



ISSN 2520-6524

УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ
ЕКСПЕРТИЗИ ТА ІНФОРМАЦІЇ

■ НАУКА ■ ТЕХНОЛОГІЇ ■ ІННОВАЦІЇ

science • technologies • innovations



НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

№2 (2)/2017

УДК 681.330.888

О.Й. Рішан, канд. техн. наук, доцент

А.С. Гура, магістрант

РОЗРОБКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ ТА СПОСОБУ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ПРИСТРОЮ КОНТРОЛЮ ШИРИНИ СТРІЧКИ У ПОВІТРІ

Резюме. У статті наведені результати розробки та дослідження способу підвищення точності вимірювань при реалізації ультразвукового тінювого методу в пристрої контролю ширини стрічкових напівфабрикатів у повітрі. Особливістю використання тінювого методу в повітрі є неізольованість акустичних зон первинних вимірювальних перетворювачів ширини (ПВПШ) пристрою від навколишнього середовища і відповідно вплив цього середовища на зони вимірювання, який проявляється в зміні інтенсивності ультразвукових коливань на вимірювальних приймачах при постійній ширині стрічки і, відповідно, зміні вихідних сигналів приймачів і збільшенні похибки вимірювання. Оцінено додаткові складові похибки: випадкова похибка флуктуації, яка виникає при зміні швидкості повітряних потоків (турбулентність) в акустичній зоні вимірювання положення краю стрічки та похибка від впливу зміни температури в акустичній зоні вимірювання. Для зменшення додаткових складових основної похибки вимірювання при тінювому методі розроблений спосіб їх компенсації, що реалізується в ПВПШ пристрою за допомогою додаткового приймача коригування, який розташований поряд із вимірювальним приймачем і в одній площині з ним, але не перекривається краєм стрічки, і введенням сигналу цього додаткового приймача в ланцюг від'ємного зворотного зв'язку регулювання напруги живлення пакета випромінювачів, завдяки чому цей сигнал підтримується незмінним і рівним заданому.

Ключові слова: ультразвуковий тінювий метод вимірювання ширини стрічки у повітрі, неізольованість акустичних зон вимірювання від навколишнього середовища, додаткові складові основної похибки вимірювання, приймач коригування.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Для вимірювання ширини стрічкових напівфабрикатів у повітрі, які можуть бути або оптично прозорими, або легко піддаватись деформуванню, наприклад, листи для пакування виро-

бів у харчовій промисловості тощо, досліджено ультразвуковий тінювий диференціальний метод [1].

Головною умовою реалізації такого методу є необхідність великої різниці між акустичними

опорами повітря та напівфабрикату. Ця умова виконується через різницю між акустичними опорами повітря та пакувального листа (відрізняються майже на три порядки) і дає можливість отримати чітку тінь від краю пакувального листа на приймачі [4].

Ще однією умовою реалізації такого тінювого методу є створення у повітрі рівнорозподіленого за інтенсивністю ультразвукового променя на певній довжині, який перекриває край пакувального листа. Для її дотримання використана залежність для тиску $P_{\text{ш}}$ на відстані H , яку утворює лінійна група ультразвукових випромінювачів, що знаходиться у жорсткому екрані з випромінюванням у півпростір по нормалі до їх поверхні [1] і яка після перетворення може бути надана у наступному вигляді:

$$P_{\text{ш}} = \frac{\rho C \cdot m \cdot Q}{2\lambda H} = P_{\text{ош}} \frac{S_c}{2\lambda H} = P_{\text{ош}} \frac{m \cdot L_{\text{ш0}} \cdot L_{\text{п}}}{2\lambda H} = P_{\text{ош}} \frac{L_{\text{п}}}{2\lambda H} L_{\text{ш}}, \quad (1)$$

