

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ

КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦІЇ, РОБОТОТЕХНІКИ І МЕХАТРОНИКИ

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи магістра

на тему: «Дослідження та розробка безконтактної системи контролю та

керування перекосом утку в тканинах»

«Research and development of a non-contact system for monitoring and control of
weft bias in fabrics»

Виконав: студент 2 курсу, групи БА
спеціальність 151 – «Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології»

Матвеев В. С.

Керівник: к.т.н., доцент Поливода О.В.

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

Херсон – 2024 рік

Херсонський національний технічний університет
Факультет Інженерії та транспорту
Кафедра Автоматизації, робототехніки і мехатроніки
Ступінь вищої освіти магістр
Спеціальність 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ:
 Завідувач кафедри автоматизації,
 робототехніки і мехатроніки
 Дмитрієв Д.О.
 «__» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студенту
 Матвееву Віталію Сергійовичу

1. Тема проекту: Дослідження та розробка безконтактної системи контролю та керування перекосом утоку в тканинах
- керівник проекту: к.т.н., доцент Поливода О.В.
 затверджена наказом вищого навчального закладу від 30.08.2023 р. № 404-с
2. Строк подання студентом проекту «22» січня 2024 р.
3. Вихідні дані до проекту: Науково-технічна та довідкова література.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:
 1. Аналітичний огляд методів і засобів побудови систем контролю і управління перекосом утокових ниток.
 2. Теоретичні дослідження і розробка математичної моделі системи тканина-перетворювач.
 3. Перевірка адекватності математичної моделі.
 4. Експериментальні дослідження електричних анізотропних властивостей тканини.
 5. Розробка системи автоматичної правки утоку.
5. Перелік графічного матеріалу: 1. Загальне поняття про перекіс утоку.
 2. Методи і засоби виявлення і контролю перекоосу уточних ниток.
 3. Приклади датчиків перекоосу утоку. 4. Системи виправлення перекоосу утоку. 5. Статична характеристика щілинного датчика. 6. Розробка узагальненої моделі датчика лінійної деформації тканини. 7. Побудова теоретичних характеристик датчика перекоосу утоку. 8. Контактний датчик та експериментальна установка. 9. Експериментальні дані.
 10. Дослідження датчика перекоосу у лабораторних умовах.
 11. Система автоматичної правки утоку.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	Поливода О.В., к.т.н., доцент	30.08.2023	16.01.2024

7. Дата видачі завдання

«30» серпня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Підбір і огляд літератури	1.09.2023- 15.09.2023	
2	Аналітичний огляд методів і засобів побудови систем контролю і управління перекосом утокових ниток	16.09.2023- 30.09.2023	
3	Теоретичні дослідження і розробка математичної моделі системи тканина-перетворювач	01.10.2023- 15.10.2023	
4	Перевірка адекватності математичної моделі	16.10.2023- 30.10.2023	
5	Експериментальні дослідження електричних анізотропних властивостей тканини	01.11.2023- 30.11.2023	
6	Розробка системи автоматичної правки утоку	1.12.2023- 31.12.2023	
7	Оформлення ПЗ і графічного матеріалу	02.01.2024- 21.01.2024	

Студент

Матвеев В. С.

(підпис)

Керівник проекту

Поливода О.В.

(підпис)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра: 114 сторінок, 45 рисунків, 10 таблиць.

Кваліфікаційна робота магістра присвячена питанням розробки безконтактного датчика перекоосу утоку та створенню на його основі адаптивної системи правки утоку. В результаті аналітичного огляду існуючих датчиків перекоосу утоку зроблено висновок про те, що робота більшості відомих датчиків перекоосу утоку заснована на контролі симетрії анізотропних властивостей тканини. Вплив факторів, не пов'язаних зі структурою тканини, знижує чутливість датчика, а в деяких випадках призводить до повної втрати працездатності датчика. В результаті теоретичних досліджень, проведених у роботі, була розроблена узагальнена модель датчика лінійних деформацій тканини. Аналіз запропонованої моделі показав, що зв'язок між відгуками деформованої та недеформованої структури тканини визначається параметрами деформації тканини. За умови адекватності деформації анізотропної характеристики деформації структури, дана модель застосовна і для інших двовимірних об'єктів. З метою створення системи управління правильними валами було розроблено модель взаємодії тканини з правильними валами, яка враховує особливості тканини та устаткування, що діє. Розроблено оптимальну за швидкодією систему керування положенням утоку в тканині з адаптацією за параметрами тканини. Результати моделювання показали, що використання принципу максимуму Понтрягіна дозволяє більш ніж удвічі скоротити час регулювання.

ТКАНИНА, УТОК, ОСНОВА, АНІЗОТРОПІЯ, ДЕФОРМАЦІЯ,
ПЕРЕКІС, АДАПТАЦІЯ, ОПТИМІЗАЦІЯ

					<i>ХНТУ 151.КРМ.24.014 РФ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Реферат</i>	<i>Лім.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Матвеев В.С.</i>						5	114
<i>Перевір.</i>	<i>Поливоода О.В.</i>							
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>	<i>Поліщук В.М.</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Дмитрієв Д.О.</i>					<i>ХНТУ, зр. 6А</i>		

ABSTRACT

Master's qualification work: 114 pages, 45 drawings, 10 tables.

Master's qualification work is devoted to questions of development of the contactless sensor of a weft skew and creations on its basis of adaptive system of correcting a weft. Is demonstrated that the majority of known sensors of a weft skew supervise infringement of symmetry of anisotropy properties of a fabric connected with a weft skew. It is developed the generalised mathematical model of the sensor of linear deformations of a fabric, which establishes connection between the responses of the deformed and not deformed object of the supervising. The experimental researches have proved adequacy of deformations of the characteristic of electrical properties of a fabric to deformations of its structure. The model of interaction of the correct shaft with a is developed. The system of adaptive control of a weft skew with optimisation on speed is developed. The results of the work have found an industrial utility.

FABRIC, WEFT, WARP, ANISOTROPY, DEFORMATION, SKEW,
ADAPTATION, OPTIMISATION

					ХНТУ 151.КРМ.24.014 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ПОБУДОВИ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ І УПРАВЛІННЯ ПЕРЕКОСОМ УТОКОВИХ НИТОК	13
1.1 Аналіз існуючих датчиків перекоосу утоку.....	14
1.2. Аналіз існуючих пристроїв для усунення перекоосу утоку.....	25
1.3. Висновки до розділу 1 та постановка задачі дослідження.....	27
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ ТКАНИНА – ПЕРЕТВОРЮВАЧ	29
2.1 Методи побудови математичної моделі датчика перекоосу утоку	29
2.2 Спостереження лінійних деформацій тканини.....	35
2.3. Розробка узагальненої моделі датчика лінійної деформації тканини ..	38
2.4 Побудова характеристики датчика перекоосу утоку з використанням узагальненої моделі.....	45
2.5. Побудова теоретичних характеристик датчика перекоосу утоку.....	49
2.6. Висновки до розділу 2.....	51
3 ПЕРЕВІКА АДЕКВАТНОСТІ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ.....	53
3.1 Дослідження статичних характеристик датчика перекоосу уткових ниток	53
3.2 Дослідження впливу витяжки на показання датчика	62
3.3. Дослідження датчика з диференціальною схемою включення вимірювальних електродів.....	67
3.4. Висновки до розділу 3.....	70
4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ АНІЗОТРОПНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТКАНИНИ	71
4.1. Експериментальне дослідження анізотропії тканини	71
4.2. Дослідження електричної анізотропії сухої тканини.....	72
4.3. Дослідження електричної анізотропії вологої тканини	79

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ХНТУ 151.КРМ.24.014 ПЗ

Арк.

7

4.4. Дослідження датчика перекоосу у лабораторних умовах	83
4.5. Висновки до розділу 4.....	87
5 РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОЇ ПРАВКИ УТОКУ	89
5.1. Вплив механічних властивостей тканини на процес виправлення утоку.	89
5.2. Особливості виправлення тканини за допомогою правильного валу ..	91
5.3. Теоретична модель динаміки системи правильний вал – тканина	93
5.4. Моделювання системи вал - тканина-датчик.....	99
5.5. Розробка алгоритму ідентифікації та оптимального управління	102
5.6. Висновки до розділу 5.....	108
ВИСНОВКИ	110
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	112

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ХНТУ 151.КРМ.24.014 ПЗ

Арк.

8

ВСТУП

Актуальність теми. У текстильному виробництві однією з найпоширеніших вад тканини є перекіс утоку, що виникає при обробці тканин на вибілювальних, фарбувальних та оздоблювальних лініях через нерівномірне сушіння, перекіс і знос валів обладнання, неоднакову швидкість руху тканини на технологічних переходах.

Для усунення перекошу утоку існує низка правильних пристроїв, які управляються як вручну, і автоматично [1]. Економічна ефективність від впровадження систем автоматичного виправлення утоку залежить від продуктивності обладнання, виду оброблюваних тканин та організації виробництва. На лінії незмінної обробки фірми "Kyoto", наприклад, збільшення випуску продукції першого сорту при впровадженні системи автоматичного виправлення утоку становить не менше 1,3%, [2] що у перерахунку на річний випуск становить не менше 120 тис. метрів.

Відомі пристрої автоматичної редагування утоку забезпечують виправлення перекошу без переналаштування датчика перекошу тільки на певних групах артикулів тканин, а на деяких артикулах вони непрацездатні принципово. В умовах виробництва це призводить до додаткових витрат, пов'язаних як із зупинками на переналаштування датчиків та системи керування, так і зі зниженням сортності тканини.

Виходячи з вищесказаного, очевидна необхідність створення системи автоматичного виправлення утоку, здатної забезпечити високу якість виправлення перекошу незалежно від артикулу тканини, типу переплетення та складу ниток.

Створення системи автоматичного виправлення утоку вимагає вирішення наступних завдань:

1. Розробка датчика перекошу утокової нитки, здатного працювати на будь-яких артикулах тканини, незалежно від виду переплетення та складу ниток.

2. Розробка оптимальної системи управління існуючими правильними полями з мінімальним часом усунення перекосу.

Завдання посилюється ще й тим, що сигнал перекосу може залежати від інших показників тканини, не пов'язаних із перекосом. Сюди можна віднести витяжку, вологість, забарвлення, щільність та інших. Тому для побудови оптимального первинного перетворювача потрібні знання механізму явищ, які у системі вплив – тканина – перетворювач. Отже, необхідно сформуванати загальний теоретичний підхід, що базується на прояві основних фізичних властивостей тканини як об'єкта контролю за кожним показником окремо і з урахуванням їх взаємного впливу.

Виконання зазначених вимог можливе лише за наявності математичної моделі системи, яка дозволить шляхом її деформації за показниками розкрити механізм взаємодії та встановити необхідні кількісні співвідношення.

Проблема керування правильними пристроями полягає в тому, що тканина, як об'єкт управління, є нестационарною, з великим часом запізнення об'єктом. Зміна артикулів тканини призводить до зміни динамічних властивостей системи редагування утоку, що викликає необхідність адаптації управління за параметрами тканини.

Мета та завдання дослідження: основна мета роботи – створення безконтактної системи контролю та управління перекосом утоку, працездатної на тканинах усіх видів.

Для досягнення поставленої мети вирішено такі завдання:

- на основі теоретичних досліджень узагальненої моделі датчика показано, що зв'язок між відгуками деформованої та недеформованої структури тканини визначається лише параметрами деформації;
- вирішено питання роздільної спостережливості параметрів деформації тканини, у тому числі перекосу утоку;

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ХНТУ 151.КРМ.24.014 ПЗ

Арк.

10

- на основі отриманої моделі системи дія – тканина – датчик оптимізована конструкція датчика з метою забезпечення максимальної чутливості до перекосу;

- на основі отриманих теоретичних даних розроблено датчик перекосу утокових ниток придатний для практичного використання у виробничих умовах;

- розроблено математичну модель системи тканина – правильний вал;

- експериментальним шляхом отримані криві розгону при дії на тканину правильними валами;

- розроблено модель оптимальної системи усунення перекосу утоку з адаптацією за параметрами тканини;

- на основі отриманих теоретичних та експериментальних даних створено систему автоматичного виправлення;

Загальні методи дослідження: в основу досліджень покладено теоретичний аналіз поведінки системи вплив - об'єкт - перетворювач, в якому об'єкт (тканина) розглядається як просторова решітка з структурою, що періодично повторюється, з властивими йому загальними ознаками тканих матеріалів, що мають ортогональність, дискретність, двомірність і симетричність.

Поведінка системи вивчалася за допомогою згортки імпульсних перехідних функцій впливу, об'єкта та перетворювача. Деформацію об'єкта розглянуто за допомогою афінного перетворення.

Для вирішення завдання моделювання та обробки експериментальних даних використано програми “CurveExpert”, “STADIA”, “Matlab”, “Simulink”.

Наукова новизна одержаних результатів:

- запропоновано нову класифікацію датчиків перекосу утокових ниток як датчиків, що контролюють симетрію анізотропних властивостей тканини;

- обґрунтовано методику створення датчиків контролю лінійних деформацій тканини;

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

- досліджено вплив деформації тканини на анізотропію її електричних властивостей;

- розроблено модель взаємодії правильного валу з тканиною.

Практичне значення одержаних результатів:

- розроблено методику створення датчиків контролю лінійних деформацій; тканини з можливістю роздільного спостереження параметрів деформації;

- розроблено безконтактний датчик перекоосу утоку;

- розроблено установку щодо експрес – контролю анізотропних властивостей тканини.

					ХНТУ 151.КРМ.24.014 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ПОБУДОВИ СИСТЕМ КОНТРОЛЮ І УПРАВЛІННЯ ПЕРЕКОСОМ УТОКОВИХ НИТОК

Перекіс, тобто неперпендикулярне розташування ниток утку по відношенню до основних є одним з найбільш поширених дефектів у текстильній промисловості. Відповідно до ГОСТ 161-86, допускається перекіс малюнка та полотна до 3% та клітини до 2% щодо ширини тканини.

Причини, що спричиняють перекося ниток утку різноманітні [1,3]. Діагональні перекося виникають в основному через різний ступінь натягу кромки тканин при обробці їх розправленим полотном. Такі перекося обумовлені, перш за все, перекосом тканинних роликів. Перекося іншої форми можуть бути викликані неоднаковим ступенем притиску полотна тканини по кромках тканинними напрямними роликками, що втратили циліндричну форму в результаті зносу; косими або хвилястими швами, якими пошиті окремі шматки тканини; підвищеним тертям полотна у місцях перегину; нерівномірністю потоку повітря при сушінні, нерівномірністю сушіння ниток основи при шліхтуванні та ін. причинами.

У ході оздоблення тканина проходить різні види обробки такі як, наприклад, відбілювання, фарбування, стрижка, та ін. Заключною стадією оздоблення зазвичай є просочення апретом і сушка на сушильно - ширильній машині. Тому в більшості випадків пристрої для усунення перекося утку встановлюються на вході сушильно-ширильної машини. Після усунення перекося взаємне розташування ниток основи і утку остаточно фіксується в процесі сушіння на сушильно-ширильній машині. Перекіс, обумовлений впливом перелічених вище чинників, може досягати значень до 10-15%, а по формі являти собою досить складну комбінацію різних видів перекося (лінійних, дугових, S-образних та інших.) [4]. Для усунення перекося використовуються найрізноманітніші пристрої та системи, що працюють як у ручному, так і автоматичному режимах [2,4..6]. Виходячи з необхідності розробки системи

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ХНТУ 151.КРМ.24.014 ПЗ

Арк.

13

управління перекосом, доцільно провести аналіз існуючих датчиків перекоосу утку та пристроїв для його усунення.

1.1 Аналіз існуючих датчиків перекоосу утку

В даний час відомі різні способи та пристрої знімання інформації про становище уткових ниток у тканинах: оптичні, механічні, пневматичні та ін., у яких перекіс уткових ниток перетворюється на іншу проміжну неелектричну величину, більш зручну для подальшого перетворення в електричний сигнал. Зазвичай класифікація датчиків перекоосу проводилася відповідно до виду проміжної неелектричної величини, наприклад, електричні, оптичні та інші. Така класифікація відображає принцип дії датчика, але не характер взаємодії тканини з датчиком.

Як відомо, тканина складається з поздовжніх ниток основи та поперечних ниток утку, перпендикулярних один одному. Таким чином, тканина має ортогональну структуру і, як мінімум, дві осі симетрії, орієнтованих уздовж ниток утку та основи. Ортогональна структура тканини зумовлює відповідну симетрію анізотропії механічних властивостей тканини [2]. Анізотропія розривних характеристик тканини розглянута у роботі [7]. Автор розглядаючи зв'язок між міцністю P та кутом нахилу α роблять висновок про те, що зміна комірки тканини через різні напрямки прикладення навантаження та основних ниток створює більше подовження та менше розривне навантаження під кутами 15, 30, 45° до основних ниток (рис.1.1).

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ХНТУ 151.КРМ.24.014 ПЗ

Арк.

14

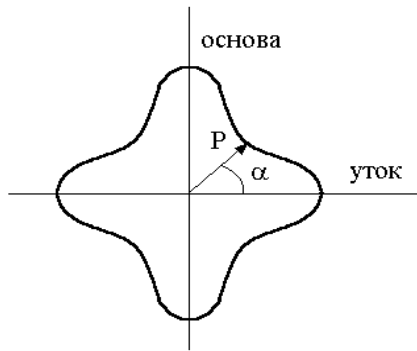


Рис.1.1 Анізотропія розривного навантаження всередині тканини

Це відбувається тому, що основні та уточні нитки прагнуть розподілитися в напрямку дії навантаження. Чим більше α у тканин полотняного переплетення при однаковій товщині основи і утку, тим більше розривне подовження, що спостерігається, і менше розривне навантаження. При $\alpha=45^\circ$ подовження ϵ є максимальним, а розривне навантаження мінімальне. Перекіс можна розглядати як порушення ортогональності структури тканини та відповідної їй симетрії анізотропних механічних властивостей.

Для більш повного уявлення механізму взаємодії датчика з тканиною, доцільно розглядати датчики перекосу як датчики, що контролюють симетрію анізотропних властивостей тканини. Такий підхід дозволяє визначити найбільш суттєві фактори, що впливають на показання датчика (рис. 1.2).

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

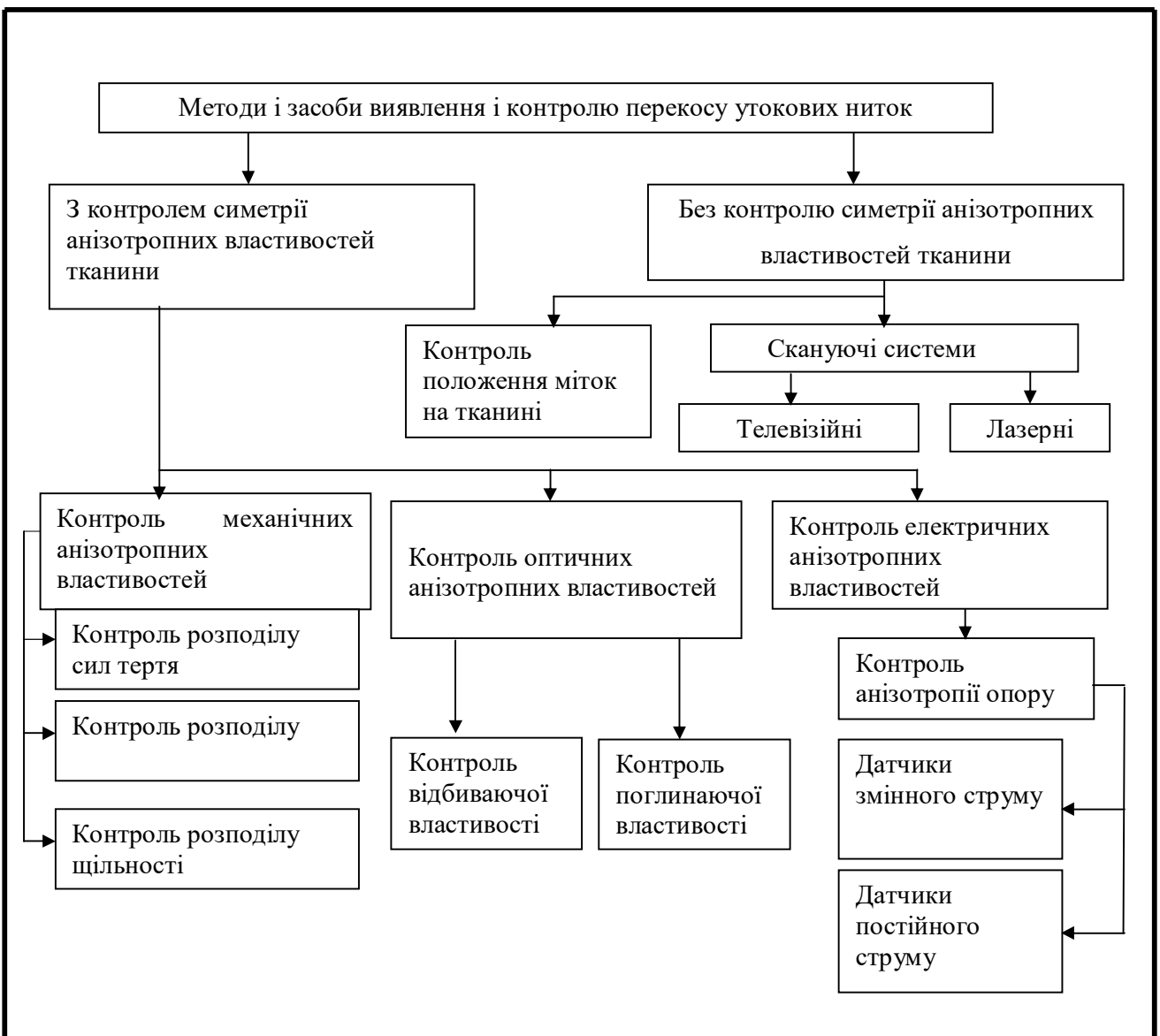


Рис. 1.2 Методи і засоби виявлення і контролю перекосу угоку

На рис.1.3 наведено схему, що пояснює принцип дії такого датчика для виявлення перекосу угоку.

Пристрій представляє 1 кульову опору, що вдавлюється знизу в тканину та служить для створення на тканині зони 2 з різко вираженою неоднорідністю пружних властивостей. У зоні нерівномірної пружності на тканину спираються два щупи 3, розташованих на двоплічному важелі, закріпленому на поворотній осі 4. Двоплічний важіль з'єднаний з індуктивним перетворювачем типу "кут повороту - напруга".

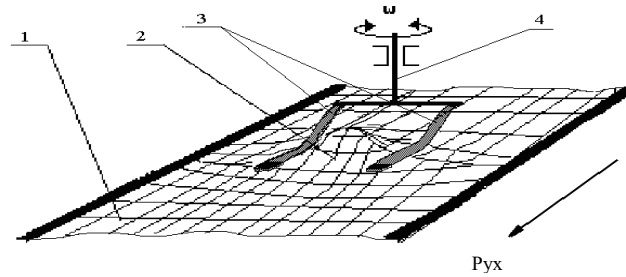


Рис. 1.3 Датчик перекоосу з контролем симетрії механічної анізотропії

За відсутності перекоосу утоку на щупи з боку тканини діють однакові сили і вони розташовуються симетрично щодо кульової опори. При появі перекоосу утоку відбувається перерозподіл пружних сил у тканини, внаслідок чого зусилля, що діють на щупи, виявляються різними по величині, що викликає поворот важеля із укріпленими на ньому щупами в напрямку перекоосу тканини. Датчик перекоосу такого типу є найбільш прийнятним для широкого асортименту тканин.

Однак як для цього, так і для інших механічних датчиків властивий істотний недолік - контакт датчика з тканиною, що призводить до зносу чутливих елементів, їх забруднення і в цілому до зниження чутливості і розбалансування датчика. Другий істотний недолік – необхідність надійного контакту з тканиною, що можливо не на всіх артикулах тканини та обмежує швидкість обробки тканини. Зважаючи на те, що система датчик - тканина має певні динамічні характеристики, можливе виникнення автоколивань чутливих елементів. Датчики, що контролюють симетрію розподілу сил тертя, перетворюють положення утокових ниток у положення чутливих механічних елементів, що взаємодіють з тканиною за допомогою сил тертя. Ці елементи являють собою контактуючі з тканиною щупи або колеса, що котяться по тканині, повертаються в напрямку перекоосу [10..17]. Наприклад, датчик фірми

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

"Maunt Норе" (рис 1.4) являє собою пару гумових коліщаток 2, насаджених на одне коромисло 4, орієнтоване вздовж утоку.

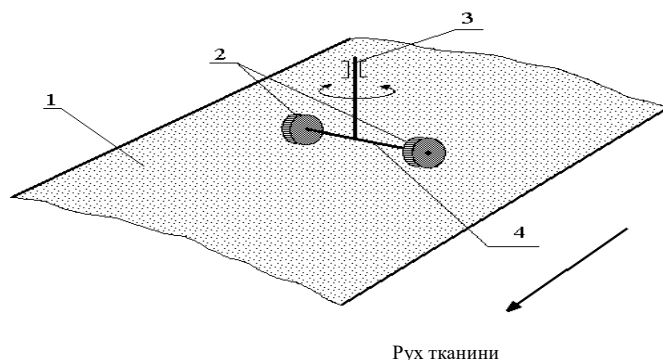


Рис.1.4 Механічний датчик перекосу утоку

Датчик контролює розподіл сил тертя щодо центру коромисла. Вісь симетрії датчика збігається з однією з осей симетрії контрольованої тканини 1. Тому за відсутності перекосу система датчик-тканина збалансована, сигнал на виході відсутній. Перекіс порушує симетрію тканини, що у свою чергу при взаємодії датчика з тканиною викликає дисбаланс датчика і появи сигналу на його виході.

Найбільш поширеними серед датчиків, що контролюють симетрію анізотропії оптичних властивостей тканини, є оптичні датчики, що працюють на просвіт тканини [19,..27]. Принцип дії таких датчиків полягає в модуляції вузького світлового пучка нитками утоку, що рухаються. Світловий пучок формується за допомогою щілини, ширина якої дорівнює товщині утокових ниток. За відсутності перекосу, коли напрямок щілини збігається з напрямком утокової нитки в момент проходження кожної з них над щілиною, освітленість фотоприймача мінімальна, а при проходженні над щілиною проміжку між нитками - максимальна. Цими двома граничними рівнями освітлення визначається амплітуда змінної складової у вихідний ланцюга фотоприймача. При перекосі утокових ниток амплітуда цієї складової знижується, так як в

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

результаті розбіжності ниток з напрямом щілини остання ніколи не виявляється повністю закритою ниткою. Для визначення напрямку перекосу використовують діафрагму із двома щілинами.

Даний тип датчика є найбільш поширеним завдяки його простоті, надійності і здатності працювати на достатньо великому числі матеріалів тканини. Випускається промислово фірмами "Mahlo", ФРН; "Kyoto" Японія; "Elitex" Чехія та ін.

