

**М. Б. ЄДИНОВИЧ**

кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри автоматизації, робототехніки і мехатроніки  
Херсонський національний технічний університет  
ORCID: 0000-0002-8086-8189

**В. М. ПОЛІЩУК**

кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри автоматизації, робототехніки і мехатроніки  
Херсонський національний технічний університет  
ORCID: 0000-0002-8775-4977

**Н. В. САРАФАННІКОВА**

кандидат технічних наук, доцент,  
доцент кафедри автоматизації, робототехніки і мехатроніки  
Херсонський національний технічний університет  
ORCID: 0009-0006-6609-016X

**В. С. ОСАДЧУК**

старший викладач кафедри автоматизації, робототехніки і мехатроніки  
Херсонський національний технічний університет  
ORCID: 0000-0001-8326-8173

## КОНТРОЛЬ ЯКОСТІ ТЕКСТИЛЬНИХ ТКАНИН

*Питання контролю якості продукції масового виробництва є дуже важливими в сучасному світі, оскільки застосування розвитку технологій на виробництві забезпечує конкурентоспроможність і попит товару. Звісно передуючий контроль якості зменшує відсоток бракованої продукції що виробляється і відповідно оптимізує і заощаджує витрати на основне виробництво. Дана робота стосується контролю якості структури текстильних тканин на завершальних оздоблювальних етапах виробництва і обробки через деформацію полотна. Розглянуто основні показники якості тканини і чинники які призводять до деформації полотна. Доведено, що контроль доцільно здійснювати автоматичними системами виправлення утоку.*

*В рамках даної статті розглянуто зв'язок анізотропії електричних характеристик тканини з її деформаціями та розробку експериментального датчика перекосу утоку.*

*Наведено класифікацію відповідності методів і засобів виявлення і контролю перекосу утоку. Здійснено огляд існуючих приладів для усунення і автоматичного виправлення перекосу та проаналізовано показники недосконалості. Виявлено, що для вдосконалення системи вимірювання параметрів анізотропії необхідно використовувати безконтактний контроль.*

*Для проведення досліджень було розроблено модель у вигляді електричної еквівалентної схеми системи відношення датчик – тканина для безконтактного контролю електропровідності досліджуваних зразків тканини. Зазначено межі електричних параметрів для відповідного функціонування схеми. З метою оптимізації системи було проведено дослідження взаємодії сухої тканини з електромагнітним полем певної конфігурації. Для створення осесиметричного поля на поверхні тканини було запропоновано кілька варіантів розташування електродів щодо досліджуваного зразка тканини. Здобуто конфігурацію електромагнітних полів для різних варіантів установки електродів.*

*Отримані результати для деяких артикулів наведені у вигляді розподілу потенціалів на поверхні тканини. Результати підтверджують можливість створення функціонального безконтактного датчика контролю деформацій тканини.*

**Ключові слова:** тканина, якість, безконтактний контроль, деформація, перекоп, анізотропія, симетрія, витяжка, ортогональність, основа, уток, розташування ниток, датчик, автоматичне виправлення, комплексний опір.

**М. В. YEDYNOVYCH**

Candidate of Sciences in Technology, Associate Professor,  
Associate Professor at the Department of Automation,  
Robotics and Mechatronics  
Kherson National Technical University  
ORCID: 0000-0002-8086-8189

V. M. POLISHCHUK

Candidate of Sciences in Technology, Associate Professor,  
Associate Professor at the Department of Automation,  
Robotics and Mechatronics  
Kherson National Technical University  
ORCID: 0000-0002-8775-4977

N. V. SARAFANNIKOVA

Candidate of Sciences in Technology, Associate Professor,  
Associate Professor at the Department of Automation,  
Robotics and Mechatronics  
Kherson National Technical University  
ORCID: 0009-0006-6609-016X

V. S. OSADCHUK

Senior Lecturer at the Department of Automation,  
Robotics and Mechatronics  
Kherson National Technical University  
ORCID: 0000-0001-8326-8173