де ρC — акустичний опір середовища; $\lambda = C/F_H$ — довжина ультразвукової хвилі частотою F_H ; m — кількість випромінювачів, які утворюють лінійну групу; $P_{\text{ош}}$ — тиск, який розвиває у своїй поверхні один випромінювач у групі; $Q = S \cdot V$ — об'ємна швидкість джерела ультразвукових коливань, що характеризує здатність випромінювача до утворення акустичного поля; S — площа одного випромінювача в групі; $S_c = m \cdot S$ — загальна площа, що утворює лінійну групу; $V = P_{\text{ош}}/\rho C$ — коливальна швидкість на поверхні одного випромінювача в групі; $L_{\text{ш0}}$ — розмір одиночного випромінювача в напрямку зміщення краю стрічки; $L_{\text{ш}}$ — розмір пакета випромінювачів у напрямку зміщення краю стрічки; $L_{\text{п}}$ — розмір одиночного випромінювача в напрямку руху стрічки, що контролюється по ширині; а $L_{\text{ш0}} \cdot m \cdot L_{\text{п}} = L_{\text{ш0}} \cdot L_{\text{п}} = S_c$; C — швидкість поширення звуку в повітрі.

Аналіз конструктивного виконання первинного вимірювального перетворювача ширини (ПВПШ) по залежності (1) вказує на доцільність використання в ньому також прямокутного вимірювального приймача, розподіленого по довжині перекриття ультразвукового променя краєм стрічки. Останнє дає можливість при використанні багатообмоткового вихідного трансформатора живлення випромінювача змінювати напругу живлення окремого випромінювача впливати на інтенсивність розподіленого по довжині загального ультразвукового променя, чим досягається за необхідності лінеаризація вихідного аналогового сигналу ПВПШ. Одночасно залежність (1) дозволяє визначити також амплітуду напруги $U_{\text{ш}}$ на виході приймача,

що вимірює цей тиск на відстані H від поверхні випромінювача з урахуванням величини перекриття X його ультразвукового променя:

$$U_{\text{ш}} = K_{\text{пш}} P_{\text{ош}} \frac{S_c}{2\lambda H} \left(1 - \frac{X}{L_{\text{ш}}}\right), \quad (2)$$

де $K_{\text{пш}} = \partial U_{\text{ш}} / \partial X = -P_{\text{ош}} S_c / 2\lambda H$ — чутливість приймача; X — зміщення краю стрічки, що викликає перекриття ультразвукового променя пакета випромінювачів.

Сигнал приймача досягає максимального значення при $X=0$, а мінімального — при повному перекритті параметра $L_{\text{ш}}$ пакета випромінювачів, тобто при $X=L_{\text{ш}}$. Так параметр $L_{\text{ш}}$ визначає діапазон вимірювання положення краю стрічки і повинен визначатись із умови:

$$L_{\text{ш}} \geq 2|X| + 2|\Delta B_{\text{ш}}|, \quad (3)$$

де $\pm X$ — можливе відхилення краю стрічки від вихідного положення, що викликається зміною ширини стрічки; $\pm \Delta B_{\text{ш}}$ — зміщення вісі стрічки відносно вихідного положення при незмінній її ширині.

За залежністю (2) створена структурна схема ультразвукового пристрою контролю ширини стрічки у повітрі, приведена на **рис. 1**, яка реалізує диференціальний метод вимірювання. Пристрій складається із двох акустичних вузлів і кожна з яких являє собою жорстко скріплені та направлені назустріч пакет випромінювачів 8 та приймачів 9. При цьому стрічка 15 знаходиться між випромінювачами 8 та приймачами 9 кожної зони, а її лівий і правий край перекривають ультразвукові промені між ними. Пристрій здійснює контроль положення і лівого, і правого краю стрічки, що дозволяє реалізувати диференціальний метод вимірювання [1]. На **рис. 1** показано тільки один акустичний

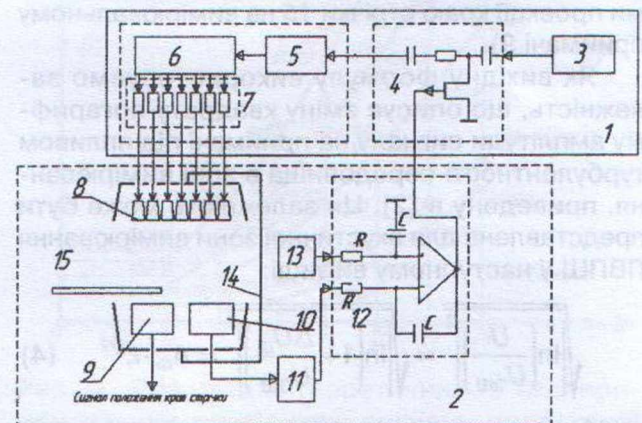


Рис. 1. Структурна схема реалізації способу компенсації збурень на ПВПШ

вузол 14 ПВПШ для контролю, наприклад, правого краю контрольованої по ширині стрічки 15. Акустичний вузол контролю другого краю стрічки ідентичний наведеному. Пристрій контролює відхилення ширини стрічки від заданого номінального значення, яке виставляється на кронштейн-лінійці пропорційним зміщенням акустичних вузлів у протилежних напрямках (на рис. 1 не показано).