Незважаючи на свої переваги, такі датчики не позбавлені недоліків, до яких можна віднести погіршення працездатності на щільних тканинах, а також на тканинах зі складним переплетенням, наприклад саржовим, коли рубчик на поверхні тканини сприймається як уточна нитка [28]. Таким чином використання анізотропії щільності тканини для контролю перекосу не забезпечує надійного контролю на тканинах високої щільності, а також на тканинах складного переплетення, що у разі щільної тканини пояснюється зменшенням неоднорідності і відповідно зменшенням чутливості, а у разі тканини зі складним переплетенням виникає додаткова анізотропія щільності, обумовлена наявністю структурного малюнка, наприклад рубчика на сатині, який сприймається датчиком як перекіс утоку. Анізотропія оптичної щільності світлих тканин менша, ніж у темних тканин, що пов'язано зі зближенням рівня світлового потоку, що пройшов через нитку і потік, що пройшов міжнитковий простір. Зменшення анізотропії світлих тканин пояснює зниження чутливості датчика перекосу утоку під час роботи цих тканинах.

Найбільш досконалими датчиками цього класу вважаються датчики, що працюють в ІЧ - діапазоні [1, 2]. Основна їх особливість-незалежність показань від кольору тканини та можливість адаптації за щільністю тканини. Датчик [5] є набором ІЧ датчиків з цифровою обробкою отриманої інформації, що дозволяє ідентифікувати перекіс на тканинах сатинового переплетення. Однак датчики такого типу мають складну конструкцію і вимагають налаштування на тканини

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ХНТУ 151.КРМ.24.014 ПЗ

Арк.

19

різних артикулів [8], що пояснюється особливостями контролю анізотропії оптичної щільності тканини.

Оптичні датчики використовують також і для роботи у відбитому світлі [6, 7]. Однак на відміну від датчиків, що працюють у проходячому світлі і контролюють анізотропію щільності, датчики, що працюють у відбитому світлі контролюють анізотропію оптичних властивостей тканини, в даному випадку залежність діаграми спрямованості відбитого нитками випромінювання від кута між утоком і основою. В апаратурі автоматичного виправлення утоку фірми Farmer Norton [18] поверхня тканини 4 висвітлюється лампами розжарювання 2 потужністю до 150 ват (рис. 1.5).

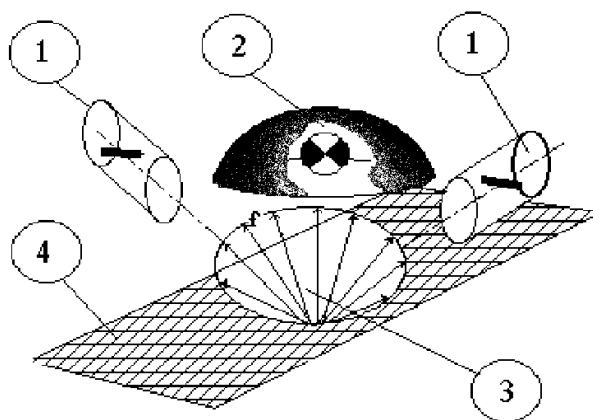


Рис. 1.5 Оптичний датчик для роботи у відбитому світловому потоці

Два фотоприймача 1 закріплюють так, щоб за відсутності перекосу утоку вони були розташовані симетрично щодо максимуму діаграми спрямованості відбитого від тканини світла 3, сигналу на його виході. За відсутності перекосу міст, у плечі якого включені фотоприймачі, збалансовано. У разі перекосу діаграма спрямованості відбитого ними світла повертається у бік того чи іншого фотоприймача залежно від знаку перекосу, що викликає дисбаланс моста і, відповідно, поява сигналу. Точність датчиків такого типу значною

мірою залежить від артикулу кольору та малюнка тканини. На темних тканинах різко знижується чутливість датчика. Одним із недоліків розглянутого вище датчика є також необхідність підбору фотоприймачів з ідентичними характеристиками. Однак на відміну від датчиків, що працюють у світлі, робота цих датчиків практично не залежить від щільності контрольованої тканини. Відомий [16] безлінзовий щілинний датчик, здатний контролювати перекося тканин сатинової групи, проте він має низьку чутливість і нестійкий у роботі.

Окремою групою стоять датчики перекося, що контролюють перекося без контролю симетрії анізотропних властивостей тканини. Мітки наносяться на кромки полотна на певній стадії обробки, коли нитки розташовані під прямим кутом до основних (наприклад, в процесі ткацтва). Речовина, якою наносяться мітки, може містити залізний порошок у друкарській фарбі для контролю міток магнітним датчиком. У разі оптичного датчика мітки можуть бути кольоровими точками, відмінними від кольору тканини. При обробці тканин датчики, змонтовані нерухомо щодо кромки полотна реєструють різницю в проходженні міток по лівій та правій кромці і виробляють відповідний сигнал управління механізмом виправлення перекося.

З погляду реєстрації інформації (міток) запропонований метод є універсальним, проте досить складний через необхідність у ході технологічного процесу наносити мітки, а також неприйнятний для контролю складних видів перекося - дугових, S-подібних та ін.

До датчиків, що контролюють зовнішній вигляд тканини можна також віднести і різноманітні скануючі системи, наприклад телевізійні та лазерні [10-15]. Отримання стійкого зображення контрольованого ділянки тканини може бути забезпечене за допомогою дзеркального барабана, що обертається, який проектує зображення ділянки тканини на об'єктив телевізійної трубки [17]. Швидкість обертання барабана пропорційна швидкості руху тканини.

Аналогічний результат може бути отриманий, якщо використовувати телекамеру, що обертається. Для отримання нерухомого зображення може бути

використаний стробоскопічний ефект. У цьому випадку ділянка тканини, контрольована телевізійною камерою, висвітлюється імпульсним джерелом світла, синхронізованим зі швидкістю руху тканини. Перекіс виявляється шляхом порівняння отриманого зображення зі зразком. Такі системи використовуються в основному на етапі розбракування тканини і не набули широкого поширення як датчики перекоосу утоку.

Розглядаючи анізотропні властивості тканини не можна не торкнутися електричних анізотропних властивостей. Як показано в роботі [12] тканина має суттєву анізотропію електричного опору. У зразків тканин, вирізаних вздовж основних або утокових ниток величина електричного опору прямо пропорційна довжині зразка і обернено пропорційна його ширині. Для даних зразків опір визначається переважно лише нитками, спрямованими вздовж силових ліній електричного поля, прикладеного до зразка. Нитки, розташовані перпендикулярно силовим лініям мають невеликий вплив на опір зразка. Для зразків, вирізаних під деяким кутом до основних або утокових ниток, опір визначається також і опором переходів між основними та уточними нитками.

Навіть при однакових нитках основи та утоку різниця між максимальним та мінімальним значеннями опору становить приблизно 10-20%. У роботі показано, що осі симетрії електричної анізотропії збігаються з нитками основи та утоку. Перекіс утоку викликає відповідне порушення симетрії електричної анізотропії. Відомо кілька конструкцій датчиків перекоосу утоку, що контролюють анізотропію опору тканини контактним способом [4,5]. У датчику [7] (рис.1.7) використана система з трьох точкових електродів 1, 3 та одного кільцевого 2, підключеного до загальної точки вимірювальної схеми. У центрі датчика знаходиться електрод 1, підключений до джерела живлення 5, а пара вимірювальних електродів 3, підключених до диференціального підсилювача 4, розташована симетрично щодо осі, що проходить через центр датчика і збігається з напрямком ниток утоку, що проходять через центр електродів і складають деякі кути $\pm\alpha$ по відношенню до ниток утоку або основи.

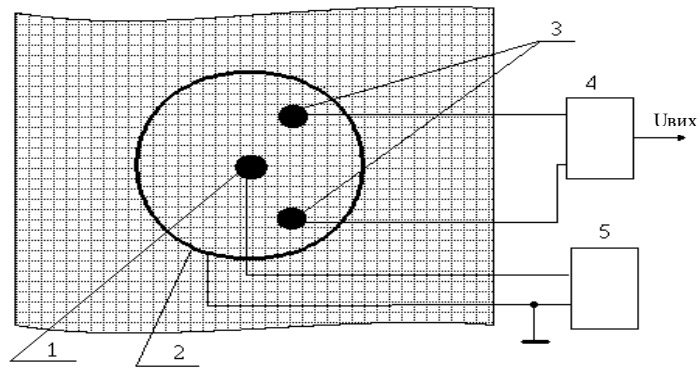


Рис. 1.6 Датчик перекосу утку, який контролює симетрію анізотропії опору тканини

Вимірювальні електроди контролюють потенціал на поверхні тканини. Цей потенціал визначається опором ділянки тканини між живлячими та вимірювальними електродами. Величина цього опору залежить в основному від вологості тканини, її щільності, а також тексту нитки та її складу. При відсутності перекосу через симетричне розташування вимірювальних електродів напруга в точках контролю однакова і сигнал з виходу диференціального підсилювача 4 дорівнює нулю. У разі перекосу порушується симетрія характеристики анізотропії опору тканини і відповідно розподілу електричного потенціалу її поверхні. На електродах 3 виникає різниця потенціалів, що посилюється диференціальним підсилювачем 4. Такий датчик дозволяє контролювати як величину перекосу, так і його напрямок. Для ідентифікації виду перекосу використовують два або більше датчиків, сигнал з яких надходить на схему виділення виду перекосу, на виході якої включені регулятори відповідних виконавчих механізмів.

Датчик працює практично на всіх артикулах тканини, має хорошу чутливість. Однак йому притаманні основні недоліки, властиві всім контактним датчикам. Для його надійної роботи необхідно підтримувати сталість перехідного опору між електродами і тканиною. Крім того, електроди деформують тканину і

викликають небажані зміни анізотропії тканини, що залежать від артикулу тканини, що вимагає відповідного підстроювання виміральної схеми.

Для датчиків, що контролюють симетрію анізотропних властивостей тканини характерно симетричне розташування чутливих елементів датчика на осях А, В, С, D рис. 1.7.

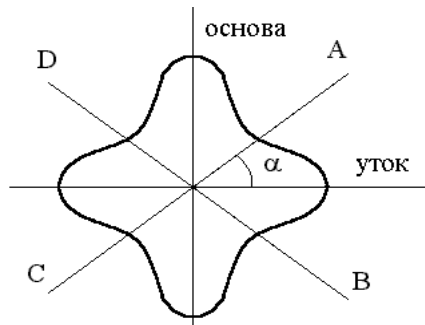


Рис.1.7 Розташування чутливих елементів датчика перекоосу щодо характеристики анізотропії та ниток основи та утку

Кут α між віссю А і напрямком утокової нитки залежить від діапазону кутів контрольованих перекосів і необхідної чутливості датчика. Чутливі елементи включаються попарно за диференціальною схемою, що дозволяє виключити вплив параметрів тканини, не пов'язаних з перекосом на показання датчика. Таке розташування чутливих елементів характерне для розглянутих вище пневматичних, оптичних та електричних датчиків перекоосу утку. Чутливі елементи механічних датчиків відстежують положення утокової нитки, і кут α відповідає утку.

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

1.2. Аналіз існуючих пристроїв для усунення перекосу утку

Відомий цілий ряд пристроїв та систем для усунення перекосу [1,4..6,14]. Зазвичай перекіс усувається при проходженні тканини через систему рухомих валів, осі яких можуть перекошуватися один щодо одного (рис.1.8).

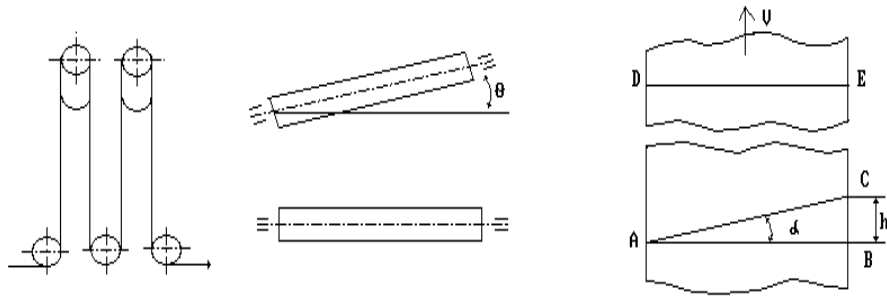


Рис. 1.8 Принцип дії перекісних валів

Ці вали створюють зустрічний перекіс, що компенсує вихідний. Таким чином працюють системи фірм Mahlo, Elitex, Kyoto та ін. [5,24,9]. Два ряди роликів заправлені тканиною; осі роликів нижнього ряду знаходяться в рухомих, а осі верхніх роликів у нерухомих підшипниках, що дозволяє надавати їм похило положення в різні сторони тієї ж площини, в якій лежать нижні ролики.

Ролики встановлюють паралельно, якщо на тканині немає перекосу. Якщо на тканині, що рухається знизу вгору, є діагональний перекіс А.С, то для виправлення перекосу верхній ролик необхідно нахилити так, щоб він викликав зустрічний перекіс шляхом збільшення довжин заправки кромки В.С.Е. Так як кромки рухаються з постійною швидкістю, то для того, щоб ділянка А.С зайняла після проходження перекісного валу нормальне положення, необхідно на кромці В.С.Е збільшити довжину шляху на відстань рівну h .

У деяких випадках перекіс усувається зміною швидкості руху кромки тканини щодо один одного шляхом керування клупними ланцюгами [6,7].

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

Останнім часом набули поширення системи із самовирівнюванням [6,12,13,14] (рис. 1.9).

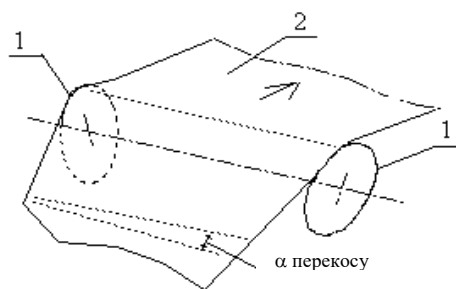


Рис. 1.9 Система виправлення із самовирівнюванням

Тих, що складаються з пари голчастих коліс 1, які наколюють на себе кромку тканини 2. Колеса встановлені під кутом до площини полотна, за рахунок чого тканина розтягується в поперечному напрямку. Розподіл зусиль у тканині наведено на рис. 1.10.

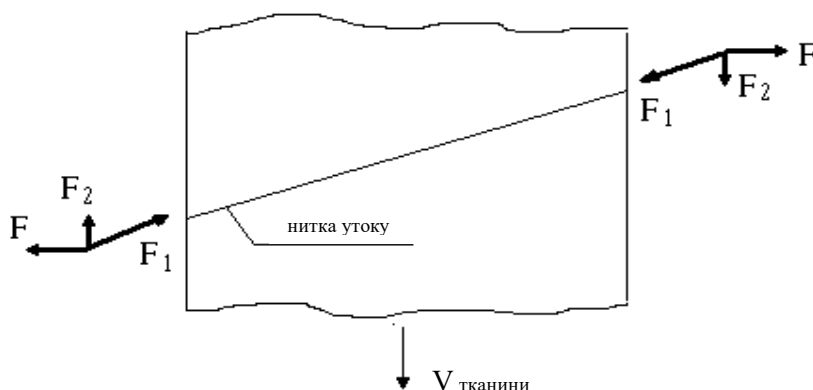


Рис. 1.10 Розподіл зусиль у тканині

Колеса 1 впливають на тканину з зусиллям F . Сила F_1 , що виникає в тканині як результат натягу тканини колесами 1 спрямована вздовж ниток утоку. За відсутності перекосу напрямок F_1 нормальний до кромки тканини і складова F_2 відсутня. Зважаючи на те, що F_1 завжди спрямована вздовж утоку, то при перекосі утокової нитки виникає складова F_2 , яка спрямована вздовж

краю колеса, причому напрям зусилля протилежний напрямку перекошу в тканині, тобто та кромка, де перекіс спрямований вперед, сповільнюється, а протилежна край – прискорюється. Таким чином, тканина при взаємодії з такою системою править сама себе. На жаль, дана система також не позбавлена недоліків, так як вона, власне, є пропорційним регулятором, тобто завжди буде мати місце помилка регулювання, яка залежить від механічних властивостей тканини і конструкції самого пристрою, що викликає необхідність регулювання кута установки коліс при зміні артикулів оброблюваної тканини.

Найбільшого поширення набули системи правки, що використовують у своїй роботі систему валів, що перекошуються. Ці пристрої мають просту конструкцію, надійні в роботі та здатні досить ефективно усувати перекоси різних видів. Зважаючи на те, що на більшості сушильно-ширильних машин встановлені саме такі пристрої, то є доцільною розробка системи правки, орієнтованої на використання даних пристроїв як виконавчий механізм.

1.3. Висновки до розділу 1 та постановка задачі дослідження

Виходячи з аналізу існуючих методів і засобів побудови систем правки утокових ниток, можна зробити наступні висновки:

1. Незважаючи на значну кількість існуючих розробок системи, що забезпечує необхідне виробництвом якість усунення перекошу утку на широкому асортименті тканин немає.

2. При побудові датчиків перекошу утокової нитки найбільший інтерес представляє оптичний щілинний датчик і системи, побудовані з використанням контролю симетрії електричних анізотропних властивостей тканини.

3. При використанні оптичних датчиків можлива втрата однозначності показань датчика від перекошу нитки на тканинах складного переплетення.

4. Датчики перекошу утку, що контролюють симетрію електричних анізотропних властивостей тканини, дозволяють суттєво розширити

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ХНТУ 151.КРМ.24.014 ПЗ

Арк.

27

асортимент тканин для яких можливе використання автоматичного виправлення утоку.

Виходячи із завдання створення системи автоматичного виправлення утоку, необхідно провести наступний комплекс теоретичних та експериментальних робіт:

1. Розробити математичну модель, що забезпечує можливість розрахунку характеристик датчика перекосу утоку широкого асортименту тканин.

2. Використовуючи відомі методи моделювання визначити статичні характеристики датчика і перевірити адекватність їх експериментальним даним.

3. Визначити параметри датчика перекосу утоку, що забезпечують однозначність характеристики датчика в допустимому спектрі збурень.

4. Вивчити можливість контролю електричних анізотропних властивостей тканини у неконтактний спосіб.

5. Враховуючи, що тканина, як об'єкт управління має складний характер, необхідно провести дослідження динаміки об'єкта та використовуючи сучасні методи теорії управління, побудувати алгоритм, що забезпечує управління процесом редагування на широкому асортименті тканин.

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ ТКАНИНА – ПЕРЕТВОРЮВАЧ

2.1 Методи побудови математичної моделі датчика перекоосу утоку

Відомі методи побудови математичної моделі датчика перекоосу утоку використовують апарат імпульсних перехідних функцій як найбільш загальний підхід для аналізу та розрахунку датчика перекоосу [2,5,6]. Це дозволяє об'єднати у використовуваній моделі властивості, необхідні для розрахунку датчика і тракту обробки сигналу.

У роботі [5] розглядається взаємодія текстильного матеріалу та оптико-електронного перетворювача. Середня за часом яскравість зображення \bar{F} описується як

$$\bar{F}(x, y) = \lim_{T \rightarrow \infty} \left\{ \frac{1}{T} \int_0^T F(x, y) L(t) dt \right\},$$

де $F(x, y)$ – двовимірна імпульсна функція ваги системи,

$L(t)$ - тимчасова функція ваги.

Миттєве значення двовимірної вагової імпульсної функції $F(x, y)$ розглядається у вигляді згортки:

$$F(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} F(\alpha, \beta) \delta(x - \alpha, y - \beta) d\alpha d\beta. \quad (2.1)$$

Природно, за такого підходу легко сполучається модель, використана при описі полотна тканини з вимогою опису взаємодії об'єкта з датчиком, що має двовимірну вагову функцію H [2]. Реакція датчика визначається згортокою:

$$U(x, y) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} F(x', y') H(x'-x, y'-y) dx' dy' \quad (2.2)$$

де x_1 та y_1 відносяться до власної системи координат датчика. З використанням даного підходу для текстильного матеріалу, як лінійного об'єкта, для вхідного променя $S_{вх}$ та вихідного променя $S_{вих}$ визначено зв'язок [5,6]:

$$S_{вих}(t, \lambda, x, k) = \int_{\sigma'} \int_0^{2\pi} \|G(t, \lambda, x, k, x', k')\| \cdot S_{вх}(t, \lambda, x', k') d\sigma' dw',$$

TM

де: λ - Довжина хвилі випромінювання;

t - час;

k - вектор напрямку розповсюдження променя;

x - вектор точки поля;

$d\sigma'$ - має величину майданчика $d\sigma'$ та напрямком внутрішньої нормалі;

dw' - має напрямком вектора k' , що визначає напрямок поширення $S_{вх}$, і величину елементарного тілесного кута dw' ;

$$d\sigma' dw' = d\sigma' dw' \cos(d\sigma', dw')$$

Матричне ядро $\|G\|_{TM}$ лінійного інтегрального оператора (імпульсна функція ваги) є повною характеристикою текстильного матеріалу.

При рівномірному впливі $G(x, y)$ для системи, що містить двовимірний об'єкт $f(x, y)$ і перетворювач $H(x', y')$ відомо [8,9], що вихідний сигнал $U(x, y)$ визначається згорткою:

$$U(x, y) = \iint_{\Omega} H(x', y') f(x - x', y - y') dx' dy',$$

де: x, y - переносні координати;

x', y' - відносні координати;

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

$H(x',y')$ - чутливість перетворювача, яка за фізичним змістом збігається з локальною імпульсною перехідною характеристикою [7,10];

$f(x,y)$ – імпульсна перехідна функція об'єкта;

Ω - сфера існування реакції.

Для періодичного двовимірного об'єкта $f(x,y)$ проводиться розкладання ряд Фур'є покладаючись на існування гармонік, парних по x і y , непарних по x і y , що забезпечує представлення двовимірного об'єкта в загальному випадку. Для просторових частот m і n ідеалізованої структури розкладання $f(x,y)$ до ряду Фур'є [11] має вигляд:

$$f(x,y) = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \lambda_{m,n} [a_{m,n} \cos mx \cos ny + b_{m,n} \sin mx \cos ny + c_{m,n} \cos mx \sin ny + d_{m,n} \sin mx \sin ny]. \quad (2.3)$$

$$+ c_{m,n} \cos mx \sin ny + d_{m,n} \sin mx \sin ny].$$

Прагнення до простішого запису в моделі "об'єкт-перетворювач" веде до переходу в нескінченномірний лінійний векторний простір з координатними векторами Φ :

$$\Phi_{mx} = \begin{bmatrix} \cos mx \\ \sin mx \end{bmatrix};$$

$$\Phi_{ny} = \begin{bmatrix} \cos ny \\ \sin ny \end{bmatrix};$$

Введення вектора a ($a_{m,n}$, $b_{m,n}$, $c_{m,n}$, $d_{m,n}$) як вектора коефіцієнтів двовимірного ряду Фур'є та вектора перетворювача H дає [7]:

$$A_{m,n} = \mathbf{a} M_{01} \mathbf{h}$$

$$B_{m,n} = \mathbf{a} M_{02} \mathbf{h}$$

$$C_{m,n} = \mathbf{a} M_{03} \mathbf{h}$$

$$D_{m,n} = \mathbf{a} M_{04} \mathbf{h}$$

Це дозволяє уявити модель у вигляді ряду білінійних форм [2,5]:

$$U(x, y) = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \lambda_{m,n} \Phi_{ny}^T \begin{vmatrix} \mathbf{a}M_{01}\mathbf{h} & \mathbf{a}M_{02}\mathbf{h} \\ \mathbf{a}M_{03}\mathbf{h} & \mathbf{a}M_{04}\mathbf{h} \end{vmatrix} \Phi_{mx}$$

Введення матриці оператора відображення S_H : дозволяє отримати скорочений запис моделі:

$$U(x, y) = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \lambda_{m,n} \Phi_{ny} S_H \Phi_{mx};$$

Ця модель підкреслює взаємодію вектора ваги моделі \mathbf{a} і вектора ваги перетворювача H . Взаємодія векторів відбувається з урахуванням комутованих матриць $M_{01} \dots M_{04}$.

В рамках даного підходу деформації об'єкта або зміни його орієнтації в площині вводяться перетворенням [2, 7, 10]:

$$\begin{aligned} x_1 &= a_{11}x + a_{12}y \\ y_1 &= a_{21}x + a_{22}y \end{aligned}$$

у цьому випадку відгук подається у вигляді:

$$U(x_1, y_1) = \iint_{\Omega} H(x', y') f(x_1 - x', y_1 - y') dx' dy',$$

при цьому змінюються лише компоненти матриці S_H , але загальний вигляд моделі зберігається [5, 7]:

$$U(x, y) = \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{2} \lambda_{m,n} \Phi_{ny} S_H^* \Phi_{mx}; \quad (2.4)$$

Таким чином, зберігається структура моделі, що дозволяє розглядати даний підхід як узагальнену модель у разі періодичного об'єкта контролю.

У межах вищеприписаного підходу було досліджено характеристики щілинного оптичного датчика. Математична модель щілинного оптичного датчика будується з урахуванням як специфіки тканини, так і особливостей оптичного тракту [3].

З урахуванням того, що в реальній конструкції щілинного датчика виконується умова $l \gg h$, а щілина датчика встановлена щодо утоку під кутом β , то (2.5) набуває вигляду:

$$U(\alpha, h, l) = \frac{2}{\pi^2 n_x^2 \cdot 10^4 \operatorname{tg}(\alpha - \beta)} \sin(\pi n_x 100 \operatorname{tg}(\alpha - \beta) \cdot l / 2) \quad (2.6)$$

Для ідентифікації виду перекосу в датчиках використовуються як мінімум дві щілини, розгорнуті під кутами $+\beta$ і $-\beta$ до нормального положення ниток.

На рис.2.1 наведено залежність амплітуди відгуку як функції кута перекосу для двоелементного щілинного датчика при щільності тканини 50 ниток на сантиметр і довжині щілини 1-2мм. [5,7].

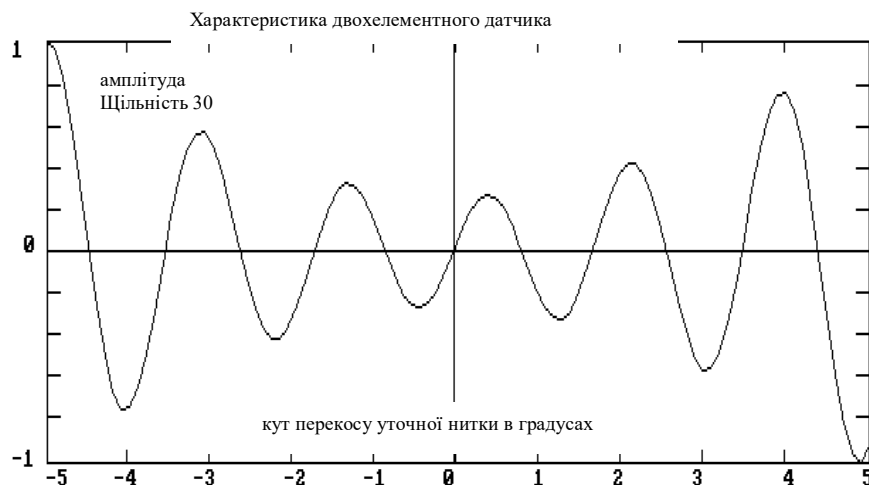


Рис.2.1 Статична характеристика щілинного датчика

Відповідно до характеристики (див. рис. 2.1), датчик має робочий діапазон перекосів $\pm 0,5$ градуса щодо нормального положення утокових ниток. При перекосах більших за $\pm 0,5$ градуса характеристика втрачає однозначність, і система правки буде прагнути встановити перекіс в одній із точок перетину

характеристикою осі абсцис. Така характеристика явно відповідає характеристиці реального двоцілинного датчика, діапазон контрольованих перекосів якого перевищує 10 градусів [5,14]. Таку невідповідність, мабуть, можна пояснити відсутністю постійної складової у формулі (2.6).