## QUALITY CONTROL OF TEXTILE FABRICS

*The issue of quality control of mass-produced products is very important in the modern world, since the application of technological development in production ensures competitiveness and product demand. Of course, prior quality control reduces the percentage of defective products produced and accordingly optimizes and saves costs for the main production. This work concerns the quality control of the structure of textile fabrics at the final finishing stages of production and processing due to the deformation of the fabric. The main indicators of fabric quality and factors that lead to fabric deformation are considered. It has been proven that it is advisable to carry out control by automatic systems correction of weft.*

*In the framework of this article, the relationship between the anisotropy of the electrical characteristics of the fabric and its deformations and the development of an experimental sensor of weft skew are considered.*

*The classification of compliance of methods and means of detection and control of weft skew is presented. An overview of the existing devices for the elimination and automatic correction of skew was carried out and the indicators of imperfection were analyzed. It was found that to improve the anisotropy parameter measurement system, it is necessary to use non-contact control.*

*To conduct the research, a model was developed in the form of an electrical equivalent circuit of the sensor-tissue relationship system for non-contact control of the electrical conductivity of the investigated tissue samples. The limits of the electrical parameters for the appropriate operation of the scheme are specified. In order to optimize the system, a study of the interaction of dry tissue with an electromagnetic field of a certain configuration was conducted. In order to create an axisymmetric field on the surface of the fabric, several options for the location of the electrodes in relation to the fabric sample were proposed. The configuration of electromagnetic fields for various options of electrode installation was obtained.*

*The obtained results for some articles are given in the form of distribution of potentials on the surface of the fabric. The results confirm the possibility of creating a functional non-contact sensor for monitoring fabric deformations.*

**Key words:** fabric, quality, non-contact control, deformation, skew, anisotropy, symmetry, hood, orthogonality, base, weft, location of threads, sensor, automatic correction, complex resistance.

### Постановка проблеми

Ткацька справа була закладена на початку новокам'яного століття, коли люди з землеробством освоїли і мистецтво плетіння полотен з трави, пагонів і стебел рослин. І в сучасному світі вже не можливо уявити людину і середовище, яке її оточує, без предметів з тканини. Розвиток сьогодення передбачає конкурентоспроможність і підприємства і продукції, а одним з основних чинників конкурентоспроможності є якість продукту що виробляється [1].

Якість тканини оцінюється сукупністю її споживчих властивостей, які залежно від призначення, умов експлуатації, волокнистого складу та будови можуть бути різними. Контроль якості тканини – це перевірка відповідності показників якості тканин вимогам нормативно-технічних документів.

До основних якісних показників тканини належить щільність полотна, що відповідає за зносостійкість і міцність. Також важлива відсутність дефектів зовнішнього вигляду. У текстильному виробництві деформації тканини, зокрема витяжка і перекис утоку є найпоширенішими дефектами тканини, що виникають на заключних стадіях виробництва при обробці тканин на вибільних, фарбувальних і оздоблювальних лініях через нерівномірне сушіння, перекис і зношування валів устаткування, неоднакової швидкості руху тканини на технологічних переходах [2–5].

Сама тканина має ортогональну структуру і, відповідно дві осі симетрії, орієнтованих уздовж ниток утку й основи. Вона розглядається як просторові грати зі структурою, що періодично повторюється і якій притаманні загальні ознаки тканин такі як ортогональність, дискретність, двовимірність і симетричність.

Ортогональна структура визначає відповідну симетрію анізотропії механічних властивостей тканини [6], тому деформація тканини призводить до порушення симетрії її анізотропних властивостей.

Під час заключної обробки на потокових лініях оздоблювального виробництва в тканині виникають порушення її ортогональної структури (перекіс утку) та витяжка полотна уздовж основи. Зазначені деформації суттєво погіршують якість готової тканини. Оскільки деформація тканини призводить до порушення симетрії її анізотропних властивостей, у тому числі, і електричних тому контроль цієї симетрії дозволить виправляти перекіс тканини та підтримувати витяжку у потрібних межах. Симетрія анізотропних характеристик тканини визначається симетрією її ортогональної структури, що утворена переплетінням ниток основи та утку.