Однією із особливостей такої реалізації тінювого методу контролю стрічки в повітрі є незольованість обох акустичних зон вимірювання від навколишнього середовища і відповідно вплив цього середовища (зміни швидкості повітряних потоків, температури, вологості) на зони вимірювання, який проявляється в зміні інтенсивності ультразвукових коливань на вимірювальних приймачах при постійній ширині стрічки і, відповідно, зміні вихідних сигналів приймачів та збільшенні похибки вимірювання [2].

Мета статті — розробка способу зниження додаткових похибок від впливу навколишнього середовища на результати вимірювань при ультразвуковому тінювому методі та розробка структурної схеми пристрою, що реалізує такий спосіб.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Основною і суттєвою складовою похибки при ультразвуковому тінювому методі контролю ширини є випадкова похибка флуктуації Δ_Φ , яка виникає при зміні швидкості повітряних потоків (турбулентності) в акустичній зоні вимірювання положення краю стрічки (вплив явища акустичного "федінгу") [3].

Оцінимо теоретично розподіл похибки флуктуації залежно від ступеня відкриття вимірювального приймача: від стану його повного перекриття краєм стрічки до стану його повного відкриття (відстань L між крайніми положеннями проекції краю стрічки 15 на вимірювальному приймачі 9).

Як вихідну формулу використовуємо залежність, що описує зміну квадрату логарифму амплітуди сигналу на приймачі під впливом турбулентності середовища в зоні вимірювання, приведену в [2]. Ця залежність може бути представлена для акустичної зони вимірювання ПВПШ у наступному вигляді:

$$\sqrt{\ln\left(\frac{U}{U_{0\text{ш}}}\right)^2} = \sqrt{\ln\left(1 + \frac{\Delta U_{\text{ш}}}{U_{0\text{ш}}}\right)^2} = A_\Phi \cdot L^{3/2}, \quad (4)$$

де U — плинне значення амплітуди сигналу на вимірювальному приймачі 7; $U_{0\text{ш}}$ — значення амплітуди сигналу приймача 9 за відсутності турбулентності в зоні вимірювання; L — від-

стань між положенням проекції краю стрічки на вимірювальному приймачі і зоною, де здійснена стабілізація сигналу на приймачі коригування; $\Delta U_{\text{ш}}$ — відхилення сигналу вимірювального приймача від значення $U_{0\text{ш}}$, викликане турбулентністю.

$$A_\Phi = 2,3 \frac{A_\Phi^1}{C \cdot K^{7/6} \cdot \lambda^{7/6}},$$

де C — швидкість звуку в зоні вимірювання; λ — довжина хвилі; K — хвильове число.

При постійній частоті випромінювання коефіцієнт A_Φ в цілому визначається характеристикою турбулентності A_Φ^1 .

Враховуючи, що

$$\sqrt{\ln\left(1 + \frac{\Delta U_{\text{ш}}}{U_{0\text{ш}}}\right)^2} = \frac{\sum_{i=1}^n \ln\left(1 + \frac{\Delta U_{\text{ш}_i}}{U_{0\text{ш}}}\right)^2}{n}, \quad (5)$$

в межі при $n \rightarrow \infty$ (при великій кількості вимірювань для знаходження середнього), можемо записати:

$$\sqrt{\ln\left(1 + \frac{\Delta U_{\text{ш}}}{U_{0\text{ш}}}\right)^2} \cong \sqrt{\ln(1 + \gamma_{SL\Phi})^2} = A_\Phi L^{3/2}, \quad (6)$$

де $\gamma_{SL\Phi}$ — додаткова випадкова відносна похибка від флуктуації сигналу на вимірювальному приймачі.