Таким чином, використання перетворення згортки імпульсних перехідних функцій перетворювача та об'єкта контролю дозволяє отримати модель системи тканина - датчик. Як недолік отриманої в рамках такого підходу моделі слід також відзначити певну громіздкість отриманих виразів, складність роздільного спостереження різних видів деформації тканини та застосовність лише для об'єктів з періодичною структурою. У цілому, попри свої недоліки, розглянутий підхід дозволяє створити узагальнену модель датчика контролю лінійних деформацій тканини.

2.2 Спостереження лінійних деформацій тканини

Висновки, отримані в результаті аналізу моделі системи впливу – тканина – перетворювач, вказують на необхідність визначення умов роздільної спостережності параметрів деформації тканини [9].

Якщо полотно тканини уявити як $f(x)$, де довільна точка поверхні тканини задається радіус – вектором x , то деформації полотна тканини можна представити у вигляді афінного перетворення $x_1 = Ax$ [2]

$$\mathbf{x}_1 = \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix}; \quad \mathbf{x} = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}; \quad \left. \begin{array}{l} x_1 = a_{11}x + a_{12}y \\ y_1 = a_{21}x + a_{22}y \end{array} \right\} \quad (2.7)$$

де x, y – координати вздовж утоку та основи відповідно;

a_{11} характеризує витяжку по утоку;

a_{12} - перекис основи;

a_{21} - перекис утоку;

a_{22} - витяжка на основі.

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

Розглянемо систему, що містить вплив G , об'єкт f та перетворювач H (рис.2.2).



Рис.2.2 Система вплив – об'єкт – перетворювач

Враховуючи (2.7), отримаємо:

$$f(Ax) = a \sin(\omega_x a_{11}x + \omega_x a_{12}y) + b \sin(\omega_y a_{21}x + \omega_y a_{22}y), \quad (2.8)$$

Вводячи у розгляд приймач з ваговою функцією $H(x)$ отримуємо реакцію системи $W(Ax)$ на обурення:

$$\begin{aligned} W(Ax) &= H(x) * Q(Ax) = \\ &= \iint_{\Omega} H(x - x'') \left\{ \iint_{\Omega} U(x'' - x') (a \sin(\omega_x a_{11}x' + \omega_x a_{12}y') + \right. \\ &\quad \left. + b \sin(\omega_y a_{21}x' + \omega_y a_{22}y')) d\sigma(x') \right\} d\sigma(x'') = \\ &= a \iint_{\Omega} H(x - x'') \left\{ \iint_{\Omega} U(x'' - x') \sin[\omega_x (a_{11}x' + a_{12}y')] d\sigma(x') \right\} d\sigma(x'') + \\ &\quad + b \iint_{\Omega} H(x - x'') \left\{ \iint_{\Omega} U(x'' - x') \sin[\omega_y (a_{21}x' + a_{22}y')] d\sigma(x') \right\} d\sigma(x''). \end{aligned}$$

Таким чином, отримано математичну модель системи вплив - об'єкт - перетворювач (рис.2.2), яка описує процес контролю деформації двовимірного моногармонічного об'єкта.

Сигнал датчика визначається структурою об'єкта, видом впливу та конструкцією перетворювача. Задавши вищеперелічені параметри можна отримати відгук системи в будь-якій точці, що цікавить нас, по кожному з цікавлячих нас параметрів деформації.

Розглянемо чутливість датчика до параметрів деформації тканини як похідну за відповідним параметром [2]:

$$\frac{\partial W(A\mathbf{x})}{\partial a_{11}} = \delta_{11}; \quad \frac{\partial W(A\mathbf{x})}{\partial a_{12}} = \delta_{12}; \quad \frac{\partial W(A\mathbf{x})}{\partial a_{21}} = \delta_{21}; \quad \frac{\partial W(A\mathbf{x})}{\partial a_{22}} = \delta_{22} \quad (2.10)$$

$$\begin{aligned} \delta_{11} &= a \iint_{\Omega} H(\mathbf{x} - \mathbf{x}'') \omega_x x' \left\{ \iint_{\Omega} G(\mathbf{x}'' - \mathbf{x}') \cos[\omega_x (a_{11}x' + a_{12}y')] d\sigma(\mathbf{x}') \right\} d\sigma(\mathbf{x}'') = \\ \delta_{12} &= a \iint_{\Omega} H(\mathbf{x} - \mathbf{x}'') \omega_x y' \left\{ \iint_{\Omega} G(\mathbf{x}'' - \mathbf{x}') \cos[\omega_x (a_{11}x' + a_{12}y')] d\sigma(\mathbf{x}') \right\} d\sigma(\mathbf{x}'') = \\ \delta_{21} &= b \iint_{\Omega} H(\mathbf{x} - \mathbf{x}'') \omega_y x' \left\{ \iint_{\Omega} G(\mathbf{x}'' - \mathbf{x}') \cos[\omega_y (a_{21}x' + a_{22}y')] d\sigma(\mathbf{x}') \right\} d\sigma(\mathbf{x}'') = \\ \delta_{22} &= b \iint_{\Omega} H(\mathbf{x} - \mathbf{x}'') \omega_y y' \left\{ \iint_{\Omega} G(\mathbf{x}'' - \mathbf{x}') \cos[\omega_y (a_{21}x' + a_{22}y')] d\sigma(\mathbf{x}') \right\} d\sigma(\mathbf{x}'') = \end{aligned} \quad (2.11)$$

де δ_{11} -чутливість до зміни ширини полотна тканини;

δ_{12} – чутливість до перекосу основи;

δ_{21} – чутливість до перекосу утку;

δ_{22} – чутливість до витяжки на основі.

У системі (2.11) сформульовані умови чутливості датчика до перекосу, що задається параметром a_{21} . Очевидно, задовольнити ці умови можна при виборі Ω , H і U :

$$\left. \begin{aligned} \iint_{\Omega} G(\mathbf{x}''-\mathbf{x}') \cos[\omega_x(a_{11}x'+a_{12}y')] d\sigma(\mathbf{x}') &= 0 \\ \iint_{\Omega} G(\mathbf{x}''-\mathbf{x}') \cos[\omega_x(a_{21}x'+a_{22}y')] d\sigma(\mathbf{x}') &= C \\ \iint_{\Omega} H(\mathbf{x}-\mathbf{x}'') \omega_y y C d\sigma(\mathbf{x}'') &= 0 \\ \iint_{\Omega} H(\mathbf{x}-\mathbf{x}'') \omega_y x C d\sigma(\mathbf{x}'') &\neq 0 \end{aligned} \right\} \quad (2.12)$$

Як видно із співвідношень (2.11,2.12) забезпечення роздільної чутливості можна здійснити, використовуючи властивість симетрії парності-непарності вагової функції впливу U і вагової функції перетворювача H . При виконанні даних умов величина чутливості не буде постійною в силу її залежності від a_{22} (2.11).

Використання запропонованої моделі взаємодії датчика з тканиною дозволяє сформулювати умови роздільної спостереження параметрів деформації тканини. Слід зазначити, що виконання умов (2.12) можливе для ідеалізованої моделі, оскільки необхідна сталість ω_x та ω_y . Реально задовольнити даним умовам складно через нестационарність параметрів тканини, а також зміни рапортів при зміні артикулів.

Таким чином, необхідно розробити узагальнену модель датчика деформацій тканини, яка здатна забезпечити не тільки роздільну спостереження параметрів деформації, але і можливість поділу сигналу деформації та сигналу, зумовленого видом взаємодії, структурою тканини та іншими параметрами, не пов'язаними з деформацією.

2.3. Розробка узагальненої моделі датчика лінійної деформації тканини

Як було показано (розділ 1.1), датчики перекошу нитки можна розглядати як датчики, що контролюють порушення симетрії анізотропних властивостей

тканини. Контроль ведеться вздовж осей А, В, С, D, у яких розташовані чутливі елементи 1 – 4, (рис.2.3).

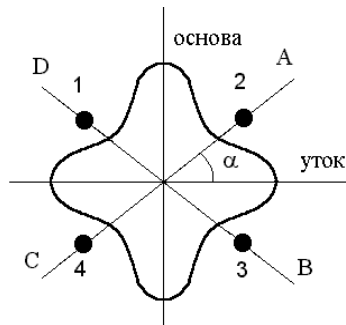


Рис.2.3. Орієнтація чутливих елементів датчика перекоосу утоку щодо характеристики анізотропії тканини.

Як видно (рис.2.3) осі симетрії такого датчика збігаються з осями симетрії анізотропної характеристики тканини. Припустимо, що контролюючі елементи 1-4 розташовані на осях, напрямом яких збігається з нитками основи та утоку, тобто контроль анізотропних властивостей тканини ведеться вздовж основи та утоку. Вважатимемо такий датчик недеформованим.

Розглянемо випадок недеформованого датчика для нескінченної сфери взаємодії датчика з тканиною [3]. В цьому випадку система, що розглядається, буде складатися з моделі об'єкта $f(x)$, впливу $G(x)$ і приймача $H(x)$. $G(x)$ і $H(x)$ - імпульсні вагові функції, визначені відповідно на областях S і Ω які мають непустий перетин $S \cap \Omega \neq \emptyset$.

Взаємодія відомих датчиків перекоосу з тканиною можна описати безперервними та обмеженими функціями впливу $G(x)$ та приймача $H(x)$ [2], де $x=(x,y)^T$. Функція об'єкта $f(x)$ визначає анізотропію тих властивостей тканини, якими ведеться контроль перекоосу утоку. Зважаючи на те, що параметри тканини за якими ведеться контроль перекоосу (оптична щільність, що відображає здатність, опір та ін.) мають обмежені значення, то і функцію

$f(x)$ можна вважати обмеженою. Відгук $\xi(x)$ такої системи подається у вигляді згортки [2,5,9]:

$$\xi(\mathbf{x}) = G * f * H = \iint_{\Omega_{\chi}} H(\mathbf{x} - \chi) \left\{ \iint_{S_{\eta}} f(\chi - \eta) G(\eta) d\sigma(\eta) \right\} d\sigma(\chi) \quad (2.13)$$

Хоча взаємодію датчика з тканиною можна поширити на нескінченну область, реальну чутливість датчик має тільки на обмеженій ділянці тканини. Тому можна сказати, що функції $G(x)$ та $H(x)$ фінітні. Умови фінітності можна сформулювати як існування замкнутої області Ω з границями Θ_{Ω} , де $S_{\eta} \subseteq \Omega$ та $\Omega_{\chi} \subseteq \Omega$, для якої, з точністю, що задовольняє нас, виконується умова [6,5]:

$$\frac{\partial \xi}{\partial S|_{\eta \notin \Omega}} = \frac{\partial \xi}{\partial \Omega|_{\chi \notin \Omega}} = 0. \quad (2.14)$$

Таким чином, у силу (2.14) області S_{η} і Ω_{χ} можна розглядати як відкриті множини [6], а інтеграл (2.13) – як невластний. З огляду на те, що функція $f(x)$ обмежена, а функції $G(x)$ і $H(x)$ обмежені і фінітні, інтеграл (2.13) схожий [6,5].

Вважаємо, що модель $f(x)$ визначена на ділянці $(-\infty, +\infty)$, а імпульсні вагові функції впливу $G(x)$ та приймача $H(x)$ задовольняють умові (2.14). Звідси маємо $S_{\eta} = \Omega_{\chi} = \Omega$ та (2.13) можна записати у вигляді:

$$\begin{aligned} \xi(\mathbf{x}) &= G * f * H = \iint_{\Omega_{\chi}} H(\mathbf{x} - \chi) \left\{ \iint_{S_{\eta}} f(\chi - \eta) G(\eta) d\sigma(\eta) \right\} d\sigma(\chi) = \\ &= \iint_{\Omega} f(\mathbf{x} - \chi) \left\{ \iint_{\Omega} H(\chi - \eta) G(\eta) d\sigma(\eta) \right\} d\sigma(\chi) \end{aligned} \quad (2.15)$$

залежати від виду взаємодії тканини з датчиком, її структури, вологості, виду волокна тощо, реакція на деформацію тканини $\xi(A, \mathbf{x})$ визначатиметься лише параметрами цієї деформації.

Другим класом систем, що допускає аналогічний опис, є випадок приймача і моделі, взаємодія яких поширюється на нескінченний інтервал при обмеженні області впливу S . Враховуючи властивість згортки $H*(G*f)=f*(H*G)$ [7], маємо для моделі деформованої тканини $f(A\mathbf{x})$:

$$\begin{aligned} \xi(A, \mathbf{x}) &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} H(\mathbf{x} - \boldsymbol{\eta}) \left\{ \iint_{S_{\boldsymbol{\chi}}} G(\boldsymbol{\eta} - \boldsymbol{\chi}) f(A\boldsymbol{\chi}) d\boldsymbol{\sigma}(\boldsymbol{\chi}) \right\} \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(\mathbf{x} - A\boldsymbol{\chi}) \left\{ \iint_{\Omega_{\boldsymbol{\eta}}} H(\boldsymbol{\chi} - \boldsymbol{\eta}) G(\boldsymbol{\eta}) d\boldsymbol{\sigma}(\boldsymbol{\eta}) \right\} d\boldsymbol{\sigma}(\boldsymbol{\chi}). \end{aligned} \quad (2.20)$$

де $\Omega_{\boldsymbol{\eta}} \subseteq (-\infty, +\infty)$ та $S_{\boldsymbol{\chi}} \subseteq \Omega_{\boldsymbol{\eta}}$. Оскільки для $\Omega_{\boldsymbol{\eta}}$ виконується умова (2.14) та $\Omega_{\boldsymbol{\eta}} = \Omega$, зовнішній інтеграл є невласним.

Отже, і у разі обмеженої області впливу сигнал, який отримується при лінійній деформації тканини, повинен описуватися співвідношенням (2.19).

Розглянемо вираз (2.19) та визначимо чутливість датчика за параметрами деформації як $\sigma_{ij} = \frac{\partial \xi(A, \mathbf{x})}{\partial a_{ij}}$:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{11} &= \frac{\partial \xi(A, \mathbf{x})}{\partial a_{11}} = \frac{a_{22}}{(\det A)^2} \cdot \xi(\mathbf{x}) + \frac{1}{\det A} \cdot \frac{\partial \xi(\mathbf{x})}{\partial a_{11}} \\ \sigma_{12} &= \frac{\partial \xi(A, \mathbf{x})}{\partial a_{12}} = \frac{-a_{21}}{(\det A)^2} \cdot \xi(\mathbf{x}) + \frac{1}{\det A} \cdot \frac{\partial \xi(\mathbf{x})}{\partial a_{12}} \\ \sigma_{21} &= \frac{\partial \xi(A, \mathbf{x})}{\partial a_{21}} = \frac{-a_{12}}{(\det A)^2} \cdot \xi(\mathbf{x}) + \frac{1}{\det A} \cdot \frac{\partial \xi(\mathbf{x})}{\partial a_{21}} \\ \sigma_{22} &= \frac{\partial \xi(A, \mathbf{x})}{\partial a_{22}} = \frac{a_{11}}{(\det A)^2} \cdot \xi(\mathbf{x}) + \frac{1}{\det A} \cdot \frac{\partial \xi(\mathbf{x})}{\partial a_{22}} \end{aligned} \right\}$$

І отримуємо простий вираз матриці чутливості σ :

$$\begin{pmatrix} \sigma_{11} = \frac{a_{22}}{(\det A)^2} \cdot \xi(\mathbf{x}) & \sigma_{12} = \frac{-a_{21}}{(\det A)^2} \cdot \xi(\mathbf{x}) \\ \sigma_{21} = \frac{-a_{12}}{(\det A)^2} \cdot \xi(\mathbf{x}) & \sigma_{22} = \frac{a_{11}}{(\det A)^2} \cdot \xi(\mathbf{x}) \end{pmatrix}. \quad (2.21)$$

Як видно з виразу (2.21), чутливість недеформованого датчика до перекосу по утоку σ_{21} буде визначатися параметром a_{12} , що характеризує перекіс по основі, тобто чутливість недеформованого датчика залежатиме від шумів по перекосу основи.

Відомі датчики перекосу утоку мають деформовану структуру, тобто здійснюють контроль перекосу за напрямками, що не збігаються з нитками основи та утоку. Таким чином можна припустити, що для забезпечення стабільної чутливості за окремими параметрами деформації a_{ij} необхідно забезпечити попередню деформацію датчика.

За наявності попередніх деформацій датчика A_0 , що визначається функцією впливу $G(\mathbf{x})$ та функцією приймача $H(\mathbf{x})$, область інтегрування змінюється на Ω_0 . На підставі (2.20) у просторі деформованого датчика маємо для непорушеної моделі:

$$\xi(A_0, \mathbf{x}) = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(\mathbf{x} - \boldsymbol{\eta}) \left\{ \iint_{\Omega_0} H(\boldsymbol{\eta} - A_0 \boldsymbol{\chi}) G(A_0 \boldsymbol{\eta}) d\sigma(A_0 \boldsymbol{\eta}) \right\} d\sigma(\boldsymbol{\chi}). \quad (2.22)$$

Для визначення чутливості деформованого датчика повернемося до недеформованого датчика, заміною змінної у внутрішньому інтегралі (2.22) через зворотне перетворення матриці деформацій $\boldsymbol{\chi} = A_0^{-1} \boldsymbol{\beta}$ з відновленням області інтегрування Ω для недеформованого датчика.

Однак на відміну від попередніх випадків, де заміна змінних велася тільки в одному інтегралі, тут відновлення вихідних координат у внутрішній пакунку викликає зміну координат у зовнішній згортці:

$$\xi(A_0, \mathbf{x}) = |J_0|^{-1} \int_{-\infty}^{+\infty} \int_{-\infty}^{+\infty} f(\mathbf{x} - A_0^{-1}\boldsymbol{\eta}) \left\{ \iint_{\Omega} H(\boldsymbol{\eta} - \boldsymbol{\beta}) G(\boldsymbol{\beta}) d\boldsymbol{\sigma}(\boldsymbol{\beta}) \right\} d\boldsymbol{\sigma}(\boldsymbol{\eta}). \quad (2.23)$$

Якобіан $|J_0|$ не залежить від деформацій об'єкта A , а визначається лише початковими деформаціями датчика A_0 .

Позначивши внутрішній інтеграл (2.23) як $R(\boldsymbol{\eta})$, отримуємо опис відгуку деформованого датчика $\xi(A_0, \mathbf{x})$ у вигляді невластного схожого, в силу (2.14), інтеграла:

$$\xi(A_0, \mathbf{x}) = |J_0|^{-1} \iint_{\Omega} f(\mathbf{x} - A_0^{-1}\boldsymbol{\eta}) R(\boldsymbol{\eta}) d\boldsymbol{\sigma}(\boldsymbol{\eta}) \quad (2.24)$$

Отже, відгук деформованого датчика на збуджену модель $f(A, \mathbf{x})$ визначається щодо відгуку деформованого датчика на незбуджену модель $f(\mathbf{x})$:

$$\xi(A_0, \mathbf{x}, A) = |J(A^*)| \cdot |J_0|^{-1} \cdot \xi(A_0, \mathbf{x}) \quad (2.25)$$

Якобіан цього перетворення визначає чутливість до деформації у просторі моделі по відношенню до деформованого датчика і не є постійним, а залежить від параметрів деформації датчика A_0 та збурень моделі A . Тому позначимо його як функцію від параметрів деформації $|J(A^*)| = |J(A_0, A)|$. З урахуванням (2.19) вираз (2.25) дає простий зв'язок з матрицями вихідної та поточної деформації:

$$\xi(A_0, \mathbf{x}, A) = |A^*(A_0, A)|^{-1} \cdot |A_0|^{-1} \cdot \xi(A_0, \mathbf{x}). \quad (2.26)$$

Як очевидно з (2.26), параметри деформації тканини відокремлені з інших параметрів системи датчик - тканину, які пов'язані з деформаціями.

Чутливість датчика за параметрами деформації тканини визначається:

$$\left(\begin{array}{l} \sigma_{11} = |A_0| \frac{a_{22}^*}{(\det A^*)^2} \cdot \xi(\mathbf{x}, A_0) \quad \sigma_{12} = |A_0| \frac{-a_{21}^*}{(\det A^*)^2} \cdot \xi(\mathbf{x}, A_0) \\ \sigma_{21} = |A_0| \frac{-a_{12}^*}{(\det A^*)^2} \cdot \xi(\mathbf{x}, A_0) \quad \sigma_{22} = |A_0| \frac{a_{11}^*}{(\det A^*)^2} \cdot \xi(\mathbf{x}, A_0) \end{array} \right). \quad (2.27)$$

Чутливість деформованого датчика до перекосу утоку згідно з (2.27) визначатиметься вихідною деформацією датчика A_0 .

Таким чином, отримано узагальнену модель датчика контролю лінійних деформацій тканини. Роздільна спостереження параметрів деформації можна забезпечити згідно (2.26, 2.27) шляхом відповідного вибору розміщення чутливих елементів датчика.

2.4 Побудова характеристики датчика перекосу утоку з використанням узагальненої моделі

З урахуванням зв'язку якобіана та детермінанта матриці деформації (2.19) можемо записати:

$$\left| A^*(A, A_0) \right|^{-1} \cdot |A_0| = \frac{a_{011} a_{022} - a_{012} a_{021}}{a_{11}^* a_{22}^* - a_{12}^* a_{21}^*} \quad (2.28)$$

Стосовно завдання контролю положення утокової нитки розглянемо датчик перекосу утоку та функцію перетворювача $H(\mathbf{x})$, де довільна точка поверхні тканини задається радіус – вектором \mathbf{x} , то деформації поля датчика можна як афінного перетворення $\mathbf{x}_1 = A_0 \mathbf{x}$:

$$\mathbf{x}_1 = \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix}; \mathbf{x} = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}; \quad \left. \begin{aligned} x_1 &= a_{011}x + a_{012}y \\ y_1 &= a_{021}x + a_{022}y \end{aligned} \right\} \quad (2.29)$$

де x, y – координати вздовж утоку та основи відповідно. Для з'ясування суті коефіцієнтів a_{ij} розглянемо рис.2.4.

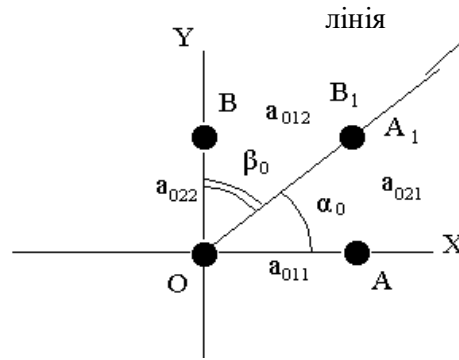


Рис. 2.4 Співвідношення розташування електродів датчика з параметрами деформації

Тут у центрі системи координат розташований електрод живлення O , а електроди $A = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$ і $B = \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$ є електродами недеформованого датчика і розташовані на осях, зорієнтованих уздовж утоку і основи відповідно.

Якщо $A_0 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$, то згідно з (2.29) деформації датчика відсутні. Якщо ввести матрицю деформації $A_0 = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$, то електрод A перетворюється на електрод $A_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$, а електрод B перетворюється на електрод $B_1 = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$. Як видно (див. рис. 2.7), за умови, що a_{011} та a_{022} рівні одиниці, коефіцієнт a_{021} відповідає тангенсу кута повороту лінії контролю для електрода A щодо осі X - α_0 , а коефіцієнт a_{012} – тангенсу кута повороту лінії контролю для електрода B щодо осі Y - β_0 .

При цьому елементи визначника $|A^*(A, A_0)|$ залежать від деформацій тканини і визначаються через параметри витяжки та перекосів. Так, $a_{11}^* = (1+\nu)a_{011}$, де ν - витяжка по утоку, $a_{22}^* = (1+\zeta)a_{022}$, де ζ - витяжка на основі. Коефіцієнти ν і ζ повинні бути представлені як відносні збільшення довжини тканини при відповідній деформації [2]. Коефіцієнт $a_{12}^* = \text{tg}(\beta_0 + \beta)$, де β -кут повороту основи, а коефіцієнт $a_{21}^* = \text{tg}(\alpha_0 + \alpha)$, де α -кут перекоосу утоку.

Для забезпечення чутливості до перекоосу згідно (2.27) задаємо вихідні параметри датчика: $a_{011} = 1$, $a_{022} = 1$, що відповідає відсутності деформацій датчика вздовж осей X та Y; $a_{012} > 0$, $a_{021} = 0$, що дає $\nu_0=0$, $\zeta_0=0$, $a_{021} = 0$ а параметр β_0 визначальний чутливість датчика підлягає визначенню під час виборів характеристики датчика. Таким чином, використовуючи (2.28), маємо:

$$|A^*(A, A_0)|^{-1} |A_0| = \frac{1}{(1+\nu)(1+\zeta) - \text{tg}(\beta_0 + \beta)\text{tg}(\alpha)}. \quad (2.30)$$

Орієнтація електродів, що відповідає (2.30) наведена на рис.2.5.

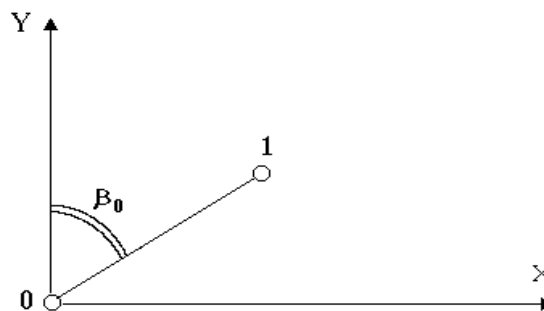


Рис. 2.5 Орієнтація електродів деформованого датчика

Тут вісь Y відповідає ниткам основи, вісь X – ниткам утоку. Електрод 0 живлення, електрод 1 прийомний. Очевидно, що в сигналі такого датчика буде

постійна складова. Для компенсації цієї складової необхідно використати диференціальну схему включення вимірювальних електродів. Для цього вводиться на розгляд компенсуюча підсистема, що дзеркально повернута щодо напрямку утоку і має внаслідок цього протилежний знак перекосу по утоку. Для різницевого сигналу на підставі (2.30) отримуємо:

$$\left|A_{-\alpha}^*(A, A_0)\right|^{-1}|A_0| - \left|A_{+\alpha}^*(A, A_0)\right|^{-1}|A_0| = \frac{2 \operatorname{tg}(\beta_0 + \beta) \operatorname{tg}(\alpha)}{[(1 + \nu)(1 + \zeta)]^2 - [\operatorname{tg}(\beta_0 + \beta) \operatorname{tg}(\alpha)]^2}. \quad (2.31)$$

Таким чином, на підставі (2.26) та використовуючи (2.31) отримуємо характеристику датчика $U(\nu, \zeta, \beta, \alpha)$ у вигляді:

$$U(\nu, \zeta, \beta, \alpha) = \frac{2 \operatorname{tg}(\beta_0 + \beta) \operatorname{tg}(\alpha)}{[(1 + \nu)(1 + \zeta)]^2 - [\operatorname{tg}(\beta_0 + \beta) \operatorname{tg}(\alpha)]^2} \cdot U(\nu_0, \zeta_0, \beta_0, \alpha_0) \quad (2.32)$$

де $U(\nu_0, \zeta_0, \beta_0, \alpha_0)$ визначає чутливість датчика й у випадку може залежати від вологості тканини, її артикула, складу волокна, виду взаємодії датчика з тканиною, конструкції датчика та інших параметрів. Орієнтація електродів відповідного датчика наведено на рис.2.6.