Для усунення перекосу утку існує широкий ряд правильних пристроїв, які управляються як вручну, так і автоматично [7]. Економічна ефективність від впровадження систем автоматичного виправлення утку залежить від продуктивності устаткування, виду оброблюваних тканин і організації виробництва. На оздоблювальній лінії фірми «Kyoto», наприклад, збільшення випуску продукції першого гатунку складає не менше 1,3%, що у перерахунку на річний випуск складає понад 150 тис. метрів [3].

Відомі пристрої автоматичного виправлення утку забезпечують виправлення перекосу без перенастроювання датчика перекосу тільки на певних групах артикулів тканин, а на деяких артикулах вони непрацездатні принципово [3, 4, 7]. В умовах виробництва це приводить до додаткових витрат, пов'язаних як із зупинками на перенастроювання датчиків і системи керування так і зі зниженням сортності тканини.

Виходячи з вищесказаного, очевидна необхідність створення системи автоматичного виправлення утку, здатної забезпечити високу якість виправлення перекосу незалежно від артикула тканини, типу переплетення й складу ниток.

Тканина складається із взаємно перпендикулярних ниток основи і утку, що обумовлює наявність анізотропних властивостей, насамперед, механічних. Перекіс – це порушення перпендикулярності ниток утку відносно ниток основи, що призводить до порушення симетрії анізотропних характеристик. Таким чином, контролюючи порушення цієї симетрії, можна контролювати перекіс уткових ниток. Але контроль механічних властивостей спряжений зі складністю реалізації чутливого елемента датчика перекосу через наявність механічного контакту із тканиною [4]. Тому можна вважати доцільним контролювати симетрію електричних властивостей тканини, зокрема комплексного опору полотна у різних напрямках безконтактним способом. Безконтактний контроль деформацій тканини дозволить підвищити точність вимірювань та надійність системи.

#### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Причини, що викликають перекоси уткових ниток різноманітні [2–7]. Діагональні перекоси виникають в основному через різний ступінь натягу крайок тканин при обробці їх розправленим полотном. Такі перекоси обумовлені, насамперед, перекосом тканиноспрямовувальних роликів. Перекоси іншої форми можуть бути викликані неоднаковим ступенем притиску полотна тканини по крайках тканиноспрямовувальними роликами, що втратили циліндричну форму в результаті зношування; косими або хвилястими швами, якими зшиті окремі шматки полотна; підвищеним тертям полотна в місцях перегину; нерівномірністю потоку повітря при сушінні, нерівномірністю сушіння ниток основи при шліхтуванні й іншими причинами.

Заключною стадією обробки зазвичай є просочення аперетом і сушіння на сушильно-ширильній машині. Тому в більшості випадків пристрої для усунення перекосу утку встановлюються на вході сушильно-ширильної машини. Після усунення перекосу взаємне розташування ниток основи й утку остаточно фіксується в процесі сушіння на сушильно-ширильній машині. Перекіс, обумовлений впливом перерахованих вище факторів, може досягати значень до 10–15%, а за формою являти собою досить складну комбінацію різних видів перекосу (лінійних, дугових, S-подібних та ін.) [8].

Існуючі датчики перекосу утку. Як відомо, тканина складається з поздовжніх ниток основи й поперечних ниток утку, перпендикулярних одна одній. Таким чином, тканина має ортогональну структуру й, як мінімум дві осі симетрії, орієнтованих уздовж ниток утку й основи. Ортогональна структура тканини визначає відповідну симетрію анізотропії механічних властивостей тканини [9]. Анізотропія розривних характеристик тканини розглянута в роботі [10, 11]. Автори, розглядаючи зв'язок між міцністю  $P$  і кутом нахилу, роблять висновок про те, що деформація комірки тканини через різні напрямки прикладення навантаження й основних ниток створює більше подовження й менше розривне навантаження під кутами  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$  до основи (рис. 1).

Перекіс можна розглядати як порушення ортогональності структури тканини й відповідної їй симетрії анізотропних механічних властивостей. Існує відповідна класифікація методів контролю перекосу, яку наведено на рис. 2.