Із залежності (6) визначаємо значення цієї похибки:

$$\gamma_{SL\Phi} = e^{A_\Phi L^{3/2}} - 1. \quad (7)$$

Ступінь зростання функції по залежності (9) визначається в першу чергу значенням коефіцієнта A_Φ , що залежить від умов, в яких проводяться вимірювання, тобто швидкості V_Φ повітряних потоків у зоні вимірювання.

Оскільки відстань між випромінювачами та приймачем при тінювому методі становить десятки міліметрів, то (за аналогією з [3; 4]) через відносно малий об'єм акустичної зони вимірювання вплив обох факторів на зону вимірювання ПВПШ в першому наближенні можна розглядати однорідним і одночасним по всьому об'єму зони вимірювання.

Додаткову похибку від зміни температури в акустичній зоні вимірювання можемо оцінити, якщо візьмемо частинну похідну по зміні температури для амплітудного значення сигналу ПВПШ (залежність (2), яка в цьому випадку є формулою зв'язку). При цьому у формулу (2) попередньо підставлено значення довжини випромінюваної хвилі від швидкості C_0 розповсюдження ультразвуку в повітрі при його температурі 0°C , частоти F_B його випромінювання

і температури t_x^o в акустичній зоні вимірювання [2]:

$$\begin{aligned}\Delta_{L_{\text{ш}}}(t_x^o) &= \frac{\partial U_{\text{ш}}(x, t_x^o)}{\partial t_x^o} \Delta t_x^o = \\ &= \frac{\partial}{\partial t_x^o} \left[K_{\text{пш}} \frac{P_{\text{ош}} \cdot S_c \cdot F_B}{2H(C_o + 0,6t_x^o)} \left(1 - \frac{X}{L_{\text{ш}}} \right) \right] \Delta t_x^o = \\ &= - \left[0,3 K_{\text{пш}} \frac{P_{\text{ош}} \cdot S_c \cdot F_B}{H(C_o + 0,6t_x^o)^2} \left(1 - \frac{X}{L_{\text{ш}}} \right) \right] \Delta t_x^o. \quad (8)\end{aligned}$$

З метою компенсації обох похибок розроблено та досліджено спосіб, при якому через зміну інтенсивності випромінених коливань компенсується вплив розглянутих факторів у зоні, яка не використовується безпосередньо при вимірюванні, але знаходиться поряд з зоною вимірювання.

Спосіб реалізується в ПВПШ за допомогою додаткового приймача коригування, який розташований поряд із вимірювальним приймачем і в одній площині з ним, але не перекривається краєм стрічки, і введенням сигналу цього додаткового приймача в ланцюг від'ємного зворотного зв'язку регулювання напруги живлення пакета випромінювачів, завдяки чому цей сигнал підтримується незмінним і рівним заданому.

Структурна схема пристрою контролю ширини стрічки, який реалізує спосіб компенсації збурень, приведена на **рис. 1**. Пристрій вміщує ультразвуковий генератор (УЗГ) 1 та ПВПШ 2. Напруга збудження з виходу генератора-задавача 3 частотою, яка відповідає резонансній частоті ультразвукових перетворювачів акустичної зони вимірювання, через схему 4 автоматичного регулювання підсилення (АРП) надходить у підсилювач за потужністю 5, який оснащений багатообмотковим вихідним трансформатором 6. Кожна із обмоток трансформатора 6 живить окремий п'єзоелемент пакета випромінювачів 8 ПВПШ. У зоні вимірювання між пакетом випромінювачів 8 і вимірювальним приймачем 9 ПВПШ утворюється рівномірно розподілений за інтенсивністю ультразвуковий промінь, який перекривається краєм стрічки 15. Аналоговий сигнал на виході приймача 9 відповідає залежності (4). За необхідності цей сигнал лінеаризується зміною напруги живлення окремого випромінювача у пакеті 8 зміною в його ланцюгу додаткового опору 7. Дестабілізуючі фактори, які призводять до варіації інтенсивності I_x акустичного поля в зоні вимірювального приймача 9, одночасно діють на інтенсивність ультразвукового поля в зоні приймача 10 корекції. Сигнал коригування приймача 10, підсилений та випрямлений у прецизійному підсилювачі 11 корекції, підтримується незмінним

за рахунок його ввімкнення в ланцюг від'ємного зворотного зв'язку регулювання напруги збудження пакета випромінювачів 8. Стабілізація сигналу на приймачі 10 приводить (одночасно зі стабілізацією ультразвукових коливань у його зоні від дії турбулентності) до зниження варіації інтенсивності цих коливань у зоні вимірювання, де розташований вимірювальний приймач 9.