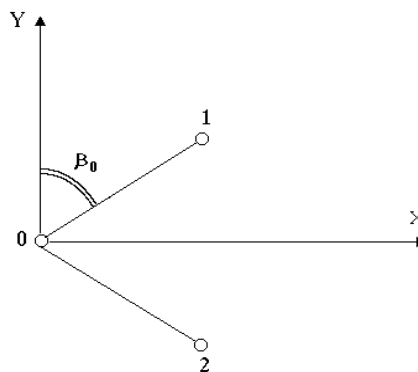


Рис. 2.6 Орієнтація електродів датчика з компенсуючою підсистемою

Враховуючи, що, в силу закріплення основи $\beta_0 \gg \beta$ і кут перекосу зазвичай лежить у діапазоні двох - семи градусів, можна вважати, що датчик здатний

забезпечити лінійну шкалу в межах малих кутів перекосу $U(\nu, \zeta, \beta, \alpha) \approx 2\alpha$. Однак наявність розриву в характеристиці при $2\alpha=45^\circ$, обумовленого наявністю функції тангенса, вказує на можливу появу грубих помилок і як видно з (2.31) необхідно вибирати параметри деформації датчика $\zeta_0=a_{022}$, $\beta_0=a_{012}$, $\alpha_0=a_{021}$ таким чином, щоб виконувалася умова:

$$\text{sign}\left\{\left((1+\nu)a_{011}(1+\zeta)a_{022}\right)^2 - \left(\text{tg}(a_{012}+\beta)\text{tg}(a_{021}+\alpha)\right)^2\right\} = \text{const} \quad (2.33)$$

З іншого боку, при збільшенні витяжки чутливість датчика падає і при $a_{011}a_{022} \gg a_{012}$ датчик повністю втрачає чутливість по перекосу.

Таким чином, можна припустити, що для досить широкого класу датчиків призначених для виявлення лінійних деформацій тканини існує проста методика розрахунку характеристики і чутливості перетворювача. Спільним для завдань даного класу є небезпека втрати однозначності характеристики датчика по куту перекосу утоку, що виникає за порушення умови (2.33). Враховуючи важливість визначення характеристики датчика та ступеня впливу на неї обурюючих факторів, у роботі проведено моделювання датчика на ЕОМ.

2.5. Побудова теоретичних характеристик датчика перекосу утоку

При дослідженні статичних характеристик датчика з математичної моделі (2.32) проводилася побудова з використанням ЕОМ відгуків датчика на зміну кута перекосу утоку та початкового кута β_0 установки чутливих елементів датчика. Отримані в ході моделювання залежності наведені на малюнку 2.7, 2.8.

Як видно з результатів моделювання, статичні характеристики датчика мають монотонний характер і при збільшенні початкового кута установки зростає чутливість датчика.

При аналізі можливих похибок датчика необхідно оцінити ступінь впливу неточності установки датчика (відхилення напрямку вертикальної осі датчика від напрямку ниток основи) на його статичну характеристику.

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

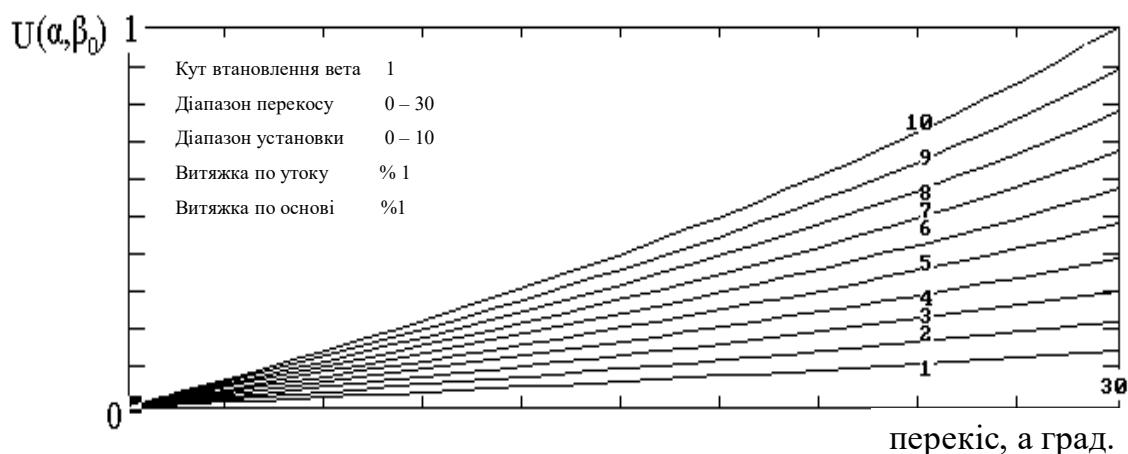


Рис. 2.7 Статична характеристика при різних кутах початкової установки $\beta_0=1...10$ градусів

Розрахунок проводився за програмою, наведеною у додатку А. Результати розрахунку наведено на рисунку 2.8.

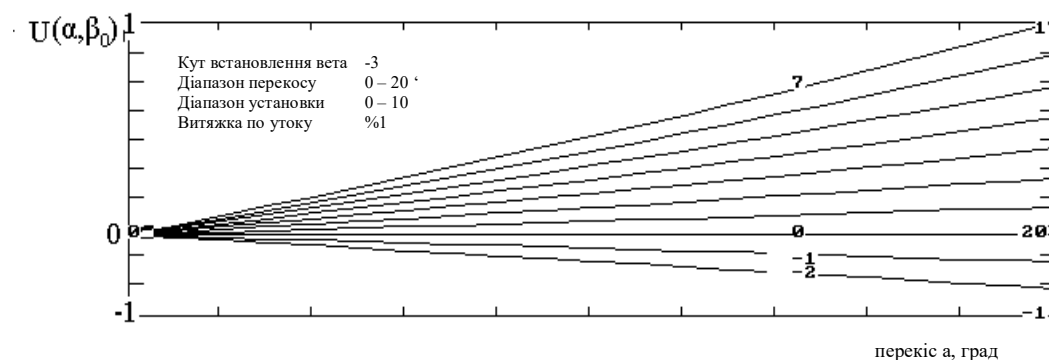


Рис. 2.8 Статична характеристика при помилці у вугіллі початкової установки $\beta_0 -3$ градуси

Як видно з результатів моделювання, витяжка істотно впливає на статичні характеристики датчика і можлива втрата адекватності навіть при малих кутах перекосу.

На основі отриманих статичних характеристик слід обмежувати кути початкової установки датчика 30- 45 градусами, що дозволяє забезпечити стійкість у робочому діапазоні перекосів і витяжок тканини.

Моделювання впливу випадкових збурень на сигнал датчика велося з використанням комп'ютерної програми Matlab. Для введення шумової складової використано генератор випадкових чисел з нормальним законом розподілу. Результати моделювання наведено на рис. 2.9.

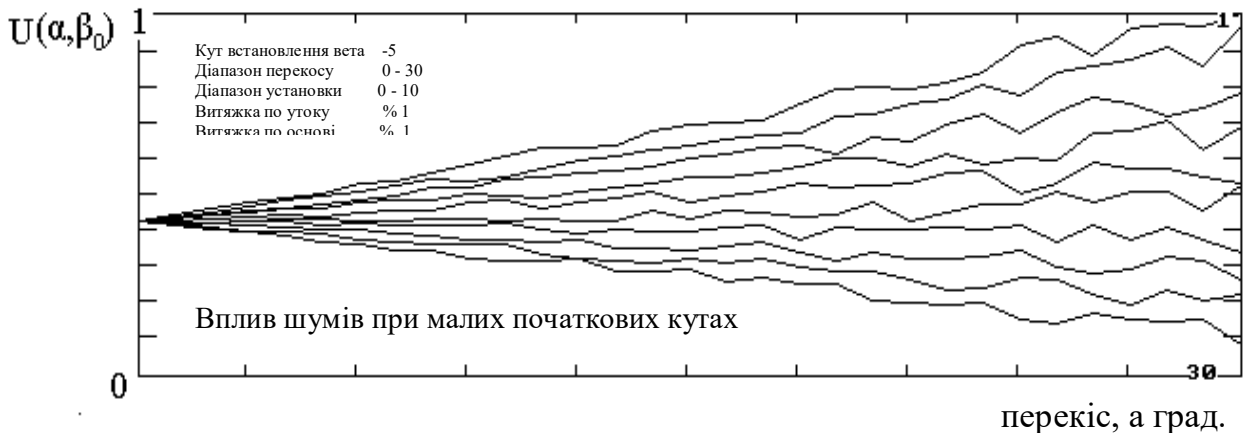


Рис. 2.9 Зниження шумової складової зі збільшенням кута установки датчика β_0

2.6. Висновки до розділу 2

Грунтуючись на проведених дослідженнях можна зробити такі висновки:

1. Математична модель датчика перекосу ниток, побудована на основі рядів Фур'є з використанням апарату імпульсних перехідних функцій, дозволяє оцінити вплив параметрів деформації тканини на сигнал датчика. Однак практичне використання подібної моделі утруднене через те, що на одній лінії обробки проходять обробку тканини різних артикулів, що по суті робить параметри моделі нестационарними.

2. Зважаючи на те, що взаємодія датчика перекосу утоку з тканиною має фінітний характер, зв'язок між сигналами датчика для деформованої та недеформованої тканини визначається лише параметрами деформації.

3. Якщо контроль порушення симетрії анізотропних властивостей тканини ведеться вздовж ниток основи або утоку, то чутливість такого датчика до

перекоосу утку залежатиме значною мірою від перекоосу на основі. Для роздільного спостереження деформацій тканини необхідно вести контроль анізотропії тканини вздовж напрямків, що не збігаються з нитками основи та утку, що забезпечується відповідною установкою чутливих елементів датчика.

4. Датчики даного класу мають характеристику, близьку до лінійної. Діапазон лінійності шкали датчика перекоосу утку залежить від установки чутливих елементів і може сягати 30° .

5. При прояві зміни витяжки тканини та значних кутів перекоосу можлива втрата однозначності показань датчика.

6. При збільшенні кута початкової установки чутливих елементів датчика відбувається значне зменшення рівня шумів щодо амплітуди корисного сигналу та збільшується чутливість датчика.

7. Характеристика датчиків даного класу монотонна, але існує небезпека втрати однозначності реакції датчика при великих кутах перекоосу та неоптимальній установці чутливих елементів.

8. Кут β_0 попередньої установки чутливих елементів датчика бажано вибирати в межах 20 – 45 градусів.

9. Узагальнена модель датчика контролю лінійних деформацій тканини може бути застосована для випадку, коли деформація анізотропної характеристики адекватна деформаціям тканини.

3 ПЕРЕВІКА АДЕКВАТНОСТІ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ

3.1 Дослідження статичних характеристик датчика перекосу утокових ниток

Використання узагальненої моделі для контролю деформацій тканини можливе лише у тому випадку, коли деформація анізотропної характеристики адекватна деформації тканини. З іншого боку в результаті аналізу отриманої моделі зроблено висновок про те, що співвідношення сигнал – шум істотно залежить від структури датчика і при використанні симетричного та недеформованого датчика співвідношення сигнал – шум погіршується при збереженні лінійного характеру залежності відгуку датчика від кута перекосу.

Таким чином, при перевірці адекватності моделі доцільно досліджувати:

1. Вплив перекосу тканини на анізотропію тканини.
2. Узгодження експериментальних характеристик датчика з лінійною моделлю в межах робочих кутів перекосу ($0 \div 9$).
3. Поведінка датчика з попереднім обуренням та аналіз адекватності отриманої математичної моделі експериментальним даним.

Для перевірки адекватності запропонованої моделі було використано конфігурацію контактного датчика, запропонованого у роботі [4] (рис.3.1).

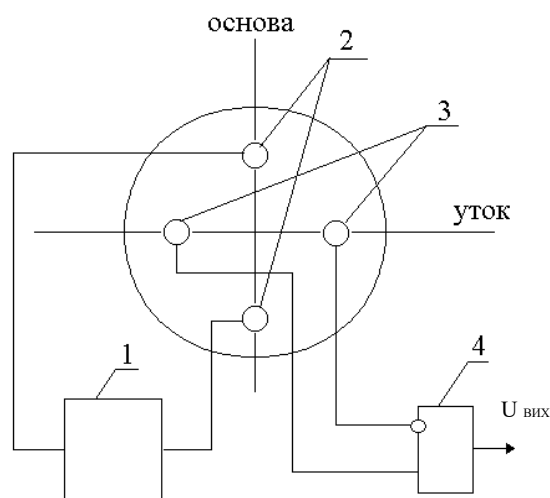


Рис. 3.1 Конфігурація контактної датчика

Де:

- 1 - вісь, що відповідає ниткам основи;
- 2 - електроди живлення;
- 3 - джерело напруги живлення;
- 4 - вимірювальні електроди;
- 5 - вісь, що відповідає ниткам утоку;
- 6 - диференціальний підсилювач;

Характер взаємодії такого датчика з тканиною відповідає умовам обмеженості та фінітності, сформульованими в розділі 2. Як видно (див. рис.3.1) датчик включений за мостовою схемою. На основі вищерозглянутого датчика запропоновано наступну конструкцію експериментальної установки:

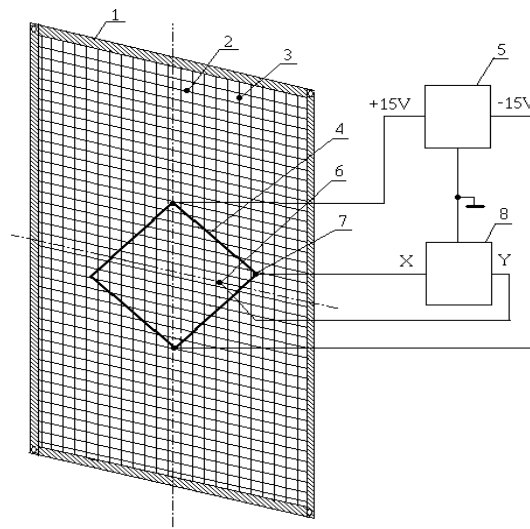


Рис.3.2 Загальна схема експериментальної установки

Де:

- 1 - рамка з тканиною;
- 2 - нитки основи;
- 3- нитки утоку;
- 4 - рамка з електродами;
- 5 - джерело двополярного живлення;

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

- 6 - вимірювальний електрод на тканині;
- 7 - вимірювальний електрод на рамці;
- 8 - двоканальний осцилограф;

Експериментальна установка є рівномірно натягнутою тканиною по периметру дерев'яної рамки 1 зі сторонами не менше 1 м. і розташований в середині рівносторонній датчик 4, зі стороною 0.16 м., що представляє собою мостову схему. Електроди, орієнтовані вздовж основи, жорстко з'єднані з тканиною і до них підключено напругу живлення. Електрод 7 при перекошуванні рамки 1 ковзає по тканині, і спільно електродами живлення утворює датчик контролю перекошу утоку, що не деформується. При виникненні перекошу порушується симетрія мостової схеми датчика і електроді 7 з'являється напруга розбалансу, відповідне перекошу утоку [5]. Електрод 6 жорстко з'єднаний з тканиною і спільно з електродами живлення утворює датчик, що деформується разом з тканиною. Якщо анізотроп тканини деформується адекватно перекошу утоку, зміни сигналу із закріпленого електрода будуть мінімальними.

Таким чином, дана система з двох датчиків дозволяє перевірити висновки про зв'язок анізотропної характеристики з перекошом і досліджувати статичні характеристики датчика перекошу.

Вимоги до розташування датчика всередині установки виходять з того, що є можливість впливу граничних натягів на показання досліджуваних характеристик датчика.

Експеримент проводився на зразку арт.149 "Бязь". Напруга живлення складала +12 В. Зважаючи на те, що робота проводилася на вологій тканині, необхідно було в першу чергу визначити залежність характеристик експериментальної установки від зміни вологості тканини. Зразок замочувався в дистильованій воді протягом 20 годин і віджимав на градуйованій плюсовці. Вологість контролювалася методом зважування і становила на початку експерименту 110%-115%, а наприкінці експерименту -5%-15%. У ході експерименту вологість зразка зменшувалась за рахунок природного випаровування вологи. Вимірювання проводилися через кожні 15 хвилин.

Експериментальні дані залежності сигналу датчика від часу сушіння наведені у таблицях 3.1-3.2.

Таблиця 3.1 Залежність чутливості датчика від вологості для ковзного контакту

Час сушіння, хв.	Значення напруги на ковзаючому електроді, В.							Середнє, В.	Дисперсія
	№ серії експериментів								
	1	2	3	4	5	6	7		
0	0	0	0	0	0,3	2	1,3	0,5	0,75
15	0,3	0,2	0,35	0,3	0,7	1,7	1,3	0,69	0,54
30	0,4	0,3	0,4	0,9	0,8	1,6	1,4	0,82	0,47
45	0,3	0,35	0,5	0,8	0,9	0,9	1,2	0,7	0,3
60	0,3	0,9	0,45	0,8	0,6	1,4	1,5	0,83	0,42
75	0,2	0,55	0,4	0,75	0,7	1,2	0,7	0,64	0,3
90	0,15	0,7	0,3	0,6	0,75	0,8	0,8	0,58	0,24
105	0,15	0,85	0,35	0,7	0,6	0,6	0,95	0,6	0,25
120	0,75	0,2	0,5	0,65	0,6	0,5	0	0,45	0,25
135	0,05	0,7	0,25	0,55	0,55	0,9	0,6	0,51	0,26
150	0	0,5	0,2	0,4	0,4	1,4	0,5	0,48	0,4
165	0	0,45	0,15	0,3	0,05	0,7	0,4	0,3	0,22
180	0,1	0,25	0,05	0,25	0,4	0,65	0,05	0,25	0,2
195	0,06	0,05	0	0,05	0,3	0,1	0,2	0,1	0,08
210	0,2	0,05	0,1	0	0,05	0,1	0,1	0,08	0,05

Таблиця 3.2. Залежність чутливості датчика від вологості
для закріпленого контакту

Час сушіння, хв.	Значення напруги на ковзаючому електроді, В.							Середнє, В.	Дисперсія
	№ серії експериментів								
	1	2	3	4	5	6	7		
0	0,95	1,65	1,5	0,8	1,5	2,5	2,5	1,62	0,62
15	1,2	1,8	2	1	1,85	2	2,3	1,73	0,43
30	1,22	1,85	1,7	1,6	1,8	2,2	2,4	1,82	0,35
45	1,15	1,95	1,9	1,7	2	2,1	2,35	1,87	0,34
60	1,25	2,4	1,95	1,5	2,1	1,9	2,4	1,92	0,4
75	1,1	2,1	2,15	1,45	2,5	1,8	2,1	1,88	0,43
90	1	1,9	1,8	1,6	1,95	1,95	1,9	1,72	0,31
105	1,3	2,4	1,85	1,45	1,8	2,1	1,8	1,82	0,34
120	1	2,05	1,8	1,6	1,7	1,95	1,8	1,7	0,31
135	1,2	2,05	1,7	1,5	1,85	1,7	1,95	1,7	0,26
150	1,1	1,9	1,5	1,6	1,65	1,6	2	1,62	0,27
165	1,4	1,6	1,6	1,7	1,7	1,65	1,7	1,62	0,01
180	1,45	1,8	1,65	1,45	1,55	1,8	1,9	1,65	0,17
195	1,3	1,7	1,45	1,5	1,3	1,6	1,6	1,5	0,14
210	1,2	1,75	1,4	1,3	1,3	1,2	1,6	1,4	0,19

Оскільки швидкість випаровування вологи залежить від багатьох параметрів [7], то визначення вологості була побудована залежність вологості досліджуваного зразка від часу сушіння (рис.3.3).

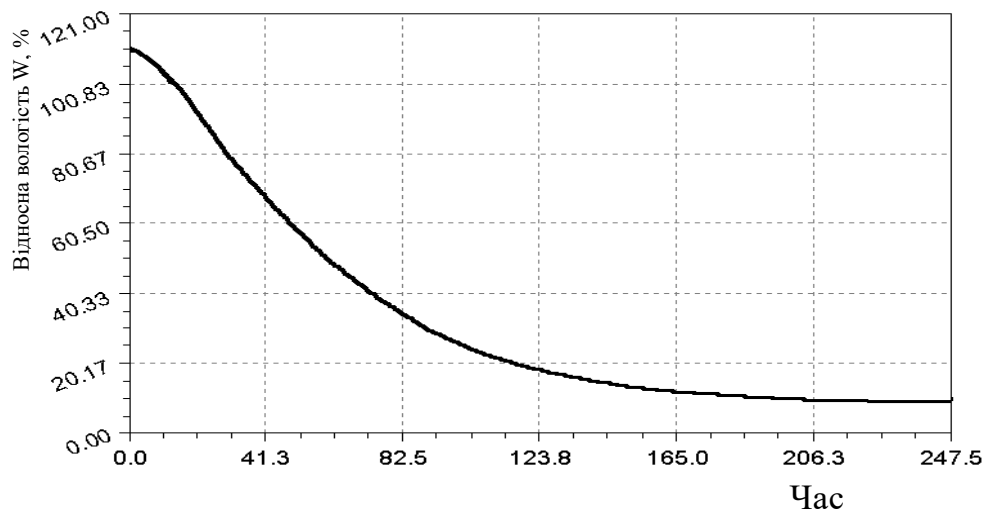


Рис.3.3 Залежність вологості тканини від часу

Графіки, отримані на підставі даних табл.3.1, 3.2 наведено на рис 3.4 та 3.5. Регресія проводилася за допомогою програми CurveExpert.

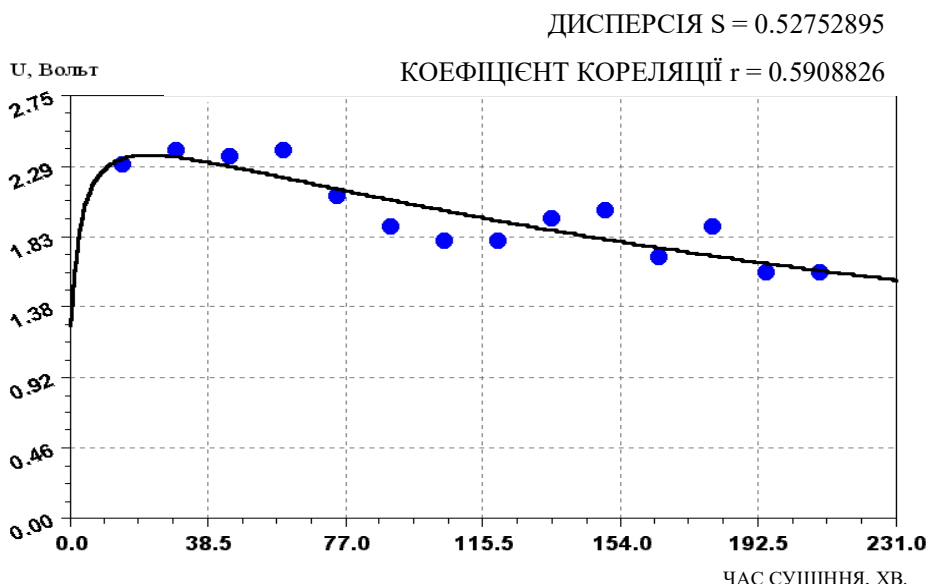


Рис. 3.4 Залежність сигналу ковзного електрода від вологості

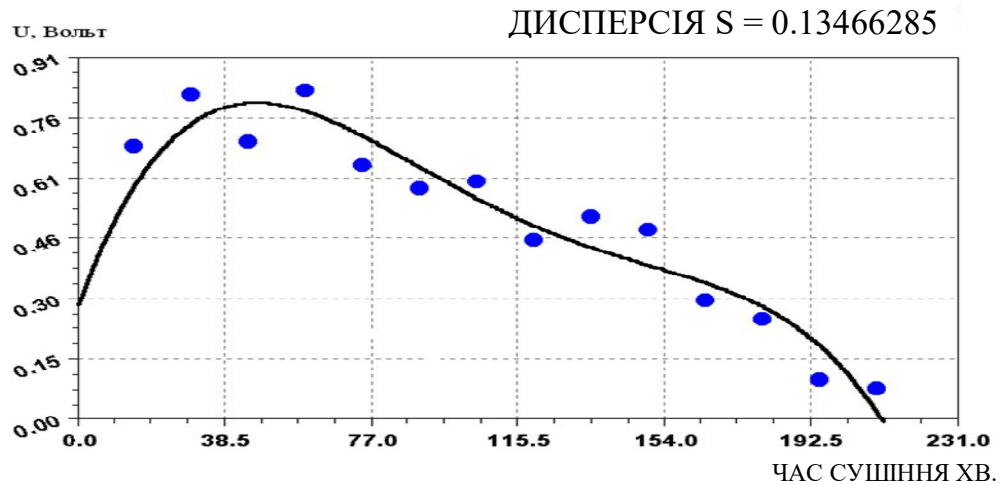


Рис. 3.5 Залежність сигналу закріпленого електрода від вологості

Із зменшенням вологості чутливість ковзного контакту зменшується, а чутливість закріпленого контакту залишається практично на одному рівні, що свідчить про те, що характеристика анізотропії опору деформується адекватно деформації тканини. Зменшення чутливості ковзного контакту пояснюється тим, що зі зменшенням вологості провідність тканини зменшується, що веде за собою збільшення шумового сигналу на контакт. Як видно з отриманих результатів, для отримання адекватних статичних характеристик датчика перекосу необхідно підтримувати вологість досліджуваного зразка у постійних межах. Максимум чутливості ковзного електрода згідно з характеристикою (див. рис.3.4) спостерігається при вологості 40% - 90%. Тому вологість досліджуваних зразків у всіх подальших експериментах підтримувалася лише на рівні $75\% \pm 5\%$. Дані дослідів наведені у таблицях 3.3-3.4.

Таблиця 3.3 Залежність напруги на ковзному електроді від кута перекосу тканини

Перекіс, гр.	Значення тиску на ковзаючому електроді, В				
	№ серії експериментів				
	1	2	3	4	5
0	0,3	-0,6	-0,8	0,3	-0,6
2	0,2	-0,4	-0,7	0,1	-0,5
4	0,2	-0,4	-0,9	-0,2	-0,1
6	0,15	-0,6	-0,7	-0,5	-0,4
8	0,1	-0,8	-0,6	-0,7	-0,9
10	-0,4	-0,9	-0,8	-0,6	-0,8

Отримані дані опрацьовано за допомогою програми STADIA:

ПРОСТА РЕГРЕСІЯ.