Рис. 1. Анізотропія розривного навантаження тканини

Подібні датчики контролю симетрії розподілу сил тертя перетворюють положення утокових ниток у положення чутливих механічних елементів, що взаємодіють із тканиною за допомогою сил тертя. Ці елементи являють собою контактуючі із тканиною щупи або коліщатка, що котяться по тканині і повертаються в напрямку перекошу. Наприклад, датчик фірми «Maunt Nore» являє собою пару гумованих коліщат, насаджених на одне коромисло. Вісь симетрії датчика збігається з однією з осей симетрії контрольованої тканини. Тому при відсутності перекошу система датчик – тканина збалансована, сигнал на виході відсутній. Перекіс порушує симетрію тканини, що у свою чергу, при взаємодії датчика із тканиною викликає дисбаланс датчика й появу сигналу на його виході.

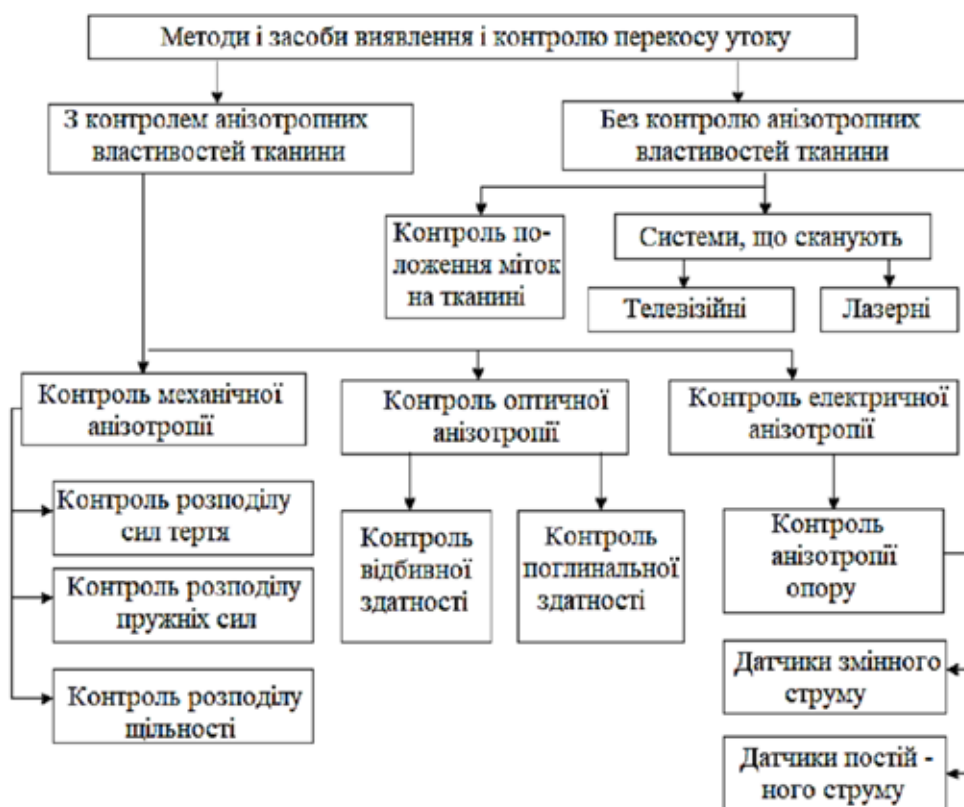


Рис. 2. Методи і засоби виявлення і контролю перекошу утку

Серед безконтактних датчиків контролю перекошу утку найбільш поширені оптичні датчики, працюють у відбитому світлі або на просвіт [12, 13]. Даний тип датчиків є найпоширенішим завдяки їхній простоті, надійності й здатності працювати на широкому асортименті артикулів тканини. Випускаються промислово фірмами «Mahlo» (ФРН); «Kyoto» (Японія); «Elitex» (Чехія) й ін. [14, 15].