Необхідний астабілізм у систему регулювання напруги живлення випромінювачів 8 і підтримування інтенсивності ультразвукового поля незмінним на приймачі 10 вносить подвійний інтегратор 12, який є одночасно елементом порівняння сигналу підсилювача 11 корекції (цей сигнал пропорційний інтенсивності акустичного поля в зоні приймача 11 корекції), і сигналу задавача 13 цієї інтенсивності. Вихідний сигнал подвійного інтегратора 12 змінює коефіцієнт передачі схеми 4 АРП УЗГ 1, чим підтримується незмінним сигнал приймача корекції 11.

Особливістю розглянутого способу компенсації впливу збурень на зону вимірювання є просторове зміщення зони безпосередньої компенсації збурень і зони вимірювання, аби усунути вплив процесу вимірювання на канал компенсації збурень. Останнє через природний градієнт інтенсивності від збурення, рівний $\partial I / \partial x$, обмежує ступінь компенсації збурення в зоні вимірювання. А величина варіації інтенсивності на відстані Δx , що не компенсована, приблизно дорівнює: $\Delta I_x = (\partial I / \partial x) \Delta x$.

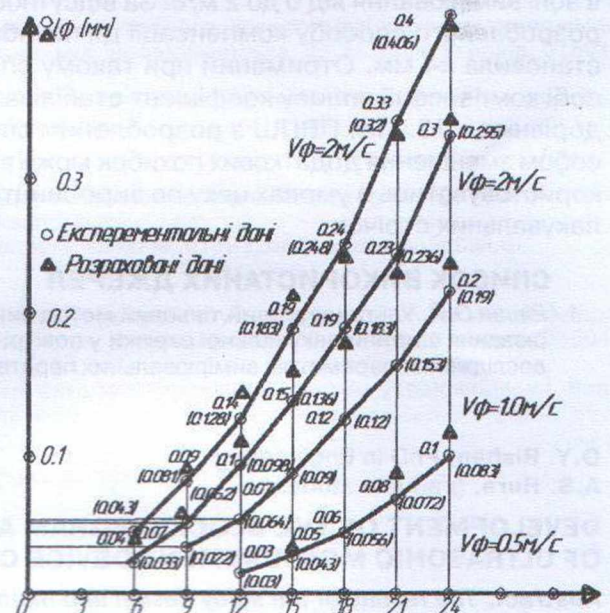


Рис. 2. Результати теоретичних та експериментальних досліджень значень додаткової абсолютної похибки ПВПШ при різних значеннях швидкості повітряних потоків у зоні вимірювання

Залежність коефіцієнта A_Φ в функції від швидкості V_Φ , яка приводить до флуктуації сигналу вимірювального приймача, має вигляд:

$$A_\Phi = K_\Phi \cdot V_\Phi, \quad (9)$$

де $K_\Phi = 1,5 \cdot 10^{-3}$ с/м — коефіцієнт пропорційності для ПВПШ.

Результати експериментальних і теоретичних досліджень значень додаткової абсолютної похибки ПВПШ за структурою, що приведена на рис. 1, при різних значеннях швидкості повітряних потоків у зоні вимірювання приведені на рис. 2.