Змінні: x1 x2

Модель: лінійна $Y = a_0 + a_1 * x$

Гіпотеза 1: Регресійна модель адекватна експериментальним даним

Графік отриманої залежності наведено на рис.3.6

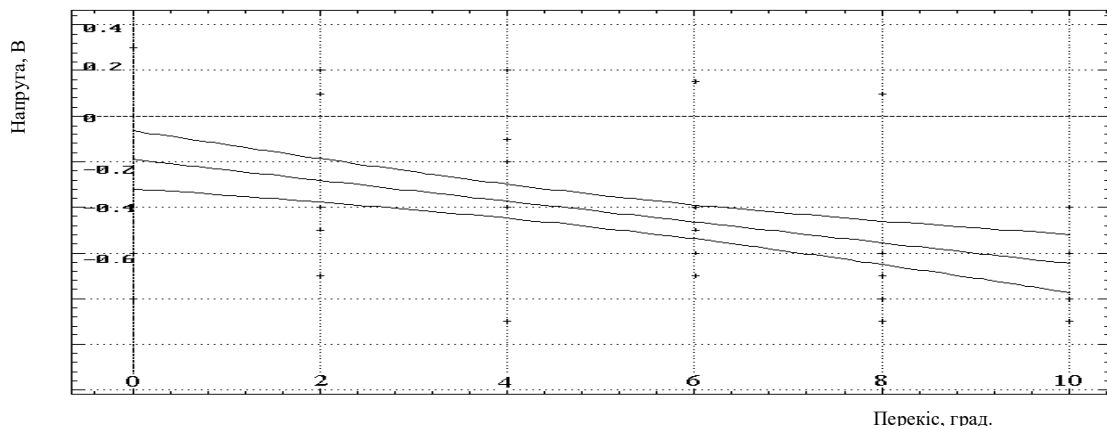


Рис. 3.6 Характеристика датчика для ковзаючого контакту (Проста регресія)

Таблиця 3.4 Залежність напруги на закріпленому електроді від кута перекосу тканини

Перекіс, гр.	Значення напруги на нерухомому електроді, В				
	№ серії експериментів				
	1	2	3	4	5
0	-1,4	-1,6	-1,1	-0,9	-1,2
2	-1,5	-1,4	-1,1	-1	-0,9
4	-1,4	-1,5	-1	-1,1	-1,3
6	-1,5	-1,6	-1,2	-1,2	-1,4
8	-1,5	-1,55	-1,3	-1,2	-1,45
10	-1,5	-1,6	-1,3	-1,3	-1,4

Результати обробки даних таблиці 3.4 для закріпленого контакту.

ПРОСТА РЕГРЕСІЯ.

Змінні: x1 x2

Модель: лінійна $Y = a_0 + a_1 * x$

Гіпотеза 1: Регресійна модель адекватна експериментальним даним

На рис. 3.7 наведено графік отриманої залежності.

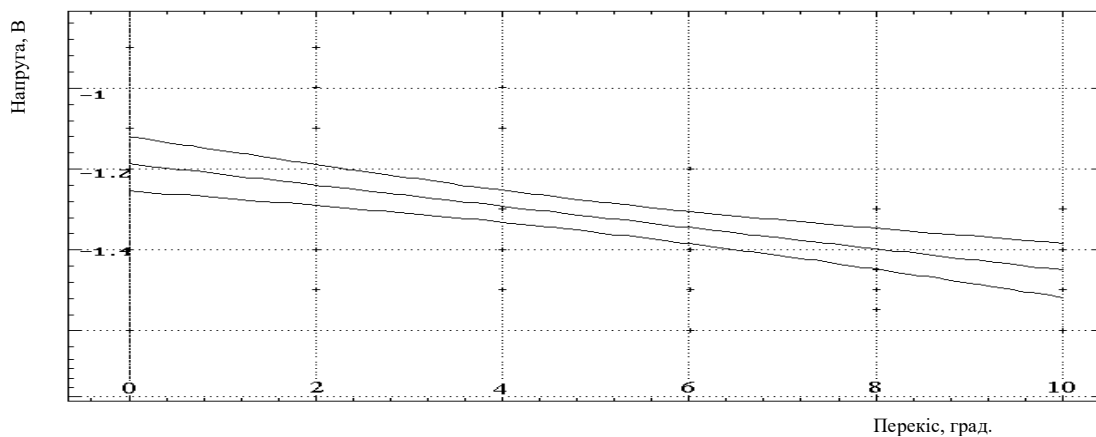


Рис. 3.7 Характеристика датчика для нерухомого контакту (Проста регресія)

Результати обробки даних таблиці 3.5 для ковзаючого контакту.

ПРОСТА РЕГРЕСІЯ.

Змінні: x_1 x_3

Модель: лінійна $Y = a_0 + a_1 * x$

Гіпотеза 1: Регресійна модель адекватна експериментальним даним

На рис.3.8 наведено графік отриманої залежності.

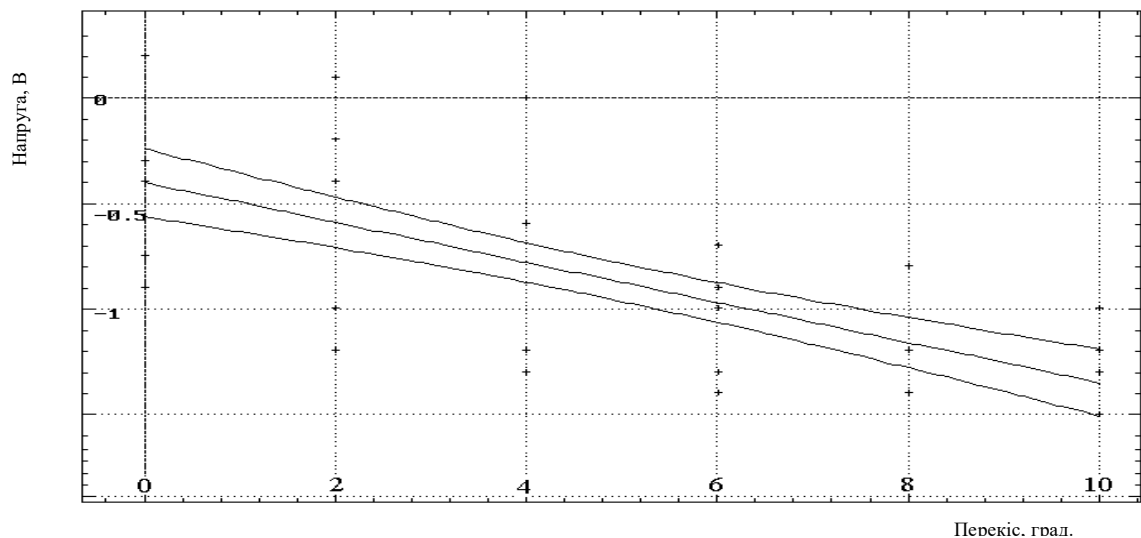


Рис.3.8 Залежність напруги на ковзаючому електроді від перекосу за відсутності витяжки

Таблиця 3.6 Залежність напруги від перекосу на закріпленому електроді без витяжки тканини

Пере ко́с, гр.	Значення напруги на нерухомому електроді, В				
	№ серії експериментів				
	1	2	3	4	5
0	-1,9	-1,6	-1,5	-2	-1,4
2	-1,8	-1,6	-1,4	-1,9	-1,3
4	-1,7	-1,7	-1,7	-1,8	-1,5
6	-1,6	-1,9	-1,7	-1,9	-1,8
8	-1,6	-2	-2	-1,8	-2
10	-1,5	-2	-1,9	-2,1	-2

Результати обробки даних таблиці 3.6 нерухомого контакту.

ПРОСТА РЕГРЕСІЯ. Змінні: x1 x4

Модель: лінійна $Y = a_0 + a_1 * x$

Гіпотеза 1: Регресійна модель адекватна експериментальним даним

На рис.3.9 наведено графік отриманої залежності.

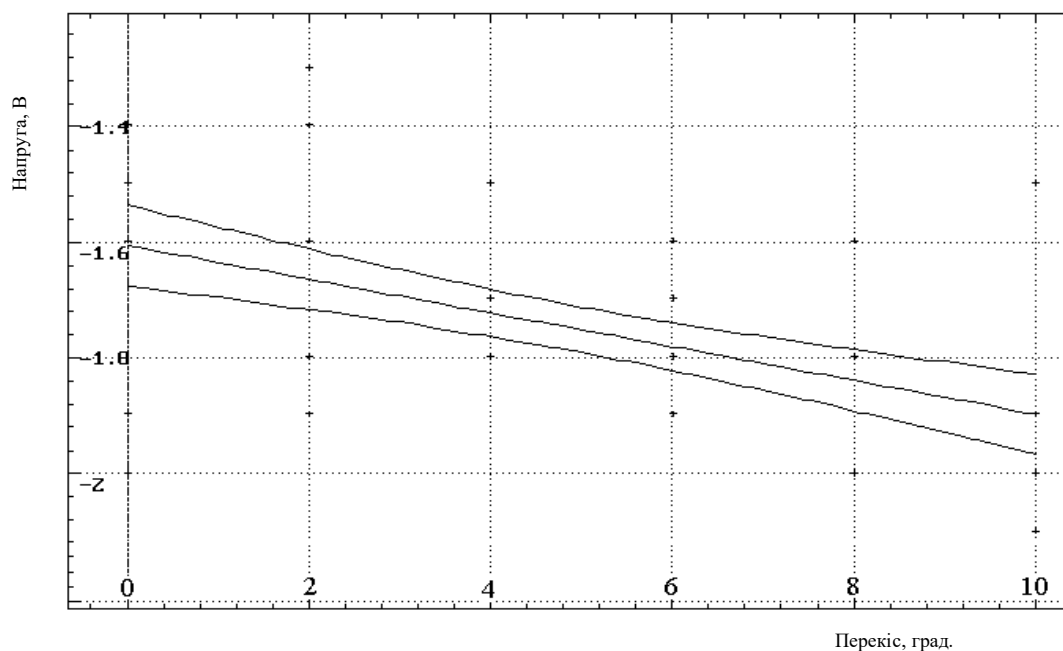


Рис.3.9 Залежність напруги на нерухомому електроді від перекосу за відсутності витяжки

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

Таблиця 3.7 Залежність напруги від перекосу на рухомому електроді з витяжкою на основі 5%

Перекіс, гр.	Значення напруги на ковзаючому електроді, В				
	№ серії експериментів				
	1	2	3	4	5
0	-0,8	-0,6	-0,8	-1,1	-0,6
2	-0,9	-0,7	-0,9	-1,2	-0,6
4	-1	-0,9	-1,3	-1,1	-0,7
6	-1,2	-1,1	-1,5	-1,4	-0,95
8	-1,2	-1,6	-1,6	-1,5	-1,1
10	-1,3	-1,7	-1,6	-1,5	-1,1

Результати обробки даних таблиці 3.7 для ковзного контакту.

ПРОСТА РЕГРЕСІЯ.

Змінні: x1 x5

Модель: лінійна $Y = a_0 + a_1 * x$

Гіпотеза 1: Регресійна модель адекватна експериментальним даним

На рис.3.10 подано графік отриманої залежності.

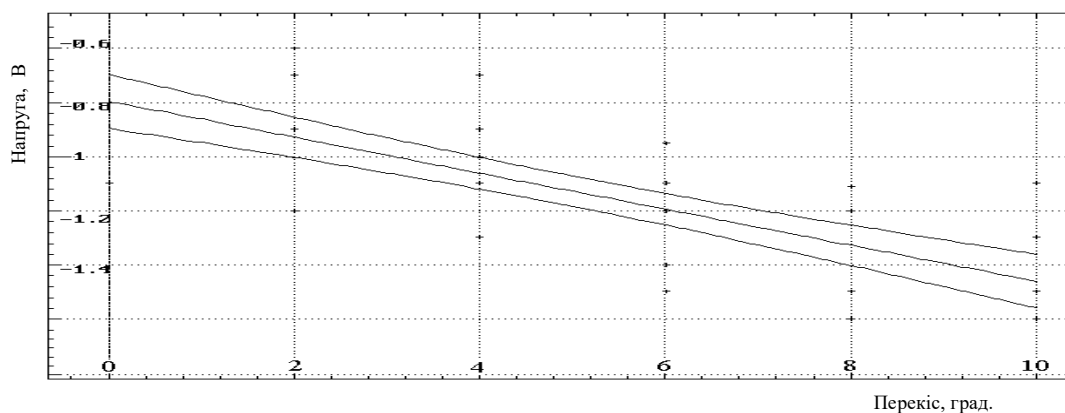


Рис.3.10 Залежність напруги на ковзному електроді від перекосу при витяжці 5%

Таблиця 3.8 Залежність напруги від перекосу на рухомому електроді з витяжкою на основі 5%

Перекус, гр.	Значення напруги на нерухомому електроді, В				
	№ серії експериментів				
	1	2	3	4	5
0	-5,25	-5,3	-5,1	-5,4	-5,3
2	-5,3	-5,3	-5,1	-5,43	-5,2
4	-5,4	-5,4	-5,15	-5,45	-5,3
6	-5,45	-5,5	-5,2	-5,5	-5,35
8	-5,5	-5,55	-5,2	-5,5	-5,45
10	-5,5	-5,5	-5,25	-5,45	-5,45

Обробка даних табл. 3.8:

ПРОСТА РЕГРЕСІЯ.

Змінні: x1 x6

Модель: лінійна $Y = a_0 + a_1 * x$

Гіпотеза 1: Регресійна модель адекватна експериментальним даним

На рис.3.11 представлений графік даних табл.3.8.

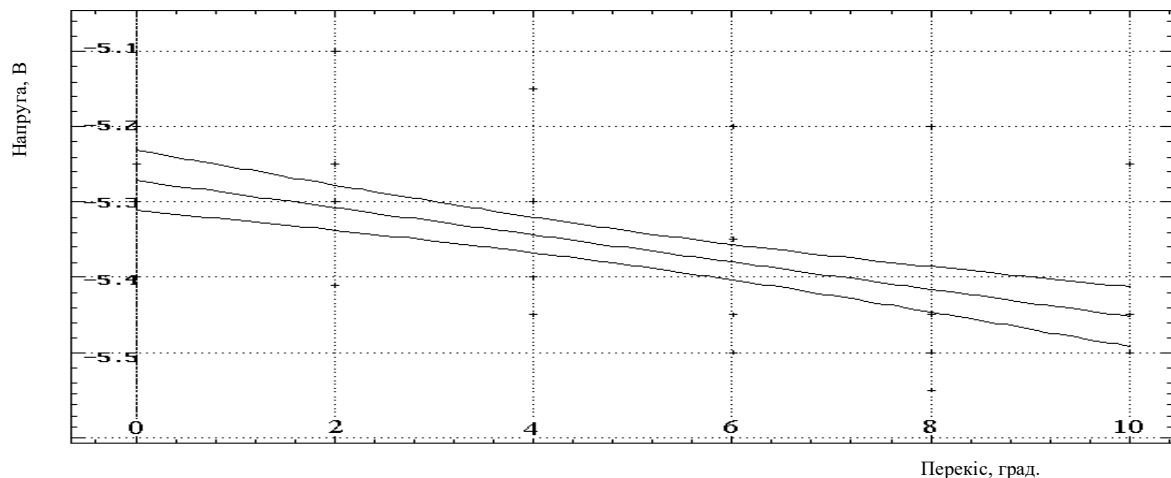


Рис.3.11 Залежність напруги на нерухомому електроді від перекосу при витяжці 5%

Як видно з отриманих даних, витяжка тканини призводить до зниження чутливості взаючого електрода і одночасно викликає різке збільшення постійної складової сигналу нерухомого контакту.

3.3. Дослідження датчика з диференціальною схемою включення вимірювальних електродів

Проведені дослідження показали, що похибки, що вносяться зміною вологості та витяжки тканини, мають адитивний характер. З метою зменшення адитивної складової сигналу було використано схему датчика з диференціальним включенням вимірювальних електродів. Для експерименту використовувалася установка, наведена на рис. 3.12.

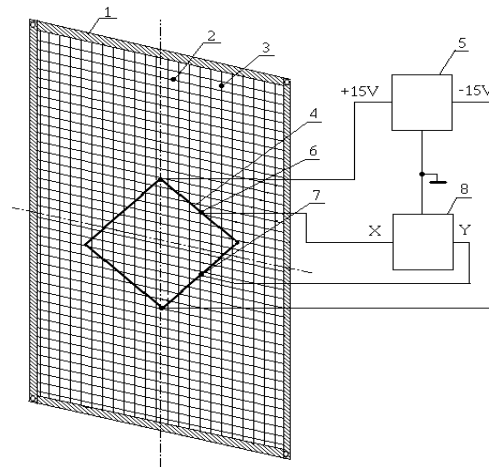


Рис. 3.12 Експериментальне встановлення з диференціальним включенням вимірювальних електродів

Тут ковзаючі електроди 6 і 7 розташовані симетрично на суміжних плечах рамки 4 щодо горизонтальної осі рамки і підключені до диференціального входу осцилографа 8. Дані досліду наведені в таблицях 3.9 - 3.10.

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

Таблиця 3.9 Показники датчика для диференціального включення та перекосу вліво, В.

Перекіс, гр.	Різниця напруги на рухомих електродах, В				
	№ серії експериментів				
	1	2	3	4	5
0	0	0	0	0	0
2	0,06	-0,036	-0,06	-0,04	-0,05
4	-0,1	-0,08	-0,11	-0,12	-0,09
6	-0,14	-0,17	-0,14	-0,15	-0,13
8	-0,24	-0,22	-0,22	-0,23	-0,21
10	-0,3	-0,32	-0,31	-0,31	-0,3

Результати досвіду опрацьовані за допомогою програми "STADIA".

ПРОСТА РЕГРЕСІЯ.

Змінні: x1 x7

Модель: лінійна $Y = a_0 + a_1 * x$

Гіпотеза 1: Регресійна модель адекватна експериментальним даним

Графік даних табл. 3.9 представлено на рис.3.13.

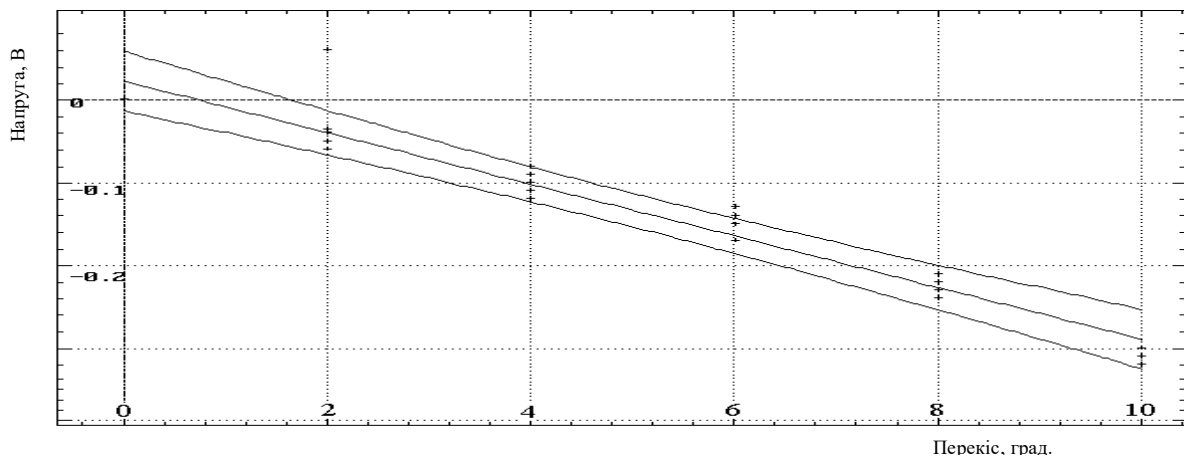


Рис. 3.13 Характеристика датчика при перекосі вліво (проста регресія)

Таблиця 3.10 Показники датчика для диференціального включення та перекосу вправо, В.

Перекіс, гр.	Різниця напруг на рухомих електродах, В				
	№ серії експериментів				
	1	2	3	4	5
0	0	0	0	0	0
2	0,08	0,08	0,07	0,07	0,06
4	0,14	0,16	0,15	0,14	0,13
6	0,24	0,25	0,23	0,25	0,22
8	0,3	0,29	0,28	0,27	0,29
10	0,36	0,34	0,34	0,33	0,34

Обробка даних табл.3.10.

ПРОСТА РЕГРЕСІЯ.

Змінні: x1 x8

Модель: лінійна $Y = a_0 + a_1 * x$

Гіпотеза 1: Регресійна модель адекватна експериментальним даним

Графік даних табл.3.10 наведено на рис.3.14

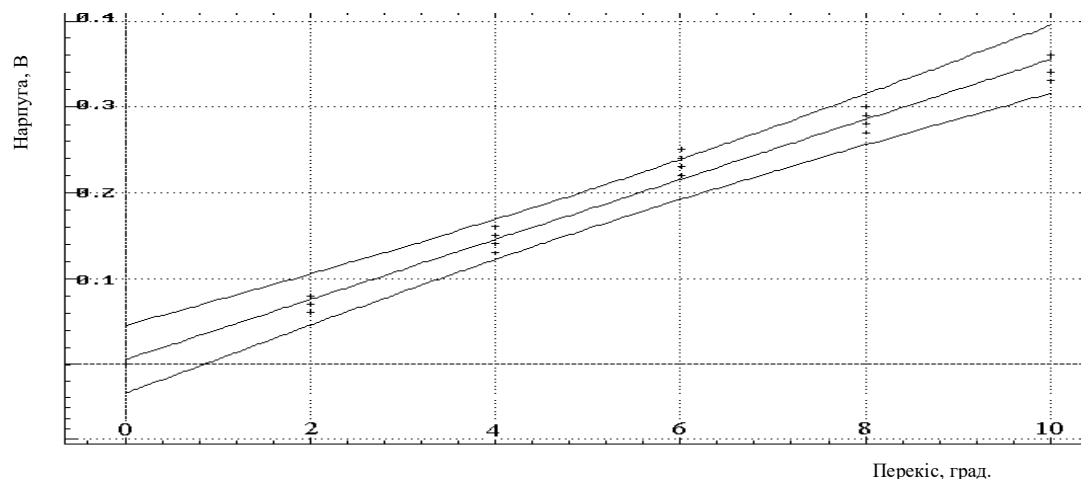


Рис. 3.14 Характеристика датчика під час перекосу вправо (проста регресія)

Як видно з отриманих результатів, диференціальне включення електродів датчика призвело до істотного зменшення розкиду показань та зміщення нуля датчика, що підтверджує, правильність припущення про адитивний характер перешкоди.

3.4. Висновки до розділу 3

З проведених експериментальних досліджень можна зробити такі висновки:

1. Статична характеристика датчика перекосу адекватна математичній моделі й у робочому діапазоні кутів перекосу описується лінійною залежністю.

2. Зміна вологості призводить до зміни амплітуди корисного сигналу, змінюється співвідношення між амплітудою сигналу структури тканини і сигналу пов'язаного з поверхневою вологою.

3. Витяжка в зоні датчика призводить до появи сигналу датчика адитивної складової.

4. Підтверджується припущення про доцільність використання диференціальних датчиків з попереднім кутом встановлення. Різнісний сигнал з датчика має більш стабільну чутливість і щодо малий розкид параметрів датчика.

Проведені дослідження дозволяють зробити висновок про гарне узгодження експериментальних та теоретичних даних. Однак істотний вплив збурень з боку характеристик тканини на відгук датчика та необхідність вибору фізичного взаємодії, найбільш зручного для побудови безконтактного датчика, вимагає ретельнішого дослідження електричних анізотропних властивостей тканини та їх зв'язку з фізико-механічними властивостями тканини, а також її деформацією.

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ АНІЗОТРОПНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТКАНИНИ

4.1. Експериментальне дослідження анізотропії тканини

Виходячи з результатів теоретичних досліджень показано можливість створення датчика положення утокових ниток, заснованого на контролі анізотропних властивостей тканини. Розробка даного питання вимагає як теоретичного аналізу а й експериментального дослідження з метою уточнення можливостей використання тих чи інших фізичних взаємодій. Так само необхідно враховувати, що спроби використання датчиків даного типу відносяться тільки до механічних взаємодій і контактних електричних датчиків, які не знайшли широкого застосування через наявність контакту з тканиною. Виходячи з даних міркувань у роботі проведено широке дослідження проявів анізотропних властивостей тканин та можливих структур датчиків.

Загалом проблема створення на тканині асиметричного поля була розглянута в розділі 1. Експериментальні дослідження оптичних анізотропних властивостей тканини наведені в роботах [2,7].

Результати досліджень механічних анізотропних властивостей наведено у роботах [2,7,8,12]. Для спостереження механічної анізотропії створювалося штучне розтягування тканини за допомогою кульової опори, втиснутої в тканину.

Надалі експеримент з метою усунення неминучого впливу кульової опори на структуру тканини і, отже, на анізотропну характеристику, проводився неконтактним способом [2,12]. За допомогою динамічної голівки ГД18 у зразку тканини порушувалися механічні коливання частотою 75 Гц. На поверхню тканини насипалася металева тирса дисперсністю 0,2 мм.

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

Можна помітити загальну закономірність, що орієнтація ізотропної складової слідує за рапортом тканини, а поворот анізотроп відбувається у напрямку перекосу.

Крім наведеного візуального сприйняття зазначених характеристик проводилося вимірювання амплітуд звукової хвилі з використанням мікрофона МД-200. Максимуми звукового тиску відповідають напрямку ниток основи і утку, кут повороту анізотропи відповідає перекосу нитки. Анізотропія тканини описується еквіпотенціалами (рис. 4.1)

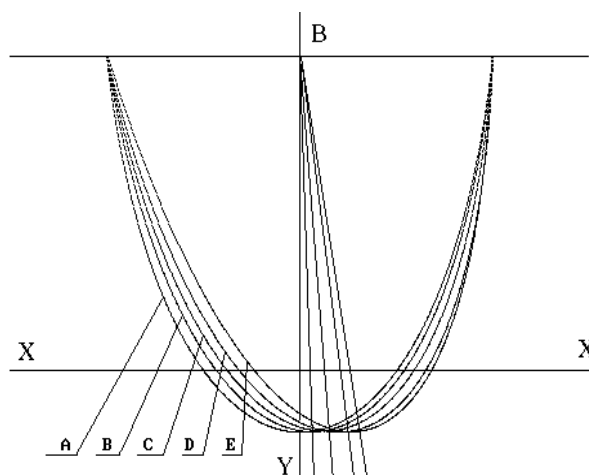


Рис. 4.1 Сімейство еквіпотенціалей, знятих контактним способом

Експеримент проводився на круглих зразках тканин різних артикулів. Джерело напруги підключався до центру зразка точку В. За допомогою вольтметра вимірювалася напруга на поверхні тканини. Осі еквіпотенціалей А, В, С повертаються щодо т.в.

4.2. Дослідження електричної анізотропії сухої тканини

Наявність контакту між датчиком та тканиною обмежує можливості його практичного застосування та знижує точність експериментальних досліджень. Для успішного дослідження електричної анізотропії безконтактним способом

необхідно вирішити проблему створення на тканині асиметричного електричного поля і проблему знімання інформації з поверхні тканини [3,7]. З цією метою було запропоновано наступну еквівалентну схему системи датчик-тканину (рис.4.2).