Незважаючи на свої переваги, такі датчики не вільні від недоліків, до яких можна віднести погіршення працездатності на щільних тканинах, а також на тканинах зі складним переплетенням, наприклад саржевим, коли рубчик на поверхні тканини сприймається як утокова нитка [11]. У такий спосіб використання анізотропії щільності тканини для контролю перекошу не забезпечує надійного контролю на тканинах високої щільності, а також на тканинах складного переплетення, що у випадку щільної тканини пояснюється зменшенням неоднорідності й відповідно зменшенням чутливості, а у випадку 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 менше, чим у темних тканин, що зв'язане зі зближенням рівня світлового потоку минулого через нитку й потоку, що пройшов через міжниточний простір. Зменшення оптичної анізотропії світлих тканин спричинює зниження чутливості датчика перекоосу утоку при роботі на цих тканинах.

### Формулювання мети дослідження

Метою дослідження є аналіз електричних анізотропних властивостей тканини, обумовлених її структурою та розробка на основі отриманих даних пристрою позбавленого вище наведених недоліків для контролю деформації тканини.

### Викладення основного матеріалу дослідження

Розглядаючи анізотропні властивості тканини, необхідно використовувати саме електричні анізотропні властивості тканини. Адже тканина має істотну анізотропію електричного опору [16]. У зразків тканин, вирізаних уздовж основних або утокових ниток, величина електричного опору прямо пропорційна довжині зразка й обернено пропорційна його ширині. Для даних зразків опір визначається в основному тільки нитками, спрямованими уздовж силових ліній електричного поля, прикладеного до зразка. Нитки, розташовані перпендикулярно силовим лініям впливають на опір зразка. Для зразків, вирізаних під деяким кутом до основних або утокових ниток, опір визначається також і опором переходів між основними й утоковими нитками.

Навіть при однакових нитках основи й утоку різниця між максимальним і мінімальним значеннями опору становить приблизно 10–20%. У роботі показано, що осі симетрії електричної анізотропії збігаються з нитками основи й утоку. Перекіс утоку викликає відповідне порушення симетрії електричної анізотропії. Відомо кілька конструкцій датчиків перекоосу утоку, що контролюють анізотропію опору тканини контактним способом.

Наявність контакту між датчиком і тканиною обмежує можливості його практичного застосування й знижує точність експериментальних досліджень. Для успішного дослідження електричної анізотропії безконтактним способом необхідно було розв'язати проблему створення на тканині осесиметричного електричного поля й проблему знімання інформації з поверхні тканини [3]. Із цієї метою було запропоновано еквівалентну схему системи датчик – тканина. Безконтактний контроль електричних анізотропних властивостей тканини дозволяє уникнути нестабільності електричного контакту датчика з тканиною. Електрична еквівалентна схема датчика для контролю розподілу електричного поля на поверхні тканини наведена (рис. 3).

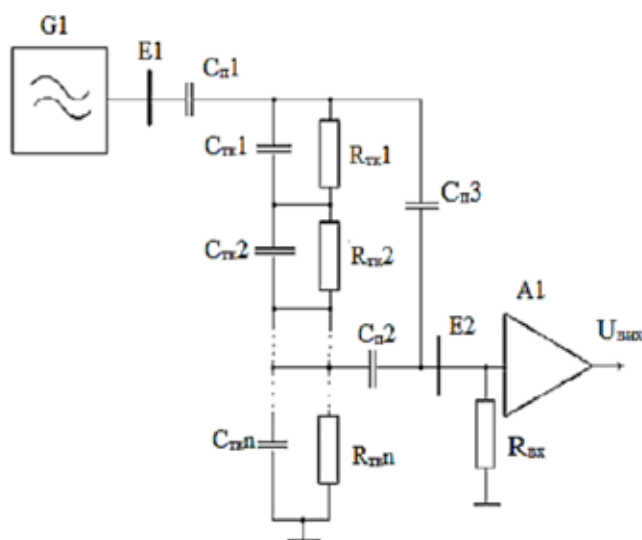


Рис. 3. Електрична еквівалентна схема системи датчик – тканина

$G1$  – джерело напруги живлення (генератор);  $A1$  – вимірювальний підсилювач;  $C_{n1}$  – ємність між живильним електродом і тканиною;  $R_{тк1} \dots R_{тк,n}$ ,  $C_{n1} \dots C_{n,n}$  – опори і ємності елементарних ділянок тканини, що залежать від виду переплетення;  $C_{n2}$  – ємність між прийомним електродом і тканиною;  $C_{n3}$  – ємність між живильним і приймальним електродами. Індекс «п» означає, що діелектриком у зазначених ємностях є повітря. У моделі не враховуються відповідні індуктивності через низьке значення магнітної проникності тканини.