ВИСНОВКИ

За структурною схемою розробленого способу зниження додаткових похибок при ультразвуковому тіньовому методі вимірювання ширини стрічки у повітрі досліджено пристрій, в якому в акустичній зоні вимірювання в якості випромінювачів і приймачів використані п'єзо-керамічні перетворювачі призматичного типу ТБК-3 на резонансну частоту 109,6 кГц (розмірами у нижньої основи призми $L_H = 10$ мм та $L_\Sigma = 50$ мм для приймача і $L_\Sigma = 25$ мм для випромінювача при числі $m=7$ випромінювачів у пакеті). Додаткова абсолютна похибка ПВПШ від флуктуації повітряних потоків у зоні вимірювання становить не більше $\pm 0,3$ мм при віддаленні краю стрічки від краю зони компенсації на відстань до 21 мм і зміні швидкості потоків повітря в зоні вимірювання від 0 до 2 м/с. За відсутності розробленого способу компенсації ця похибка становила ± 4 мм. Отриманий при такому способі компенсації вплив коефіцієнт стабілізації дорівнює $\approx 13 \dots 14$. ПВПШ з розробленим способом зменшення додаткових похибок може використовуватись в умовах цеху по виробництву пакувальних стрічок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Рішан О.Й. Ультразвуковий тіньовий метод вимірювання ширини пакувальної стрічки у повітрі та дослідження параметрів вимірювальних перетво-

рювачів для його реалізації / О.Й. Рішан, Я.В. Новачевський, В.С. Зайко // Науково-технічна інформація. — 2016. — № 2 (56). — С. 78–84.

2. Рішан О.Й. Забезпечення інваріантності ультразвукового інтерференційного рівнеміра на стоячій хвилі в системах нормалізації молока в ємностях / О.Й. Рішан, Ю.М. Бородкіна // Науково-технічна інформація. — 2013. — № 1 (55). — С. 78–84.
3. Рішан О.Й. Аналіз та розробка методу вимірювання рівня речовин в повітрі на просторових ультразвукових биттях / О.Й. Рішан // Автоматизація виробничих процесів. — 2006. — № 1 (22). — С. 10–13.
4. Рішан О.Й. Дослідження основних параметрів ультразвукових інтерференційних рівнемірів на стоячій хвилі / О.Й. Рішан, Ю.М. Бородкіна // Науково-технічна інформація. — 2011. — № 4. — С. 54–56.

REFERENCES

1. Rishan O.Y., Novachevskiy Ya.V., Zaiko V.S. (2016) Ultrazvukovy tinovy metod vymiryuvannya shyriny pakuvalnoi strichky u povitri ta doslidzhennia parametriv vymiryuvalnykh peretvoriuvachiv dlia yoho realizatsii [The ultrasonic shadow method of measuring the width of the packing tape in the air and research of parameters of measuring transducers for its realization]. Naukovo-tekhnichna informatsiia [Scientific and Technical Information], no. 2 (56), pp. 78–84.
2. Rishan O.Y., Borodkina Yu.M. (2013) Zabezpechennia invariantnosti ultrazvukovoho interferentsiinoho rivnemira na stoiachii khvyli v systemakh normalizatsii moloka v yemnostiakh [The ultrasonic shadow method of measuring the width of the packing tape in the air and research of parameters of measuring transducers for its realization]. Naukovo-tekhnichna informatsiia [Scientific and Technical Information], no. 1 (55), pp. 78–84.
3. Rishan O.Y. (2006) Analiz ta rozrobka metodu vymiryuvannya rivnia rehovyn v povitri na prostorovykh ultrazvukovykh byttiakh [Analysis and develop a method for measuring the level of substances in the air on a spatial ultrasonic beats]. Avtomatyzatsiia vyrobnychkh protsesiv [Automation of production processes], no. 1 (22), pp. 10–13.
4. Rishan O.Y., Borodkina Yu.M. (2011) Doslidzhennia osnovnykh parametriv ultrazvukovykh interferentsiinykh rivnemiriv na stoiachii khvyli [Study of the basic parameters of ultrasonic interference level gauges on the standing wave]. Naukovo-tekhnichna informatsiia [Scientific and Technical Information], no. 4, pp. 54–56.