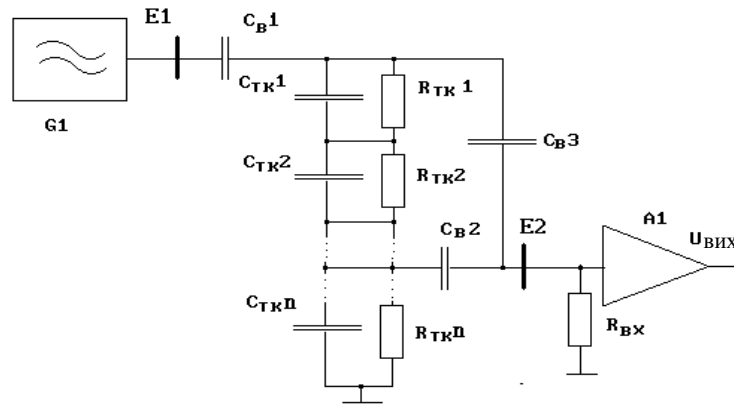


Рис. 4.2 Електрична еквівалентна схема системи датчик-тканина

Де $G1$ - джерело напруги живлення (генератор); 2- вимірювальний підсилювач; C_{B1} - ємність між електродом живлення і тканиною; $R_{TK1}...R_{TKn}$, $C_{TK1}...C_{TKn}$ - опори та ємності елементарних ділянок тканини, що залежать від виду переплетення; C_{B2} - ємність між приймальним електродом та тканиною; C_{B3} - ємність між електродами живлення та прийому. Індекс "в" означає, що діелектриком у зазначених ємностях є повітря. У моделі не враховуються відповідні індуктивності через низьке значення магнітної проникності тканини.

Як видно (див. рис.4.5), запропонована еквівалентна схема висуває такі вимоги до технічної реалізації даного способу:

1. Для забезпечення максимальної чутливості ємності C_{B1} і C_{B2} повинні мати максимально можливу величину.

2. R_{BX} вимірювального підсилювача має значно перевищувати опір джерела сигналу - Z_{TK} , що складається з R_{TK} і C_{TK} (див. рис.4.5). Для сухих тканин, наприклад, $R_{BX} > 1\text{Мом}$ [3].

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

3. Величина ємності $C_{в3}$ повинна бути мінімальна, щоб забезпечити найменший рівень сигналу складової електричного поля, не пов'язаної з тканиною.

Для виконання умови 1 необхідно мати електроди живлення та прийому максимально можливої площі з мінімально можливим зазором між електродом та тканиною. Збільшення частоти генератора також знижує опір ємностей $C_{в1}$ і $C_{в2}$, проте одночасно знижується опір ємностей $C_{в3}$ і $C_{тк}$.

Як очевидно з вищесказаного, задоволення вимоги 1 необхідно оптимізувати розміри електродів 1 і 2, з міркувань максимальної чутливості, і навіть обмежень, накладаних розмірами зони контролю, тобто. розмірами самого датчика. Оптимальна частота генератора залежить як від співвідношення ємностей $C_{в1}$, $C_{в2}$ і $C_{в3}$, так і від співвідношення $R_{тк}$ і $C_{тк}$, що визначається видом волокна, текстом пряжі і вологістю тканини.

Виконання умови 3 також співвідноситься з умовами п.1, дозволяє зробити висновок, що конструкція датчика матиме компромісний характер. Виконання умови 2 при використанні сучасної елементної бази не становить особливої складності.

Слід зазначити велику складність в організації експериментальних досліджень при отриманні розглянутих у розділі 2 характеристик для повної моделі системи вплив тканин-перетворювач, що пов'язано з вимогами, що пред'являються до вимірювальної апаратури та умов проведення експерименту на зволоженій тканині. Тому слід визнати доцільним поетапне проведення досліджень:

1. Дослідження можливості неконтактного створення та контролю електричного поля на сухій тканині.
2. Дослідження анізотропних властивостей вологих тканин.
3. Створення на основі теоретичних даних та експериментальних досліджень датчика перекошу утокових ниток.

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

Для дослідження анізотропних властивостей тканини було розроблено наступну експериментальну установку (рис. 4.3).

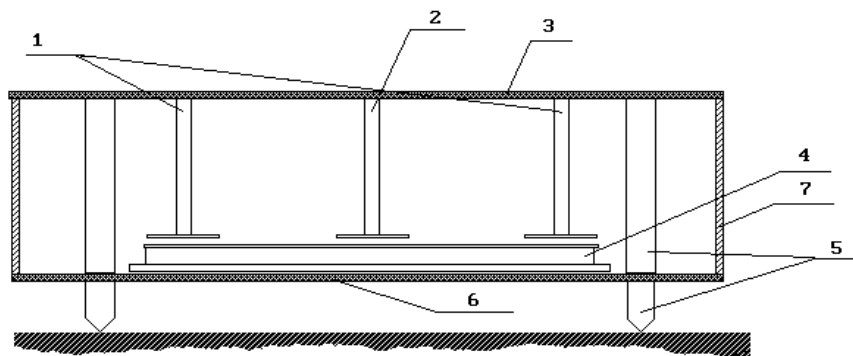


Рис. 4.3 Установка для неконтактного дослідження анізотропних властивостей тканини

Установка складається з електродів живлення 1 вимірювального електрода 2 диска з отворами 3 для установки електродів. Отвори просвердлені по концентричних колах через кожні 5 градусів, радіус кіл збільшується з кроком 10 мм. Така конструкція дозволяє контролювати сигнал із поверхні зразка практично по всій його поверхні. Одночасно з місцем встановлення можна регулювати висоту становлення електродів. На кільце 4 натягується зразок досліджуваної тканини. Кільце обертається на підставці 6. Вся конструкція змонтована на стійках 5. Для захисту від зовнішніх полів та формування межі поля встановлений кільцевий екран з жерсті 7, висотою 100 мм. Всі елементи конструкції за винятком екрану та екранованих стійок електродів виготовлені з діелектрика (оргскла), що забезпечує мінімальні спотворення електричного поля та зручність спостереження за станом тканини та електродів.

Для визначення робочої частоти було знято частотні характеристики системи (рис. 4.4). Як джерело сигналу використовувався генератор Г18, амплітуда напруги становила 25 В.

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ХНТУ 151.КРМ.24.014 ПЗ

Арк.

75

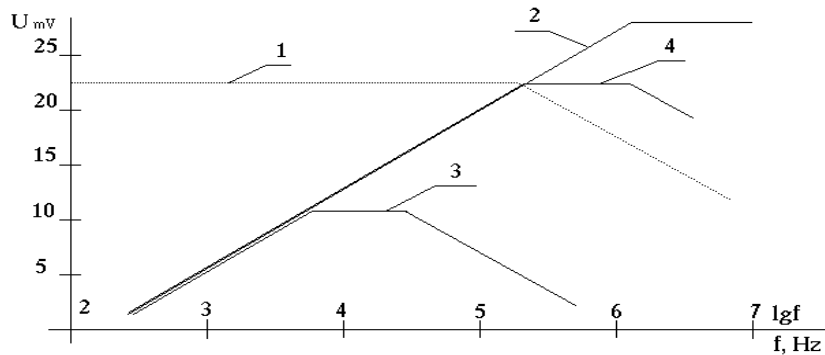


Рис. 4.4 АЧХ експериментальної установки

У цілому АЧХ установки для тканини вологістю 70-90 % відповідає реальній диференціюючій ланці І-го порядку, що відповідає еквівалентній схемі рис. 4.5. Частота $f_H = 5 \text{ МГц}$ (АЧХ 2). Однак через те, що в наступних трактах використовувалися підсилювачі на ОУ К544УД2 $K_y = 100$ і $f_H = 200 \text{ кГц}$, АЧХ 1, то результуюча АЧХ системи тканина-датчик-підсилювач має $f_H = 200 \text{ кГц}$ і $f_B = 5 \text{ МГц}$, АЧХ 4. можлива робоча частота була прийнята 200 кГц . АЧХ 3 отримана тканини вологістю 3..5 %. Характеристика має $f_H = 20 \text{ кГц}$ та $f_B = 40 \text{ кГц}$, що пояснюється тим, що зі зростанням частоти ємність C_B починає шунтувати R_{TK} .

В ході експерименту було досліджено вплив форми електродів на конфігурацію електромагнітного поля.

Як очевидно, еквіпотенціали з відривом $R > 2l$ від центру електрода, де l - довжина електрода, перетворюються на концентричні кола з центром у т. О. Виходячи з отриманих результатів, було вирішено використовувати круглі електроди діаметром $0,02 \text{ м}$. Такий діаметр був обраний з міркувань компромісу між чутливістю та кількістю точок контролю електромагнітного поля.

З метою оптимізації системи було проведено дослідження взаємодії сухої тканини з електромагнітним полем певної конфігурації. У ході досліджень з'ясувалося, що найбільш прийнятним з погляду повторюваності та чутливості є поле, створене двома електродами, запитаними в протифазі (див. рис. 4.8, В).

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

Експеримент проводився на зразках тканини вологістю 3...5 % і діаметром 0,3 м., закріплених на кільці, що обертається рис. 4.7.

Для усереднення отриманих показників експеримент проводився по 5 разів на кількох зразках тканини одного артикулу. Для досвіду використовувалися зразки як із перекосом, і без перекосу. Максимальна величина перекосу сягала 9 градусів.

Дослідження проводилися на бавовняних тканинах наступних артикулів: "Ефектна" арт.1231, "Бязь" арт.149, "Батист" арт.1402, "Фініш".

Вимірювальна схема має вигляд несиметричного щодо структури тканини моста, утвореного електродами живлення 2, підключеними до генератора 1, електродами прийому 3,4, підключеними до диференціального підсилювача 5, що дозволяє контролювати за допомогою електрода 4 неоднорідність структури тканини. Електрод 3 використовується для компенсації постійної складової, обумовленої C_v так як він знаходиться посередині лінії, що з'єднує електроди генератора 1 і рівень сигналу не залежить від кута повороту досліджуваного зразка.

Максимум отриманих характеристик відповідає орієнтації ниток основи і утоку вздовж вимірювальних плечей моста, що складається з електродів, що живлять, 1, еквівалентних опорів ділянок тканини 2 і 3, і вимірювального електрода 4:

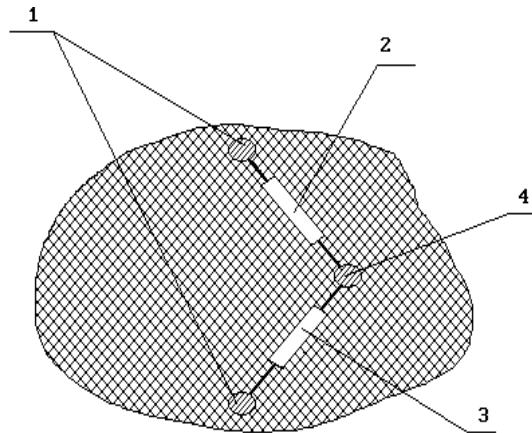


Рис. 4.5 Електрична модель тканини

Ці дані підтверджують результати, одержані контактним способом [3,4]. Поява витяжки призводить до зміни опору ниток основи або утку [3], що спричинює збільшення або зменшення "пелюсток" характеристики анізотропії тканини.

Перекіс ниток досліджуваного зразка викликає деформацію "пелюсток" характеристики, що полягає в їх повороті на кут, рівний куту перекосу, а також у збільшенні їх розмірів.

Висновки:

1. Проведені дослідження показали можливість створення електричного поля тканини неконтактним способом, і навіть можливість контролю симетрії цього поля.

2. Загалом отримані характеристики підтверджують припущення про адекватність анізотропії електричних властивостей тканини її структурі.

3. При перекосі досліджуваного зразка анізотропна характеристика перекошується відповідним чином, що дозволяє використовувати контроль симетрії анізотропії електричних властивостей контролю перекосу утокової нитки.

4.3. Дослідження електричної анізотропії вологої тканини

При розробці скануючого вузла було використано еквівалентна схема системи тканина – скануючий вузол (рис.4.5).

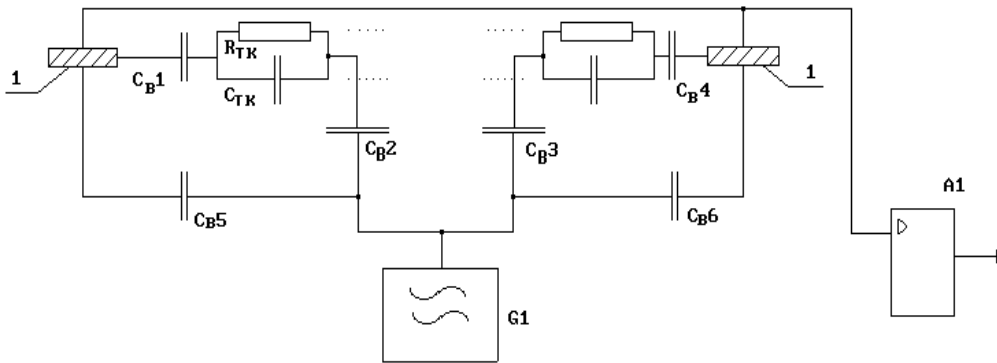


Рис. 4.5 Еквівалентна схема скануючого вузла

Сигнал напруги синусоїдальної форми з генератора G1 потрапляє на тканину через ємності $C_{в2}$, $C_{в3}$, утвореними тканиною і обертаються в площині, паралельної площині тканини живлять електродами 3 (див. рис. 4.19). По тканині сигнал поширюється через елементарні опори $R_{тк}$ та ємності $C_{тк}$. Через ємності $C_{в1}$, $C_{в4}$ між струмопровідним кільцем 2, і тканиною 1 (рис.4.5) сигнал надходить на вхід підсилювача A1. Посилений сигнал з виходу підсилювача надходить на схему формування сигналів по координатах X і Y, необхідний отримання кругових діаграм.

При проведенні експерименту виходили, перш за все, з необхідності вивчення характеристик реальних тканин широкого асортименту (бавовняні, камвольні). При цьому вивчали характер анізотроп залежно від зміни вологості, натягу, перекосу утокової нитки. Для дослідів бралися зразки розміром 300×300 мм і попередньо замочувалися в дистильованій воді протягом доби. Потім зразок тканини віджимав на відградуйованій плюсовці до необхідної відносної

вологості. Вологість варіювалася в межах 50-100%. Напряга живлення на всіх зразках тканин підтримувалося постійним і становила 10 В, тривалість експерименту не перевищувала 1 хв. Дослідження проводилися на тканинах наступних артикулів:

1. Бавовняні: Бязь арт. 149; Поплін арт. 1398; "Херсонка" арт.1302.
2. Вовняні: арт. Д-99 арт. 2219 арт. 1203.

Рівень сигналу вздовж ниток утоку та основи неоднаковий, причому для бавовняних тканин ця різниця набагато більша, ніж для вовняних. Найбільше значення амплітуда сигналу має при орієнтації електродів живлення вздовж ниток утоку, що підтверджує зроблені раніше висновки про вищу провідність утокових ниток.

Анізотропи для різних значень вологості наведено на рис.4.22. Вологість зразків задавалася шляхом віджиму на градуйованій пючовці і визначалася методом зважування.

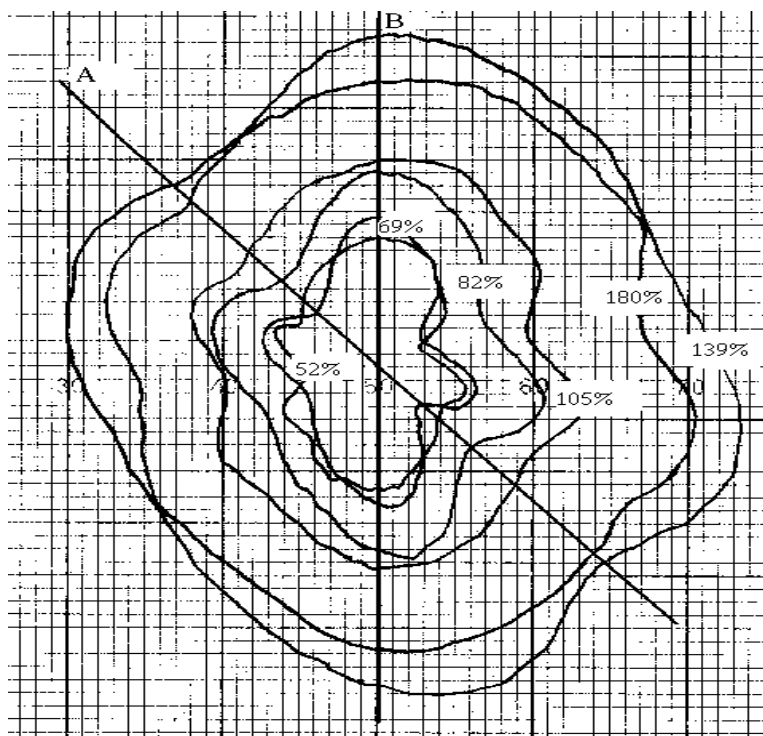


Рис.4.6 Анізотропи арт.1302 для різних значень вологості

Збільшення вологості тягне за собою "округлення" анізотропи, що пояснюється тим, що надмірна волога шунтує структуру тканини.

До основних видів деформацій тканини, крім перекосу, відносять ще й витяжку. Як було показано в розділах 2 і 3, витяжка істотно впливає на анізотропні властивості тканини і показання датчика перекосу. У ході експериментальних досліджень витяжка створювалася як уздовж основи, так і вздовж утоку. Розмір витяжки задавалася у відсотках від вихідної довжини зразка. Дослідження проводилися на зразках тканин різних артикулів з вологістю 50% - 65%.

Кут повороту пелюсток анізотропної характеристики становить $+10 -10$ градусів, що відповідає куту перекосу утоку і підтверджує дані, отримані на сухій тканині. Залежність кута повороту анізотропи від перекосу наведено на рис.4.7.

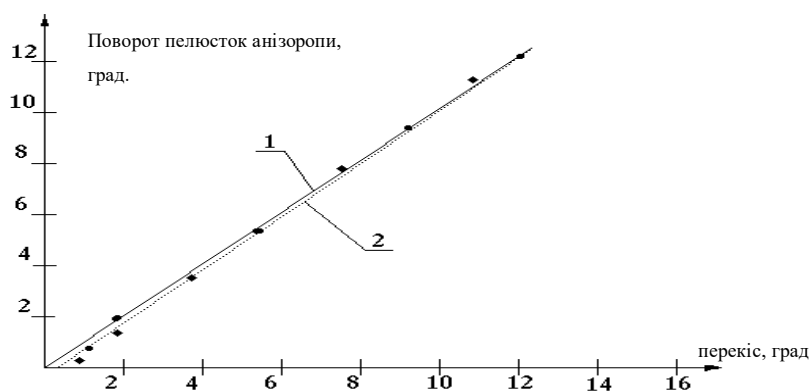


Рис.4.7 Залежність повороту анізотропи від кута перекосу

Характеристика 1 отримана для арт.142 "Бязь", характеристика 2 - для арт.1398 "Поплін". Відносна вологість досліджуваних зразків перебувала рівні не більше 50-60%. Як видно з графіків, між кутом перекосом утоку досліджуваного зразка і кутом повороту пелюсток анізотропи існує лінійна залежність, причому кут перекосу відповідає повороту пелюсток анізотропи.

Також були отримані характеристики чутливості залежно від артикула і вологості (рис.4.8). Для оцінки чутливості було прийнято параметр $S = U_{\max} / U_{\min}$, где U_{\max} – максимальне значення сигналу анізотропи вздовж осі В, а U_{\min} – мінімальне значення сигналу вздовж осі А (див. рис.4.22).

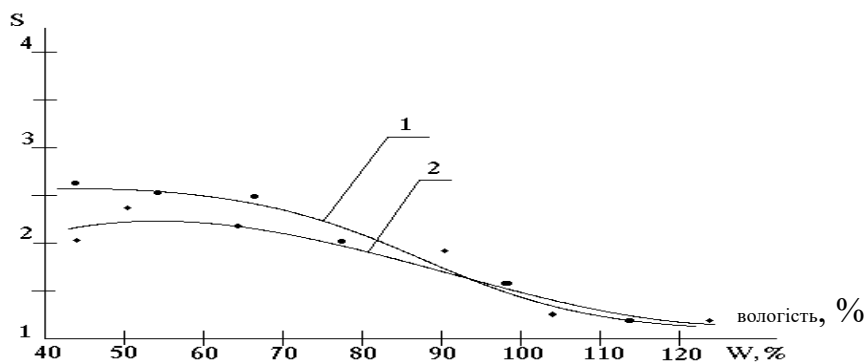


Рис.4.8 Залежність чутливості досліджуваних зразків від артикула та відносної вологості

На рис.4.26 графік 1 отримано для артикула 142 а гр. 2-для арт.1302. Як видно з отриманих графіків, в діапазоні відносної вологості від 40% до 90% мають чутливість не менше 2, що дозволяє зробити висновок про працездатність датчика перекоосу утоку при зміні вологості тканини в широких межах.

Крім тканини на установці для експрес-контролю анізотропних характеристик було отримано анізотропні характеристики деяких листових матеріалів (текстоліт, папір, керамічні плитки та інших.).

Висновки:

1. Анізотропні характеристики вологої тканини відповідають відповідним характеристикам, одержаним на сухій тканині.
2. Витяжка як по основі, так і по утоку змінює амплітуду пелюсток анізотропи, але не впливає на їх поворот, викликаний перекосом.

3. Зі збільшенням вологості анізотропія характеристики зменшується.

4. Запропонований пристрій для контролю анізотропних властивостей тканини дозволяє проводити експрес-контроль електричних анізотропних властивостей різних листових матеріалів.

5. Отримані дані підтверджують можливість проектування безконтактного датчика перекошу ниток на основі контролю симетрії електричних анізотропних властивостей тканини.

4.4. Дослідження датчика перекошу у лабораторних умовах

Конструкція датчика перекошу ниток була розроблена на основі моделі датчика контролю лінійних деформацій двовимірних об'єктів, запропонованої в розділі 2 і експериментальних даних, отриманих в ході перевірки адекватності запропонованої моделі та досліджень електричних анізотропних властивостей тканини.

В основу конструкції датчика була покладена схема рівноважного моста, осі симетрії якого збігаються з напрямком ниток основи та утоку (рис.4.9).

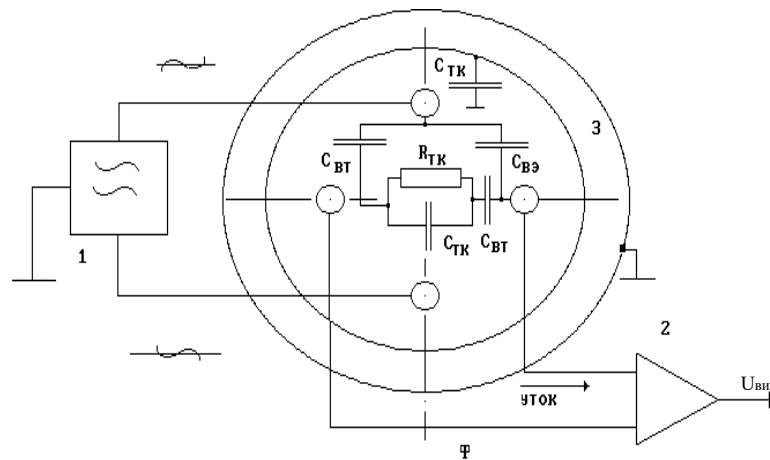


Рис.4.9 Еквівалентна схема датчика перекошу утокової нитки

Цифрами позначені:

1. Генератор синусоїдальної напруги з протифазним виходом.
2. Диференційний підсилювач.
3. Плоский екран, що фіксує межі зони контролю.

$C_{вз}$ - ємність по повітрю між електродом живлення та приймаючим електродом, $C_{вт}$ - ємність між електродами і тканиною. $R_{тк}$ - опір контрольованої ділянки. $C_{тк}$ - ємність контрольованої ділянки.

Як показано в роботах [4,13] та підтверджено експериментальними дослідженнями, електричні анізотропні властивості в області низьких частот (до 500 кГц) визначаються в основному активним опором ниток основи та утоку.

Таким чином, як видно з наведеної схеми, рівновага вимірювального моста буде залежати від рівності опорів $R_{тк}$ між плечами моста, тобто порушення симетрії електричних анізотропних властивостей, викликане, наприклад, перекосом утоку, призведе до порушення рівноваги мостової схеми.

Виходячи з результатів робіт з вивчення електричних анізотропних властивостей тканини, були сформульовані такі цілі лабораторних досліджень датчика перекоосу:

1. Отримання статичних показників.
2. Дослідження впливу вологості та величини повітряного зазору на статичну характеристику.
3. Оптимізація конструкції датчика та вимірювальної схеми.

З поставлених цілей були сформульовані такі вимоги до експериментальної установки:

1. Мати можливість оперативної зміни перекоосу досліджуваного зразка в межах +15 градусів.
2. Мати можливість зміни величини повітряного зазору між датчиком і тканиною.
3. Мати можливість зміни конфігурації датчика.

На рис.4.10 показані залежності $U_{дат}=f(\varphi)$, де φ -кут перекоосу утоку при фіксованій вологості 50% та зазорі 2 мм.

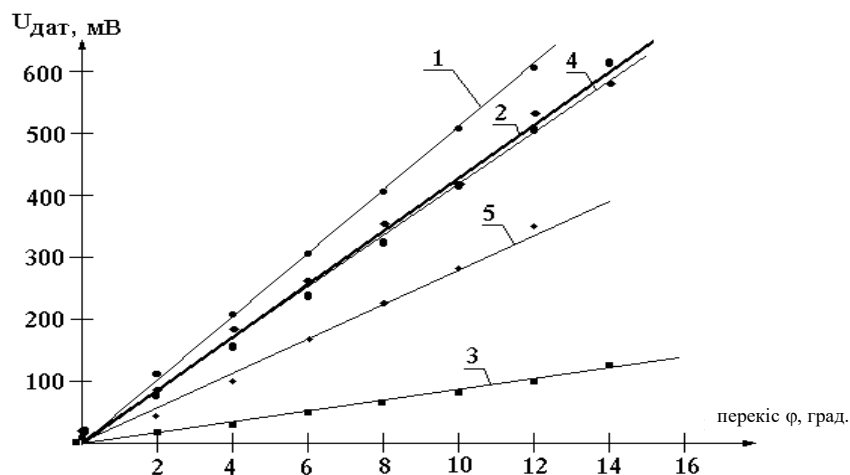


Рис.4.10 Статичні характеристики датчика перекоосу

Де:

гр.1-арт.1302 "Херсонка";

гр.2-арт.1285 "Іскринка";

гр.3-арт.1353 "Дніпрянська";

гр.4-арт.1381 "Ніжинка";

гр.5-арт.1402 "Батіст".

Як видно з графіків, характеристики мають лінійний характер, кут нахилу залежить від артикулу тканини. На рис.4.11 наведено характеристики залежності чутливості датчика від вологості.