Запропонована еквівалентна схема висуває наступні вимоги до технічної реалізації даного способу:

1. Для забезпечення максимальної чутливості ємності  $C_{n1}$  і  $C_{n2}$  повинні максимально можливо величину.
2.  $R_{вх}$  вимірювального підсилювача повинен значно перевищувати опір джерела сигналу –  $Z_{тк}$ , що складається з  $R_{тк}$  і  $C_{тк}$ . Для сухих тканин, наприклад,  $R_{вх} > 1 \text{ МОМ}$ .
3. Величина ємності  $C_{n1}$  повинна бути мінімальна, для того, щоб забезпечити найменший рівень сигналу складової електричного поля, не пов'язаної із тканиною.

Для виконання умови 1 необхідно мати живильні й прийомні електроди максимально можливої площі з мінімально можливим зазором між електродами і тканиною. Збільшення частоти генератора також знижує опір ємностей  $C_{п1}$  і  $C_{п2}$ , однак одночасно знижується опір ємностей  $C_{п3}$  і  $C_{тк}$ .

Також для задоволення вимоги 1 необхідно оптимізувати розміри електродів 1 і 2, виходячи з міркувань максимальної чутливості, а також обмежень, що накладаються розмірами зони контролю, тобто розмірами самого датчика. Оптимальна частота генератора залежить як від співвідношення ємностей  $C_{п1}$ ,  $C_{п2}$ , і  $C_{п3}$ , так і від співвідношення  $R_{тк}$  і  $C_{тк}$ , обумовленим видом волокна, тексом пряжі й вологістю тканини.

Виконання умови 3 також співвідноситься з умовами п. 1, дозволяє зробити висновок, що конструкція датчика буде мати компромісний характер. А виконання умови 2 при використанні сучасної елементної бази взагалі не представляє особливих труднощів.

Слід зазначити велику складність в організації експериментальних досліджень при одержанні характеристик для повної моделі системи вплив – тканина – перетворювач, що пов'язано з вимогами, пропонуваними до вимірювальної апаратури й умовам проведення експерименту на зволоженій тканині. Тому слід визнати доцільним поетапне проведення досліджень:

1. Дослідження можливості неконтактного створення й контролю електричного поля на сухій тканині.
2. Дослідження анізотропних властивостей вологих тканин.
3. Створення на основі теоретичних даних і експериментальних досліджень датчика перекоосу уткових ниток.

Для неконтактного дослідження анізотропних властивостей тканини за схемою рисунка 3 була розроблена експериментальна установка. Розміри зони контролю й відповідно установки були прийняті з врахуванням мінімальної ширини полотна тканини – 90 сантиметрів і числом датчиків, як мінімум два. Діаметр зони контролю був прийнятий рівним 0,25 м.

Для створення осесиметричного поля на поверхні тканини було запропоновано кілька варіантів розташування електродів щодо досліджуваного зразка тканини (рис. 4):

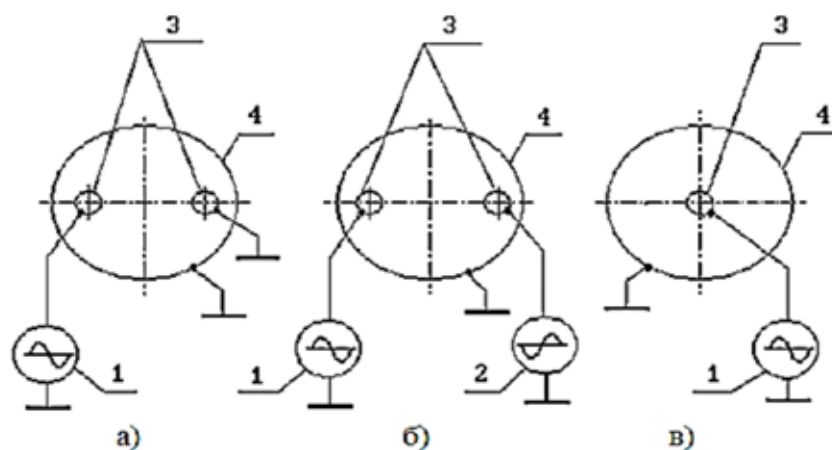


Рис. 4. Варіанти розташування електродів датчика

1 – джерело напруги синусоїдальної форми; 2 – джерело протифазної синусоїдальної напруги; 3 – електроди; 4 – кільцевий екран.

