heat and...
 devices were...
 ...