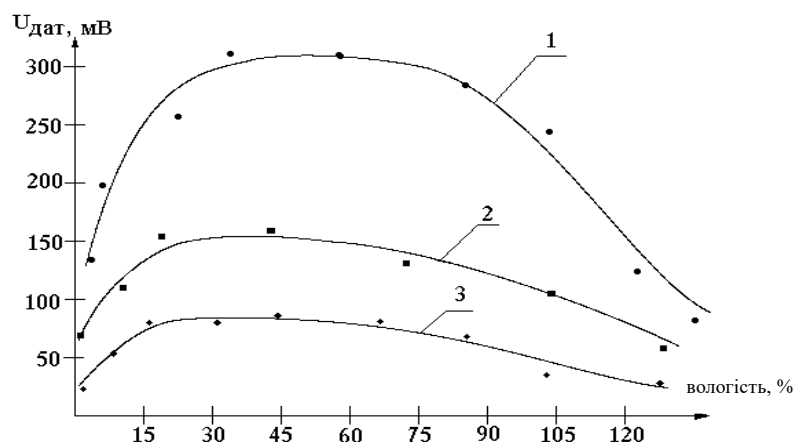


Рис.4.11. Залежність чутливості від вологості для різних тканин артикулів.

Де:

гр.1-арт.1302 "Херсонка";

гр.2-арт.1402 "Батист";

гр.3-арт.1285 "Іскринка".

Під час проведення експерименту перекіс становив $\varphi = 60$, а зазор 4 мм. Як видно (див. рис.4.31), в діапазоні відносних вологостей 15%-90% чутливість датчика змінюється в межах 20%.

На рис.4.12 наведено залежність чутливості артикулів 1402 "Батист" гр.2 та 1302 "Херсонка" гр.1 від зазору між датчиком і тканиною.

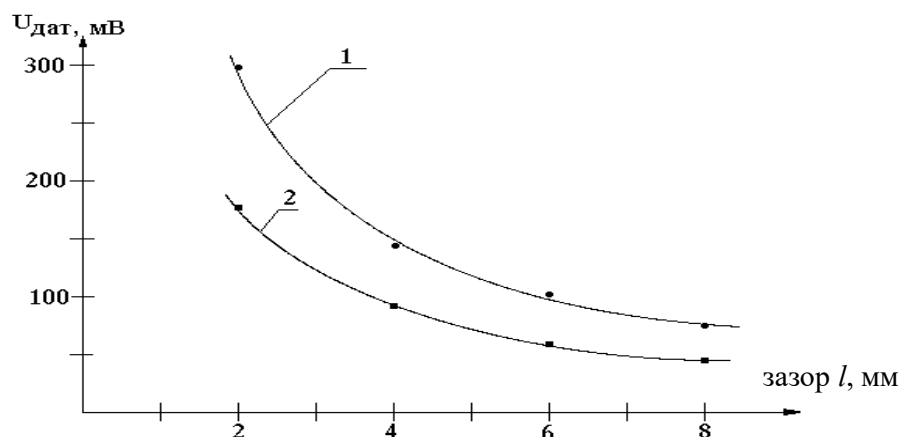


Рис 4.12 Залежність характеристик арт.1402 і арт.1302 від величини зазору

Графіки рис.4.12 апроксимуються залежністю $U=K/l$, що відповідає закону зміни ємності залежно від відстані між електродами, [5]. У разі це ємність C_B (див. рис.4.2.1). На рис.4.13 наведено залежність сигналу перекоосу від напруги живлення датчика.

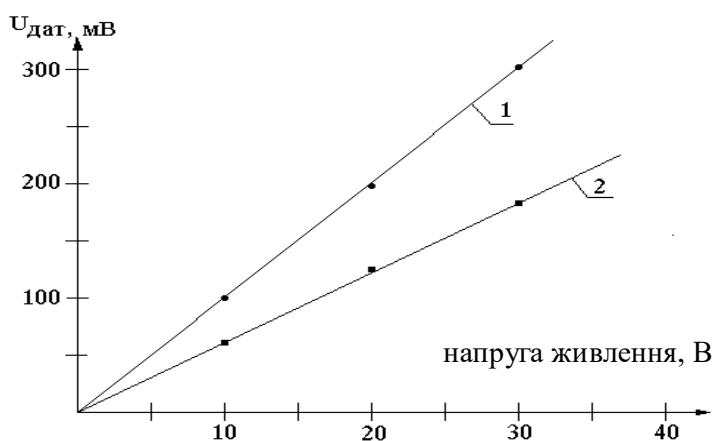


Рис.4.13 Залежність $U_{дат}$ від $U_{пит}$.

Де:

гр.1-арт.1302 "Херсонка";

гр.2-арт.1402 "Батіст".

Характеристика має лінійний характер, що дозволяє регулювати рівень сигналу датчика шляхом зміни напруги генератора живлення.

4.5. Висновки до розділу 4

З проведених досліджень можна зробити такі висновки:

1. Характеристика електричних анізотропних властивостей тканини, отримана безконтактним способом, відповідає ортогональній структурі тканини і не залежить від виду переплетення та складу волокна.

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

2. Зміна вологості тканини впливає лише на співвідношення ізотропної та анізотропної складових електричних властивостей тканини, але не порушує вихідну симетрію анізотропи.

3. Деформація тканини викликає адекватну деформацію анізотропної характеристики.

4. Отримані характеристики показують, що датчик перекосу ниток утокових працездатний на тканинах різних артикулів і в діапазоні перекосів від 0,5 до 20 градусів має характеристику, близьку до лінійної. У діапазоні вологості 15%-90% має максимальну чутливість.

5. Датчики такого типу дозволяють контролювати перекіс утоку у тканинах різних артикулів без переналаштування, так як при зміні артикулів тканини небаланс не перевищував 20 mV, що відповідає перекосу 1-2 градуси залежно від артикулу тканини. Наявність небалансу пояснюється похибкою експериментальної установки та зміною вологості досліджуваних зразків. Для зразків сухої тканини небаланс не перевищував 1 mV, що відповідає перекосу 0,5 градуса.

6. Характеристики досліджених артикулів можна представити лінійною залежністю $U_{\text{вих}} = K \cdot \varphi_{\text{пер}}$, де K залежить від артикула, вологості, зазору та напруги живлення датчика. Такий результат відповідає висновкам, отриманим під час аналізу узагальненої моделі датчика лінійних деформацій тканини. Беручи до уваги, що величина зазору і напруга живлення - величини контрольовані, то можна зробити висновок, що точність роботи автомата правки утоку залежатиме від вологості та артикулу контрольованої тканини.

7. Характеристики запропонованого дослідженого датчика дозволяють його використовувати в реальних системах автоматичного виправлення утоку.

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ХНТУ 151.КРМ.24.014 ПЗ

Арк.

88

5 РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОЇ ПРАВКИ УТОКУ

5.1. Вплив механічних властивостей тканини на процес виправлення утоку.

При редагуванні утоку за допомогою перекісного валу тканина відчуває розтягнення вздовж ниток основи. При розтягуванні нитки зовнішня сила викликає деформацію, що наростає, внаслідок чого в зразку виникає внутрішній зусилля. Відповідно до обраних параметрів деформації розглядаються характеристики: $P = P(l)$, $P = P(\epsilon)$, $\sigma = \sigma(\epsilon)$, де P - зовнішнє зусилля, σ - механічна напруга, l і ϵ абсолютне та відносне подовження відповідно.

У [6] наведено криві розтягування деяких ниток $\sigma = \sigma(\epsilon)$. На рис. 5.1 наведено характерний вид типових залежностей для різних типів ниток.

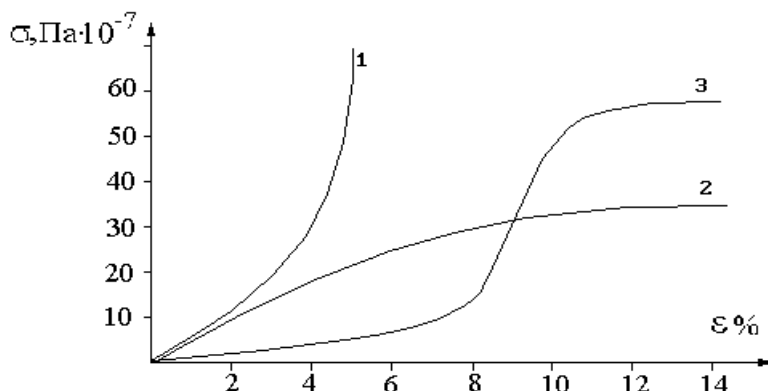


Рис. 5.1. Характеристики подовження ниток різного типу

Як видно із рис. 5.1. Показники подовження ниток за своїм характером зводяться до двох основних типів. Жорсткі нитки - характеристика 1 та еластичні нитки - характеристика 2. Для деяких синтетичних ниток характерна залежність 3.

У загальному випадку залежність подовження від напруги носить складний характер, так як на неї впливає велика кількість факторів: вид і будова

речовини, що становить волокно, будову ниток, тривалість докладання зусилля, температура та інші.

Насправді використовують наближення залежностей подовження від зусилля як емпіричних співвідношень: $P = A\epsilon^k$; $P = B\epsilon^k$; $\sigma = C\epsilon^k$, де A, B, C і k постійні залежні від виду ниток і прийнятої характеристики [6]. При $k \gg 1$ отримуємо опис у вигляді першого типу кривої, при $k=1$ отримуємо лінійну залежність формально представляє закон Гука. При $k < 1$ одержуємо криві другого типу.

Криві третього типу можна розбити на зони між точками перегину і дати для них свої рівняння, які при об'єднанні дозволяють отримати досить точний опис залежності у всьому діапазоні зусиль.

Для тканини при одновісному напруженому стані та збігу спрямування докладання зусиль з напрямком утоку або основи зберігається вид залежності подовження від навантаження, властивий ниткам, з яких складається тканина. Однак, як показано в розділі 1, тканина є анізотропним матеріалом і в разі розбіжності прикладеного зусилля з нитками тканини залежність подовження від навантаження вже не відповідає характеристикам окремих ниток.

Таким чином, при побудові математичної моделі системи правки утоку, як об'єкта управління, необхідно враховувати істотно нелінійну залежність подовження тканини від напрямку докладання зусилля. Додатково необхідно враховувати, що в загальному випадку характер залежності $\sigma = \sigma(\epsilon)$ не постійний по довжині оброблюваного шматка і при зміні артикулів тканини відбуваються стрибкоподібні зміни σ .

Отже, у загальній постановці, система тканина – правильне поле є нестационарною та нелінійною.

5.2. Особливості виправлення тканини за допомогою правильного валу

Динаміка процесу правки утку пов'язана з конструктивними особливостями робочих органів обладнання та специфічними особливостями тканини як об'єкта управління. Різні системи редагування утку були розглянуті в розділі 1. Розглянемо докладніше систему редагування утку з поворотними валами, схематично представлену на малюнку 5.2.

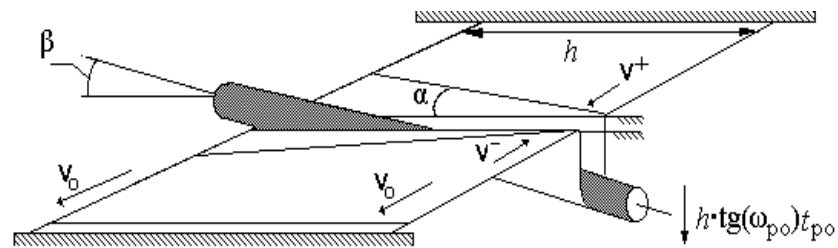


Рис. 5.2 Схема виправлення утканих ниток з використанням поворотного валу.

Тут

V_0 – швидкість руху тканини;

V^+ - збільшення швидкості руху тканини, обумовлене рухом правильного валу;

V^- - зменшення швидкості руху тканини;

h – ширина тканини;

α - кут перекошу утку;

β - кут повороту правильного валу.

Якщо знехтувати тертям ниток у вузлах, що справедливо для тканин полотняного переплетення з невисокою щільністю, то можна вважати рух краєвих полотна тканини незалежним. У цьому випадку при повороті правильного постійного валу з постійною кутовою швидкістю ω_{po} на кут β , справедливим співвідношенням є: $\text{tg}\beta = \text{tg}(\omega_{po}t_{po})$.

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ХНТУ 151.КРМ.24.014 ПЗ

Арк.

91

де t_{po} – час руху робочого органу.

У такому разі довжина тканини в петлі, утвореній поворотним валом визначається виразом:

$$\Delta S = 2h \cdot \text{tg}(\omega_{po} t_{po}) = 2h \cdot \text{tg}\beta,$$

При цьому лінійні швидкості руху кромки тканини в режимі, що встановлюються, рівні між собою, однак величина ΔS зберігається, що викликає поворот утокових ниток на кут α рівний:

$$\text{tg}(\alpha) = \frac{\Delta S}{h} = 2 \text{tg}(\beta) \quad (5.1)$$

На рисунку 5.3 наведено фази процесу зміни положення утокових ниток з урахуванням витяжки.

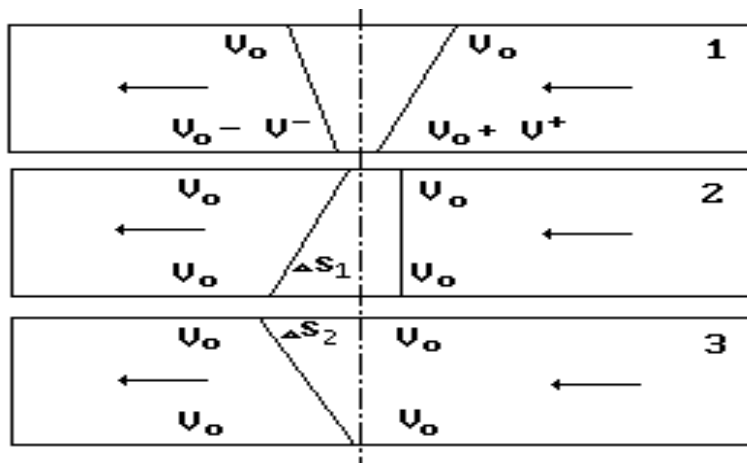


Рис. 5.3 Фази зміни перехідного процесу у системі

На етапі (1) швидкість руху кромки тканини V_0 змінюється на величину V^+ перед правильним валом і на величину V^- за правильним валом, де V - лінійна швидкість руху правильного валу. Зміна положення правильного валу викликає витяжку полотна і відповідний цій витяжці перекіс кромки тканини на

величину ΔS_1 . Величина перекосу у даному залежить від виду і артикула тканини, і навіть від особливостей діючого устаткування.

На стадії (2) при зупинці робочого органу відбувається зворотна зміна положення утоку, пов'язане з відновленням швидкості руху кромки V_0 .

Стадія (3) – закінчення перехідного процесу. Величина ΔS_2 перекосу, що встановився, визначається довжиною тканини в петлі, утвореної поворотним валом. Коефіцієнт передачі правильного валу як відношення кута перекосу до кута повороту робочого валу і знаходиться із співвідношення (5.1):

$$K_0 = \frac{\operatorname{tg}(\alpha)}{\operatorname{tg}(\beta)} = 2 \quad (5.2)$$

5.3. Теоретична модель динаміки системи правильний вал – тканина

Динаміка впливу правильного валу на тканину розглянуто у роботі [4]. З цією метою було проведено експериментальне визначення перехідних характеристик правильного валу з подальшою апроксимацією отриманих характеристик відповідними передатними функціями. Отримана модель системи вал - тканина була представлена у вигляді різниці двох передаточних функцій [4], що пояснюється різними механізмами утворення перекосу:

$$W(p) = W_1(p) - W_2(p) = \frac{0.15 \exp(-3p)}{3p + 1} - \frac{0.06 \exp(-p)}{0.6p + 1} \quad (5.3)$$

Як видно з (5.3) для ідентифікації об'єкта управління при використанні даної моделі необхідно визначати велику кількість параметрів, що залежать від фізико-механічних властивостей тканини та параметрів обладнання.

Наявність різних фаз у процесі взаємодії тканини з робочими органами системи робить доцільним виділення моделі динаміки системи для інтервалу

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

часу переміщення правильного валу і моменту часу від зупинки валу до згасання реакції в системі.

На першому етапі вхідним впливом системи вал – тканина є швидкість зміщення валу. У цей час тканина веде себе як в'язкопружний об'єкт, схильний до деформації [7,8]. У загальному випадку в'язкого пружного матеріалу його параметри залежать від навантаження [9] і розробка узагальнених динамічних моделей навіть за умови сталості швидкостей валикових пар, що їх транспортують, але великих значеннях деформації неоднорідних по довжині матеріалів пов'язана з необхідністю вирішення нелінійних диференціальних рівнянь у приватних похідних.

Складність математичної моделі, що зв'язує процес деформації в'язкопружного матеріалу, що транспортується, з його натягом, визначається в першу чергу єдністю процесів його переміщення в просторі і в'язкопружної деформації. У статичних умовах в'язкопружні об'єкти описують за допомогою моделі Кельвіна-Фойхта [1] (рис.5.4).

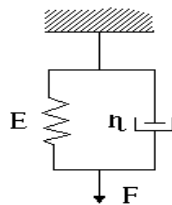


Рис. 5.4 Схема моделі Кельвіна-Фойхта

Потрапляючи в зону деформацій довжиною L , рис.5.5, елементарні ділянки ΔL_i , де i - їх порядковий номер, не можуть аналогічно випадку пружного матеріалу миттєво прийняти задане приводними точками 1 і 2 з лінійними швидкостями V_1 і V_2 відповідно і подовження ϵ (тут і далі маса матеріалу не враховується), а безперервно деформується у процесі руху, рис.5.5.

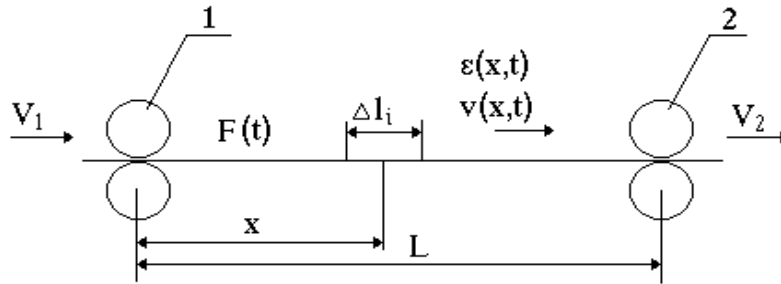


Рис. 5.5 Схема процесу деформації тканини

Деформація тканини на ділянках між точками 1 і 2 згідно моделі Кельві-на-Фойхта описується виразом [1]:

$$\varepsilon_i = \frac{F}{E} + \left(\varepsilon_0 - \frac{F}{E} \right) \exp\left(-\frac{E\Delta t_i}{\eta} \right)$$

де ε_i – деформація i -ї ділянки тканини;

F – натяг тканини, Н;

E – модуль пружності тканини, Н, віднесений до її ширини;

ε_0 – початкова деформація тканини;

Δt_i – час перебування i -ї елементарної ділянки в зоні деформації, с;

η – модуль в'язкості тканини, Н·с, віднесений до її ширини;

При незначних деформаціях, характерних для процесу редагування утоку і при допущенні сталості в'язкопружних властивостей динаміку поведінки тканини можна описати за допомогою лінійного диференціального рівняння. Передатна функція для збільшення швидкості матеріалу за його довжиною у загальному випадку має вигляд [7]:

$$\Delta v(x, p) = \Delta v(p) \frac{\eta p(x - K v A_x) + v A_x}{\eta p(L - K v A_L) + v A_L}, \quad (5.4)$$

де Δv – зміна швидкості тканини;

L - відстань між приводними парами;

x – поточна координата;

Приймаючи для транспортного запізнення T , $\exp(-Tp)=1-Tp$, отримані спрощені передавальні функції щодо збільшення швидкості та натягу [7]:

$$\Delta v(x, p) = \Delta v(p) \frac{\tau p^2 + (x + \theta_x T_x v) p + v(1 - \theta_x)}{L \tau p^2 + (L + \theta T v) p + v(1 - \theta)} \quad (5.5)$$

$$F(x) = \frac{E \Delta v(p) (\tau p + 1)^2}{L \tau p^2 + (L + \theta T v) p + v(1 - \theta)}$$

де Δv – зміна швидкості тканини;

$\tau = \frac{\eta}{E}$, де η - модуль в'язкості тканини, Н·с;

$$\theta_x = \exp\left(-\frac{x}{\tau v}\right); T_x = \frac{x}{v}$$

де x - координата установки датчика;

У статичі для в'язкопружного матеріалу згідно (5.5) швидкість руху матеріалу в зоні деформації

$$v(x) = v_0 + \Delta v \frac{1 - \exp(-t / \tau)}{1 - \exp(-T / \tau)} \quad (5.6)$$

Таким чином, вираз (5.6) дозволяє визначити зміну швидкості руху кромки тканини, що виникає в процесі виправлення утку в залежності від параметрів пружності та в'язкості тканини. Після перетворень виразу (5.4) отримуємо:

$$\Delta v(x, p) = \Delta v(p) \frac{\eta T_x p^2 + T_x E p + A_x E}{\eta T p^2 + T E p + A_L E}. \quad (5.7)$$

Виділивши транспортне запізнення T_x у явному вигляді, і позначивши $\exp(-ET_x / \eta) = \theta_x$ і $\exp(-ET / \eta) = \theta$ отримуємо:

$$\Delta v(x, p) = \Delta v(p) \frac{\tau T_x p^2 + T_x p + 1 - \theta_x \exp(-T_x p)}{\tau T p^2 + T p + 1 - \theta \exp(-T p)} = \Delta v(p) H(p). \quad (5.8)$$

Співвідношення (5.8) визначає передатну функцію швидкості. Для отримання передатної функції з перекошу домножимо (5.8) на передатну функцію інтегруючої ланки і отримуємо для малих кутів α :

$$\alpha(x, p) = \frac{1}{hp} \cdot \Delta v(x, p) = \frac{1}{hp} \Delta v(p) H(p) = H_u(p) \Delta v(p) H(p) = u(p) H(p) \quad (5.9)$$

де h - ширина полотна тканини.

Таким чином, з використанням моделі в'язкопружної деформації тканини, що рухається [7], отримано опис складової перехідного процесу, обумовленої швидкістю зміщення правильного валу. Як було показано в [4], модель правильного поля представляється у вигляді різниці двох передавальних функцій (5.3). Так як статична характеристика системи визначається другою фазою процесу виникнення перекошу для моменту часу, що перевищує

запізнення, доцільно ввести коефіцієнт передачі механізму правки $K_0=2$ (5.2) з затримкою на T_x , що відповідає другій складової моделі:

$$\tau T \frac{d^2 \alpha(x,t)}{dt^2} + T \frac{d\alpha(x,t)}{dt} + \alpha(x,t) - \theta \alpha(x,t - T) = K_0 u(t - T_x) \quad (5.10)$$

Таким чином, на підставі (5.3), (5.10) та (5.11) для $\alpha(x,p)$ можна записати:

$$\alpha(x,p) = u(p)(H_2(x,p) + H_3(x,p) - H_1(x,p)),$$

де:

$$H_1(x,p) = \frac{T_x p + 1}{\tau T p^2 + T p + 1 - \theta \exp(-T p)} \quad (5.11)$$

$$H_2(x,p) = \frac{K_0}{\tau T p^2 + T p + 1 - \theta \exp(-T p)} \cdot \exp(-T_x p) \quad (5.12)$$

$$H_3(x,p) = \frac{\theta_x}{\tau T p^2 + T p + 1 - \theta \exp(-T p)} \cdot \exp(-T_x p) \quad (5.13)$$

Тут $H_1(x,p)$ взята зі знаком мінус і визначає складову перекоосу, обумовлену рухом валу та механічними властивостями тканини. У момент часу $t < T_x$ за моделлю $H_1(x,p)$ з виключеним членом $\theta \exp(-T p)$, можна визначити параметр τ . Параметри T і T_x можна вважати постійними, оскільки вони визначаються швидкістю руху тканини, конструктивними особливостями ширильної машини та місцем встановлення датчика перекоосу утоку.

$H_2(x,p)$ і $H_3(x,p)$ визначають складову перекоосу, що виникає після зупинки валу. Значення перекоосу, що встановилося, визначається величиною $K_0 + \theta_x - 1$,

де K_0 – статичне значення коефіцієнта передачі валу, θ_x - параметр релаксації, що визначається в'язкопружними властивостями тканини і місцем установки датчика. Транспортне запізнення T_x визначається місцем встановлення датчика.

5.4. Моделювання системи вал - тканина-датчик

При моделюванні використано пакет прикладних програм "Simulink". Моделювання виконано з використанням імітаційного методу, що дозволило виділити елементи системи, що впливають на динамічні характеристики системи, що дозволяє надалі використовувати отриману модель у складі системи управління. На рисунку 5.6 наведено структурну схему моделі об'єкта.

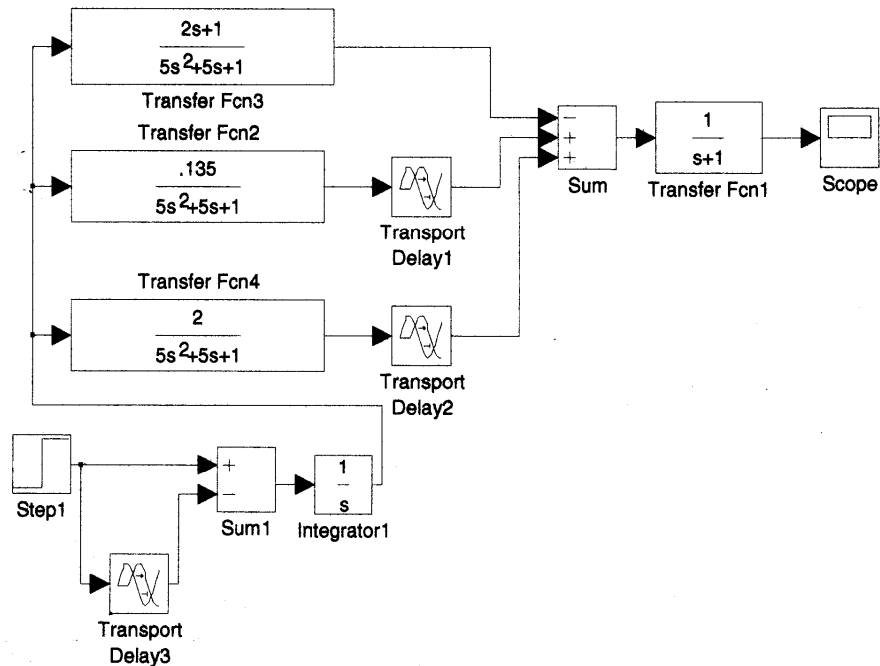


Рис. 5.6 Структурна схема моделі об'єкта

Зважаючи на те, що на діючому обладнанні використовується імпульсний регулятор з виконавчим механізмом постійної швидкості, то доцільним як джерело вхідного сигналу використовувати генератор одиничної функції Step1,

блок запізнення Transport Delay3 і суматор Sum1. На виході суматора формується імпульс керування, тривалість якого визначається часом затримки. Інтегратор Integrator1 формує сигнал керування $u(t)$.