Конфігурація поля відповідних систем електродів наведена на рис. 5:

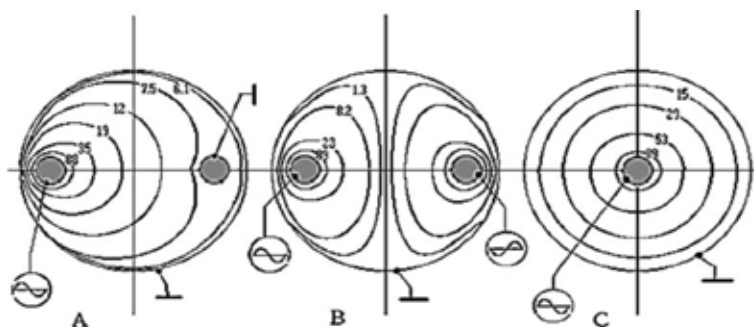


Рис. 5. Конфігурація поля для різних варіантів установки електродів

Значення потенціалів зазначені в мілівольтах. Методика розрахунків такого роду полів досить проста. Дані рис. 5 отримані експериментальним шляхом, тому що необхідно було врахувати вплив на конфігурацію поля елементів конструкції експериментальної установки. Як видно з рисунку, екран суттєво впливає на форму електромагнітного поля у випадках А і В. Контроль потенціалів електричного поля здійснювався точковим щупом із вбудованим повторювачем напруги на ОП, що забезпечило  $R_{вх}$  1 МОм.

Для визначення робочої частоти були зняті частотні характеристики системи (рис. 6). У якості джерела сигналу використовувався генератор з амплітудою напруги 25 В.

У цілому АЧХ установки для тканини вологістю 70–90% відповідає реальній ланці, що диференціює, I-го порядку, що відповідає еквівалентній схемі рис. 3. Частота  $f_n=5$  МГц (АЧХ 2). Однак через те, що в наступних трактах використовувалися підсилювачі на ОП К544УД2  $K_y=100$  і  $f_n=200$  кГц, АЧХ 1, те результуюча АЧХ системи тканина – датчик – підсилювач має  $f_n=200$  кГц і  $f_b=5$  МГц, АЧХ 4. Звідси мінімально можлива робоча частота була прийнята рівною 200 кГц. АЧХ 3 отримана для тканини вологістю 3–5%. Характеристика має  $f_n=20$  кГц і  $f_b=40$  кГц, що пояснюється тим, що із ростом частоти ємність  $C_b$  починає шунтувати  $R_{тк}$  (рис. 3).

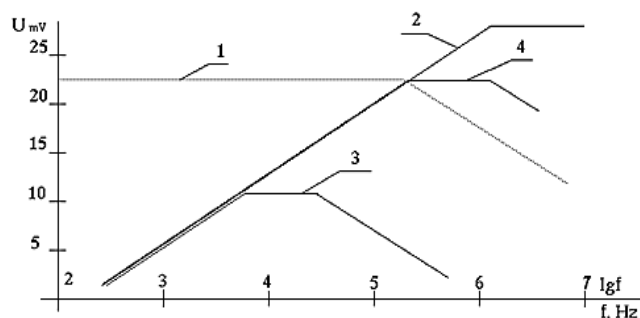


Рис. 6. АЧХ експериментальної установки

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 й чутливості є поле, створене двома електродами, які живляться у протифазі (рис. 4, б).

Експеримент проводився на зразках тканини вологістю 3–5% і діаметром 0,3 м., закріплених на обертовому кільці.