O.Y. Rishan, PhD in Engineering
A.S. Hura, graduate student

DEVELOPMENT OF THE BLOCK DIAGRAM AND METHOD IMPROVE THE ACCURACY OF ULTRASONIC MEASUREMENT DEVICE CONTROLS THE WIDTH OF THE TAPE IN THE AIR

Abstract. The results of the study design and method of improving measurement accuracy in implementing the shadow ultrasonic method in width tape machines semis in the air. The feature of using the shadow method in the air is not isolated acoustic zones of primary measuring converters with (PVPSH) device from the environment and therefore the impact of the environment on the area of measurement, which appears to change the intensity of ultrasonic vibrations on the measuring receiver at a constant width tapes and correspondingly change the output signals of the receivers and increase measurement error. Estimated additional components of error: random fluctuation error that occurs when changing the speed of air flow (turbulence) in the area of acoustic measuring tape edge and position error from the effects of temperature changes in the area of acoustic measurements. To reduce

the additional components of basic error measurement method developed at the informal way of compensation, implemented in PVPSH device using an optional receiver adjustments, which is located next to the measuring receiver and in the same plane with him, but that does not overlap the edge of the tape, and the introduction of this additional receiver signal chain to negative feedback regulation voltage package radiators, so the signal is maintained constant and equal to the set.

Keywords: shadow ultrasonic method of measuring the width of the tape in the air, no acoustic isolation zones measurement of the environment, Additional components of the basic error of measurement, Receiver adjustment.

А.И. Ришан, канд. техн. наук

А.С. Гура, магистрант

РОЗРАБОТКА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ І СПОСОБА ПОВЫШЕННЯ ТОЧНОСТІ ІЗМЕРЕНІЙ УЛЬТРАЗВУКОВОГО УСТРОЙСТВА КОНТРОЛЯ ШИРИНИ ЛЕНТЫ В ВОЗДУХЕ

Резюме. В статье приведены результаты разработки и исследования способа повышения точности измерений при реализации ультразвукового теневого метода в устройстве контроля ширины ленточных полуфабрикатов в воздухе. Особенностью использования теневого метода в воздухе является неизоллированность акустических зон первичных измерительных преобразователей ширины (ПИПШ) устройства от окружающей среды и соответственно влияние этой среды на зоны измерения, которое проявляется в изменении интенсивности ультразвуковых колебаний на измерительных приемниках при постоянной ширине ленты и, соответственно, изменении выходных сигналов приемников и увеличении погрешности измерения. Оценены дополнительные составляющие погрешности: случайная погрешность флуктуации, которая возникает при изменении скорости воздушных потоков (турбулентность) в акустической зоне измерения положения края ленты и погрешность от влияния изменения температуры в акустической зоне измерения. Для уменьшения дополнительных составляющих основной погрешности измерения при теневом методе разработан способ их компенсации, реализуемой в ПИПШ устройства с помощью дополнительного приемника корректировки, который расположен рядом с измерительным приемником и в одной плоскости с ним, но не перекрывается краем ленты, и введением сигнала этого дополнительного приемника в цепь отрицательной обратной связи регулирования напряжения питания пакета излучателей, благодаря чему этот сигнал поддерживается неизменным и равным заданному.

Ключевые слова: ультразвуковой теневой метод измерения ширины ленты в воздухе, неизоллированность акустических зон измерения от окружающей среды, дополнительные составляющие основной погрешности измерения, приемник корректировки.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Ришан Олександр Йосипович — канд. техн. наук, доцент Національного університету харчових технологій, кафедра інтегрованих автоматизованих систем управління, вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01601; +38 (044) 546-59-08; rishan.aleksandr@gmail.com

Гура Анна Сергіївна — магістрант НУХТ, кафедра інтегрованих автоматизованих систем управління, вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01601; miss.gurochka@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Rishan O.Y. — PhD in Engineering, Associate Professor, National University of Food Technologies, 68, Volodymyrska Str., Kyiv, Ukraine, 01601; +38 (044) 546-59-08; rishan.aleksandr@gmail.com

Gura A.S. — graduate student, NUFT, 68, Volodymyrska Str., Kyiv, Ukraine, 01601; miss.gurochka@mail.ru

ІНФОРМАЦІЯ ОБ АВТОРАХ

Ришан А.И. — канд. техн. наук, доцент Национального университета пищевых технологий, кафедра интегрированных автоматизированных систем управления, ул. Владимирская, 68, г. Киев, Украина, 01601; +38 (044) 546-59-08; rishan.aleksandr@gmail.com

Гура А.С. — магистрант НУПТ, кафедра интегрированных автоматизированных систем управления, ул. Владимирская, 68, г. Киев, Украина, 01601; miss.gurochka@mail.ru