Модель об'єкта згідно (5.11), (5.12) та (5.13) представлена блоками Fcn3, Fcn2, Fcn4, запізнення T_x представлено блоками Delay1 та Delay2. Датчик перекоосу утоку представлений як аперіодична ланка 1-го порядку з одиничним коефіцієнтом передачі - блок Fcn1. При моделюванні були прийняті такі параметри:

швидкість тканини $60 \text{ м/хв} = 1 \text{ м/сек}$.

видалення датчика від правильного валу 2 м ,

відстань між правильним валом та приводом сушильної машини 5 м ,

ширина тканини - 1 м .

$u(t) = 10$.

На підставі цих даних було розраховано параметри моделі, які залежать від властивостей тканини: $T = L/v = 5 \text{ сек}$., $T_x = 2 \text{ сек}$.

Параметри θ_x та θ залежать від $\tau = \eta / E$, де η - в'язкість тканини, а E -модуль пружності.

Істотною особливістю отриманих перехідних характеристик є прояв у початковому інтервалі часу негативної гілки, що визначається витяжкою тканини у зоні датчика, що виникає під час переміщення правильного валу.

Для перевірки адекватності отриманої моделі були отримані реальні перехідні характеристики на правильній машині "Elitex 4920". Перекіс фіксувався за допомогою неконтактного датчика перекоосу, розробленого на основі пристрою, запропонованого в розділі 4. Швидкість руху тканини становила 1 м/с , кут повороту валу - 10 . Для збільшення точності вимірювань згідно з п.4 висновків підрозділу 5.3 транспортне запізнення вибрано 2 сек ., що є максимально можливим для лінії, на якій проводився експеримент. На рис. 5.11 наведено запис сигналу датчика для декількох артикулів тканини.

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ХНТУ 151.КРМ.24.014 ПЗ

Арк.

100

Чутливість датчика залежить від артикула. Нормовані характеристики відповідних артикулів наведено на рис.5.7.

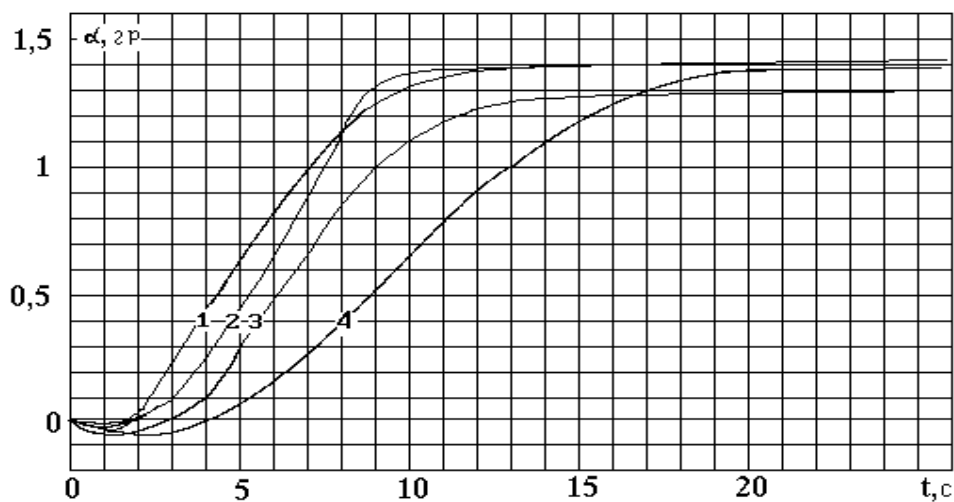


Рис. 5.7 Нормовані перехідні характеристики системи правильне поле-тканина-датчик

Тут

1- "Херсонка", арт.13026;

2- "Іскринка", арт.1286;

3 - "Батіст" арт.1402;

4- "Поплін", арт.1398.

Тривалість перехідних процесів знаходиться в межах 820 сек., значення кута перекосу 1,3 - 1,40. Як видно з отриманих графіків, перехідні характеристики сильно залежать від артикулу тканини, однак у всіх отриманих характеристик спостерігається ділянка з перекосом протилежного знаку, що підтверджує результати, отримані при дослідженні теоретичної моделі, а також дані, наведені в [4]. Відмінність у тривалості перехідних процесів моделі та експерименту пояснюється мабуть різницею у фізико-механічних властивостях досліджених артикулів та параметрів моделі, а також особливостями технологічного обладнання.

5.5. Розробка алгоритму ідентифікації та оптимального управління

У системах з великим запізненням рекомендується використовувати регулятор із попередником Сміта [4,12,13], проте застосування такого регулятора вимагає наявності моделі об'єкта регулювання та адаптації моделі через нестационарність параметрів тканини, а також часті зміни артикулів в умовах реального виробництва [4,14,15,16].

Як було зазначено у розділі 1, до величини залишкового перекоосу пред'являються досить жорсткі вимоги. Для зниження виходу тканини з дефектами по перекоосу необхідно скорочувати час усунення перекоосу. Згідно з даними випробування системи правки утку з ПІД регулятором, час регулювання міг досягати 30-40 секунд залежно від артикулу тканини (додаток В). При швидкості тканини 60 м/хв, довжина шматка з перекоосом досягає 30-40 метрів. Таким чином, для забезпечення мінімального часу регулювання видається доцільним використовувати оптимальну за швидкодією систему з адаптацією за параметрами тканини.

Завдання ідентифікації зводиться визначення параметрів K_0k і τ , де k – коефіцієнт передачі датчика. Значення коефіцієнта передачі K_0k визначається вимірюванням відгуку на одиничне зміщення правильного валу по закінченню перехідного процесу. Для визначення τ можна використовувати ту частину моделі (5.11), яка дає реакцію тканини на рух валу, зумовлену її релаксаційними властивостями:

$$H_1(x, p) = \frac{T_x p + 1}{\tau T p^2 + T p + 1}$$

Позначивши вхідну дію як u та прийнявши $\alpha(x, t) = x$, маємо диференціальне рівняння для H_1 :

$$\tau T \ddot{x} + T \dot{x} + x = T_x \dot{u} + u. \quad (5.14)$$

За умови, що $T_{xM} = T_x$ и $T_M = T$ для диференціального рівняння моделі маємо:

$$\tau_M T \ddot{x}_M + T \dot{x}_M + x_M = T_x \dot{u} + u. \quad (5.15)$$

Прирівнявши різницю (5.14) та (5.15) нулю, отримаємо:

$$T(\tau \ddot{x} - \tau_M \ddot{x}_M) + T(\dot{x} - \dot{x}_M) = x_M - x. \quad (5.16)$$

$$\tau / \tau_M x - x_M = -(\overline{\varepsilon + \bar{\varepsilon}}), \text{ або}$$

$$\tau = \frac{\tau_M (x_M - (\overline{\varepsilon + \bar{\varepsilon}}))}{x} \quad (5.17)$$

Таким чином, згідно (5.17) для даної задачі можливе побудова досить простого алгоритму визначення параметра адаптації моделі. Істотною особливістю отриманої процедури є відсутність у ній операцій диференціювання, що вигідно відрізняє її від відомих методів безпошукової адаптації. Використання "запобіжної" ділянки перехідного процесу прискорює процес ідентифікації системи.

На підставі (5.11) ... (5.13) запишемо для передавальної функції $H(p)$ системи правильний вал-тканина:

$$H(x, p) = \frac{(K_0 + \theta_x) \exp(-T_x p) - (T_x p + 1)}{\tau T p^2 + T p + 1 - \theta \exp(-T p)}. \quad (5.18)$$

де x - координата установки датчика.

Перейшовши до опису об'єкта у просторі стану з використанням форми запису Фробеніуса [7] і розділивши матрицю об'єкта та управління з урахуванням запізнення отримаємо:

$$\dot{\mathbf{x}} = A\mathbf{x}(t) + A_T\mathbf{x}(t - T) + B\mathbf{u}(t) + B_T\mathbf{u}(t - T_x),$$

Це завдання відоме у постановці для квадратичного функціонала мети [23]:

$$I = \frac{1}{2} \int_0^{t_f} [F(x - x_s)^2 + E(u - u_s)^2] dt$$

при цьому оптимальним є ПІД регулятор з налаштуваннями, що визначаються як оптимальне управління вектором коефіцієнтів передачі зворотного зв'язку $P_1(t), P_2(t), P_3(t)$:

$$u = u_s - P_1(t)(x - x_s) + P_2(t)\dot{x} + \int_0^t P_3(t,s)[u(t+s) - u_s] ds$$

Однак, як показали дослідження, використання квадратичного критерію в даному випадку не виправдане, оскільки перехідний процес виходить затягнутим. На рис 5.8 наведено результат застосування оптимального ПІД регулятора в даній задачі (модельовання за допомогою програми Simulink).

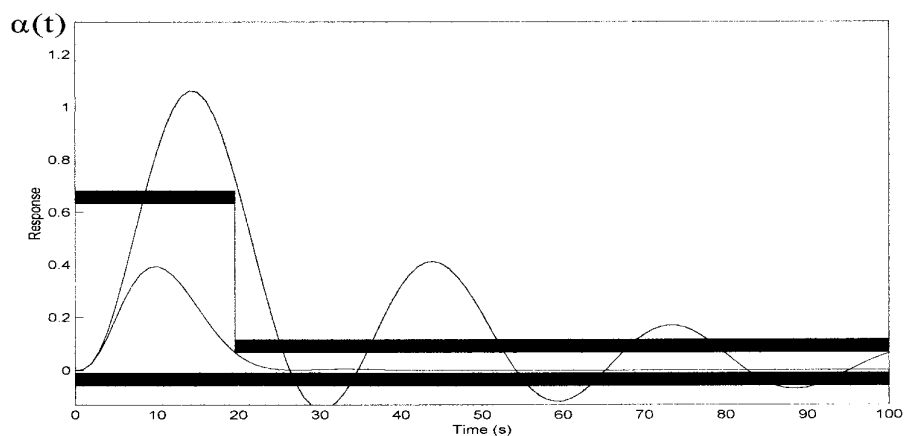


Рис.5.8 Оптимальний перехідний процес під час використання квадратичного критерію

Як видно (рис.5.8), час регулювання при оптимальних налаштуваннях регулятора становить приблизно 20 сек. Реально цей час становить від 30 до 40 секунд [19].

З метою підвищення швидкодії систем з великим транспортним запізненням рекомендується використовувати метод компенсації тимчасового запізнення в оптимальних системах безпосередньо використовуючи принцип максимуму Понтрягіна, [10].

Умова стаціонарності з управління [18]:

$$\frac{dH(t)}{du(t)} + \frac{dH(\tau)}{du(\tau - T_x)} \Big|_{\tau=t+T_x} = 0,$$

Використовуючи канонічну систему рівнянь з урахуванням запізнення [26] знаходимо залежність $\lambda = \lambda(t, C)$:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d\lambda_1}{dt} &= -\frac{dH}{dx_1} + \frac{dH}{dx_1(\tau - T)} \Big|_{\tau=t+T} = \lambda_2(a_0 - a_0^t) \\ \frac{d\lambda_2}{dt} &= -\frac{dH}{dx_2} = -\lambda_1 + \lambda_2 a_1 \end{aligned} \right\} \quad (5.19)$$

оскільки оптимальне керування визначається знаком λ_2 , перетворимо (5.19) до диференціального рівняння другого порядку:

$$\frac{d^2\lambda_2}{dt^2} + a_1 \frac{d\lambda_2}{dt} - (a_0 - a_0^t)\lambda_2 = 0$$

з характеристичним рівнянням:

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

$$\alpha^2 + a_1\alpha - (a_0 - a_0^t) = 0, \quad (5.20)$$

Моменти переключення управління:

$$t_1 = \frac{2x_0}{k_u K} = \frac{2x_0}{k_u (K_0 + \exp(-T_x / \tau) - 1)} \quad (5.21)$$

$$t_2 = \frac{x_0}{k_u K} = \frac{x_0}{k_u (K_0 + \exp(-T_x / \tau) - 1)}, \quad (5.22)$$

де x_0 – вхідний вплив. Таким чином, використання принципу максимуму Понтрягіна дозволяє побудувати закон оптимального управління, що легко реалізується. Моделювання алгоритму оптимального управління здійснено з використанням пакета Simulink. Структурна схема набору з використанням моделі системи вал – тканина – датчик, розглянутої в п.5.4 наведена на рис. 5.9.

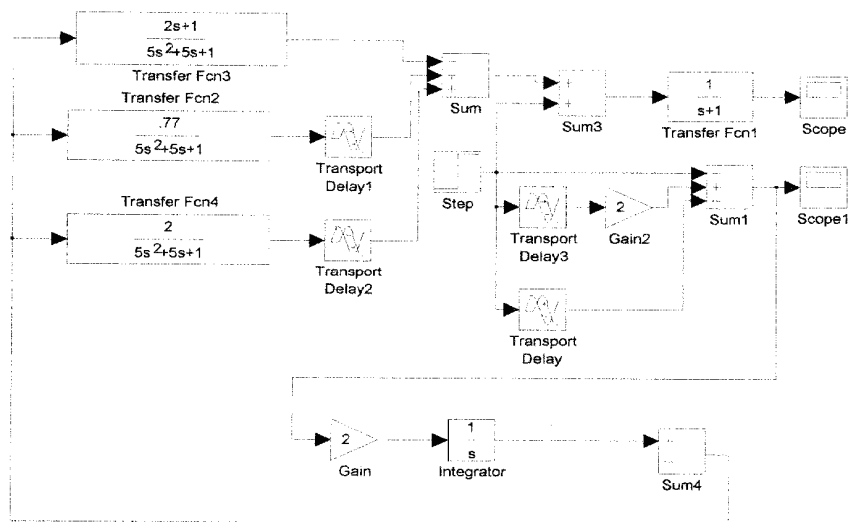


Рис 5.9 Структурна схема оптимального регулятора з використанням принципу максимуму Понтрягіна

Керуюча дія формується за допомогою блоків Step, Transport Delay3, Transport Delay, Gain2 та Sum1. Параметри управляючого впливу визначаються

згідно (5.21, 5.22). Модель виконавчого механізму представлена блоками Gain і Integrator.

Графік оптимального управління представлений на рис. 5.10 де (1) керуючий вплив, (2) - відповідне переміщення правильного валу.

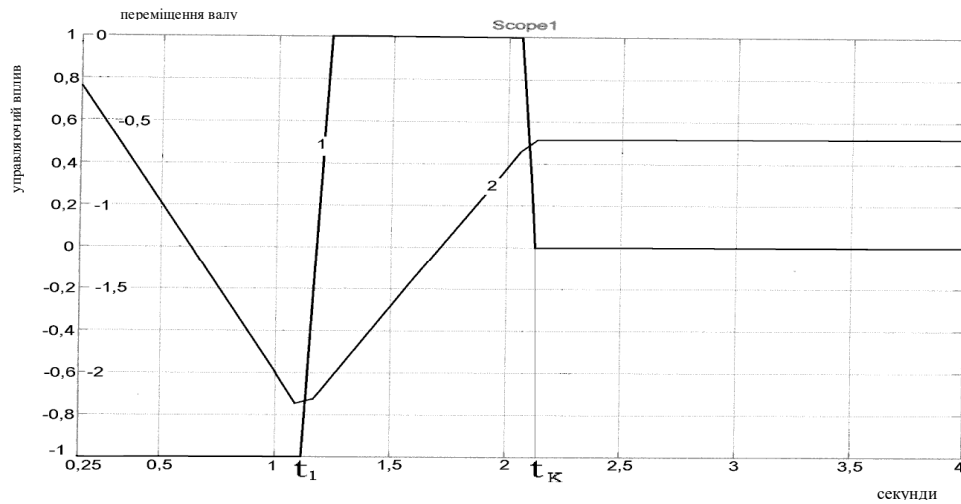


Рис. 5.10 Оптимальне управління в системі редагування утоку за Понтрягіним

На рисунку 5.11 наведено результат моделювання системи з цим законом управління.

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

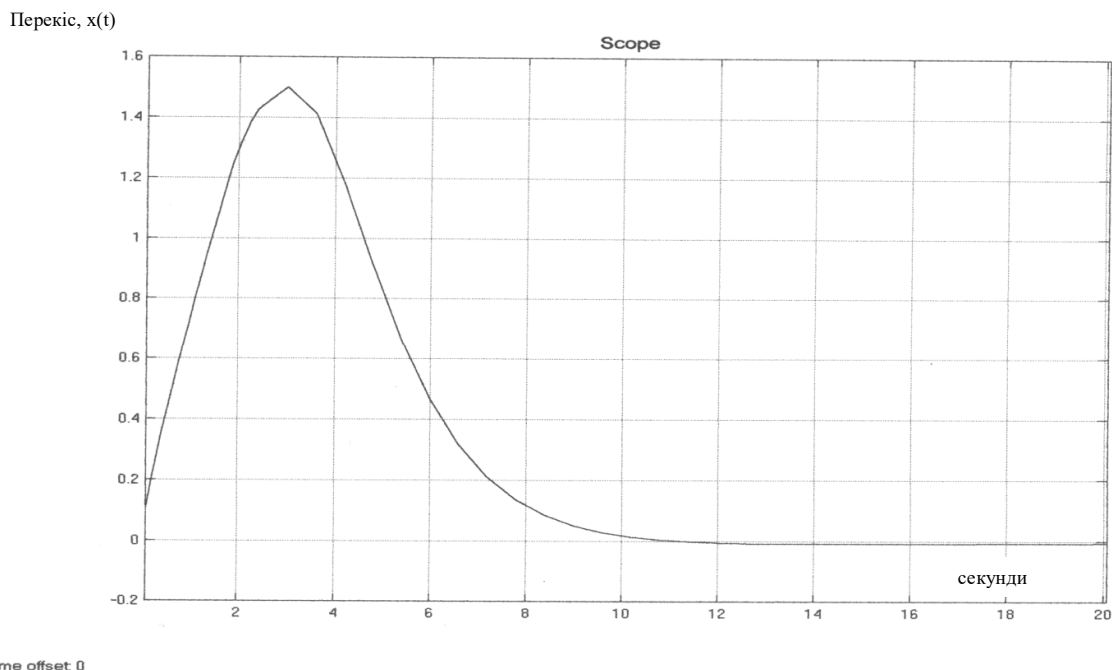


Рис.5.11 Оптимальний перехідний процес під час використання принципу максимуму за Понтрягіним

Як видно з отриманих графіків, час регулювання становить приблизно 9 секунд, що більш ніж удвічі менше, ніж у разі використання квадратичного критерію оптимальності.

5.6. Висновки до розділу 5

1. Отримано модель системи правильний вал - тканину, що враховує як фізико-механічні властивості тканини так і конструктивні особливості обладнання.
2. Проведені експериментальні дослідження підтверджують адекватність одержаної моделі.
3. Для ідентифікації моделі можна використовувати початкову ділянку розгінної характеристики.

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

4. Використання квадратичного критерію оптимальності не забезпечує високої швидкодії системи автоматичного виправлення утоку.

5. Використання як критерій оптимальності принципу максимуму Понтрягіна дозволяє більш ніж удвічі збільшити швидкодію системи правки утоку.

					ХНТУ 151.КРМ.24.014 ПЗ	Арк.
						109
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Результати, отримані в ході досліджень електричних анізотропних властивостей тканини безконтактним способом, підтверджують можливість створення датчиків контролю деформацій тканини, зокрема, датчика витяжки і датчика перекосу утоку. Основною перевагою подібних датчиків має бути їхня здатність працювати на тканинах будь-якого переплетіння. Оскільки принцип дії пропонованих датчиків полягає у контролі симетрії розподілу електричного поля то доцільно використовувати вимірювальну схему на основі рівноважного моста, осі симетрії якого співпадають з напрямом ниток основи і утоку. Використання подібної схеми дозволяє компенсувати вплив факторів, що не пов'язані з деформацією тканини – відстань датчика до тканини, вологість тканини, вплив зовнішніх електромагнітних полів. Також застосування подібної схеми значно підвищує чутливість датчика. Розмір перспективного датчика перекосу утоку обмежується мінімальною шириною полотна тканини, що проходить фінішну обробку – 0,9 м, тому для розміщення двох датчиків їхній діаметр не повинен перевищувати 0,25 – 0,35 м. У ході проведення експериментів була визначена оптимальна робоча частота – 200 кГц, та відстань до полотна – 2 – 3 мм.

За результатами проведених досліджень встановлено, що:

1. Анізотропні властивості тканини обумовлені взаємоперпендикулярним переплетінням ниток основи і утоку. Така структура обумовлює механічну, оптичну і електричну анізотропію тканини.
2. Датчики деформації тканини, що контролюють симетрію електричних анізотропних властивостей тканини, дозволяють суттєво розширити асортименти тканин для яких можливе використання автоматичних систем усунення деформацій.

3. Проведені дослідження показали можливість створення електричного поля на тканини неконтактним способом, а також можливість контролю симетрії цього поля.

4. Характеристика електричних анізотропних властивостей тканини, отримана безконтактним способом відповідає ортогональній структурі тканини й не залежить від виду переплетення й складу волокна.

5. Анізотропні характеристики вологої тканини відповідають аналогічним характеристикам, отриманих на сухій тканині.

6. Запропонований пристрій для контролю анізотропних властивостей тканини дозволяє проводити експрес-контроль електричних анізотропних властивостей різних листових матеріалів.

Результати досліджень підтверджують можливість створення датчиків деформацій тканини на основі безконтактного способу контролю її анізотропії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. "Автомат правки утку ELITEX 4920"- інструкція з експлуатації. ELITEX, koncernovy pednik Chrastava, 1987, с.90.
2. Neumann conserve les doublures de qualitate rectilignes//Teintex, 34 №12, С.657-858,861.-Франц.
3. Пат.3146511 США МКИ D 06 H 3/12, System for correcting and spreading fabric sheets / Jordan Michael N. (США); Заяв. 03.06.62; Опубл. 01.09.1964. -НКИ 2b-51.
4. Пат. 8957 Япония, Присрій для виявлення перекоосу утку в тканинах / Хара Сёкэй (Япония); Хэнояма кико кабусики кайся. –Заяв. 26.02.65; Опубл. 06.03.71.-НКИ 48 С03.
5. Пат. 3633037 США, МКИ D 06 H 3/12. Method and apparatus for observing detecting and correcting periodic structures in mowing web/ Langenbeck Peter H. (США); The Perkin – Elmer Corp. Заявл. 15.10.69; Опубл. 04.01.72 . -НКИ 250-219WE.
6. Schellenberger Günter. 30 janre Shcußrichtautomatik// Melliland Textilber..-1988.-69.№12.-С.915-919.-Нем.
7. Automatisches Erkennung system scheidet Glasgewebe fadengerecht // Maschinenmarkt.-1990.-96, №15.-С.243.-Нем.
8. Пат. 2707544 ФРГ, МКИ D 06 H 3/08.Kohareante Abtastvorrichtung mit Prufung eines Flashenbereichs einer Textilbahn. / Fomenko, Sergei Michael. -№ 27 07 544.1; Заявл. 22.02.77. Опубл. Бюл.. 29.05.80, -№22.
9. Пат. 2836280 ФРГ, МКИ D 06 H 3/08. Optische Abtasvorrichtung fur kontinuierlich fortbeweget Materialbahnen. / Sick, Erwin (ФРГ); - № P28 36 280.3-26; Заявл. 18.08.78; Опубл., 21.02.80, Бюл. №8.
10. Пат. 2707538 ФРГ, МКИ D 06 H 3/08.Verfahren zur automatishen Feflerprufungx textiler Flasfengebilde. / Greenwood Mills, Ins., Maed, Donald Sarleton. Заявл. 23.02.76 USA (660252); Опубл. 1980, Бюл. №22.
11. New system for centering and spreading fabric sheets // Int. Text. Bull. Djeing., Print., Finish.-1987.-33, №3.-С.125-126.-Англ.

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ХНТУ 151.КРМ.24.014 ПЗ

Арк.

112

12. Combined skew and humidification system // Text. Technol. Dig. –1994.-51. №12.-С.52.-АНГЛ.

13. Пат. 3630764.5 ФРГ, МКИ D 06 H 3/12. Vorrichtung zum Geraderichten von schräg – und/oder bogenförmig verzogenen Schußfaden im Textilgewebe./Hampel Roland; H.Krantz GmbH und Co.; Заявл. 10.09.86; Опубликовано. 24.03.88.

14. Пат. 2404582 ФРГ, МКИ D 06 H 3/12. Richtmaschine für Schuss und Maschenreihen von Textilien/ Epple Helmut (ФРГ); Mahlo KG.- Заявл. 21.01.74; Опубликовано 24.03.78.

15. Langer Helmut. Schußfadenrichtgerät modell Correfix 1000, in combination miteir spann – trocheenfiximaschine, modell 6597// Textiltechnik.-1989.-39. №7.- С.353-355,334,336.-Нем.

16. Schußfadenrichter // Melliand Textilber.-1988.-69. №12.- С.919-920.-Нем.

17. Verfahren zum automatischen Richten schußverzogener Gewebe. // Textiltechnik.-1987.-37. №12.-С.654-655.-Нем.

18. Begum S. Factors of Weave Estimation and the Effect of Weave Structure on Fabric Properties / Setara Begum, Rimvydas Milašius // Fibers 2022, 10, 74. С. 115 – 137 – <https://doi.org/10.3390/fib10090074>

19. Backer S. The Relationship between the Structural Geometry of a Textile Fabric and Its Physical Properties I: Literature Review / Stanley Backer // Text. Res. J. Nov. 1948. С. – 650-658 – <https://doi.org/10.1177/004051754801801102>.

20. Penava Z., Šimić Penava D. Influence of anisotropy and yarn count on the modulus of elasticity of weft rib knitted fabric Zeljko Penava Diana Šimić Penava // Tekstil -Zagreb September 2014, С 25–36.

21. Neumann conserve les doublures de qualitate rectilignes // Teintex France 1973, 34 №12, С.657-858,861.

22. Method and instrument for determining the distortion angles in textile fabrics or similar whether fixed or in movement: пат. EP 1 182 448 A1, МКВ G01N 21/898; Приоритет 26.07.2000 Опубликовано. 27.02.2002 EUROPEAN PATENT APPLICATION.

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ХНТУ 151.КРМ.24.014 ПЗ

Арк.

113

23. Richtmaschine für Schuss und Maschenreihen von Textilien: пат. 2404582 ФРГ, МКИ D 06 H 3/12./ Epple Helmut; Mahlo KG.- заявл. 21.01.74; опубл 24.03.78.

24. Kyoto-machinery. Products. URL: <https://kyoto-machinery.com/en/products/> (дата звернення: 05.10.2023). – Назва з екрана.

25. Mahlo Products & Devices. Measurement and control solutions for industry. URL: <https://www.mahlo.com/en/products/distortion-correction/details/weft-straightener-orthopac-rvmc.html> (дата звернення: 05.10.2022). – Назва з екрана.

26. Neuer automatischer schußfadenrieter “Chemiefas – Textilind” 1987,37/89 №5,С.407.

27. Horrocks A.R. Handbook of Technical Textiles / Horrocks A.R., Anand S.C. –: Amsterdam: Elsevier, 2000. – 532 p.

28. Матвеев В.С., Єдинович М.Б. Безконтактний контроль деформацій тканини : матеріали X всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених з автоматичного управління присвяченої дню ракетно-космічної галузі України, Херсон-Хмельницький, 12 квітня 2023.

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

ХНТУ 151.КРМ.24.014 ПЗ

Арк.

114