Для усереднення отриманих характеристик експеримент проводився по 5 разів на кількох зразках тканини одного артикулу. Для дослідів використовувалися зразки як з перекосом, так і без перекосу. Максимальна величина перекосу досягала 9 градусів.

Дослідження проводилися на бавовняних тканинах наступних артикулів: «Ефектна» арт. 1231, «Бязь» арт. 149, «Батист» арт. 1402, «Фініш». Схема підключення системи вимірювальних електродів наведена на рис. 7.

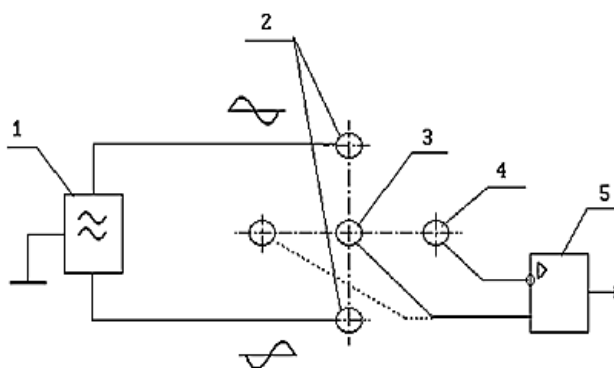
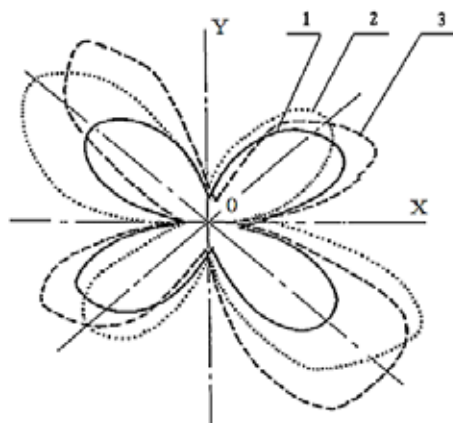


Рис. 7. Схема підключення електродів експериментальної установки

Вимірювальна схема має вигляд симетричного відносно структури тканини мосту, утвореного живильними електродами 2, підключеними до генератора 1, приймальними електродами 3, 4, підключеними до диференціального підсилювача 5, що дозволяє контролювати за допомогою електрода 4 неоднорідність структури тканини. Електрод 3 використовувався для компенсації постійної складової, обумовленої  $C_n$  (рис. 3) тому що він перебуває

посередині лінії, що з'єднує електроди генератора 1 і рівень сигналу не залежить від кута повороту досліджуваного зразка. Отримані результати для деяких артикулів наведені на рис. 8:

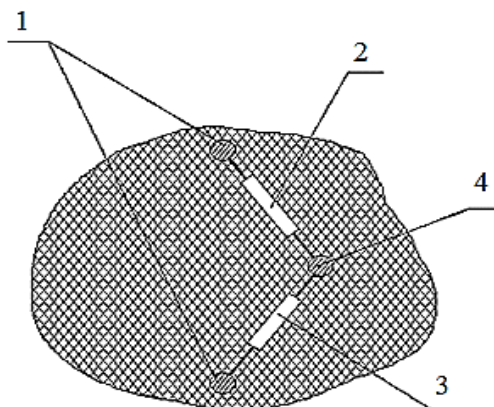


**Рис. 8. Розподіл потенціалів на поверхні тканини арт.142 «Бязь»**

1 – без перекосу; 2 – перекіс уліво на 5 градусів; 3 – перекіс вправо на 5 градусів.

Максимум отриманих характеристик відповідає орієнтації ниток основи й утоку уздовж вимірювальних пліч мосту, що складається з живильних електродів 1, еквівалентних опорів ділянок тканини 2 і 3, і вимірювального електрода 4 (рис. 9).

Ці дані підтверджують результати, які отримані контактним способом. Поява витяжки приводить до зміни опору ниток основи або утоку [16], що викликає збільшення або зменшення «пелюсток» характеристики анізотропії тканини.



**Рис. 9. Електрична модель тканини**

Як видно (рис. 8), перекіс ниток досліджуваного зразка викликає деформацію «пелюсток» характеристики, що полягає в їхньому повороті на кут, що дорівнює куту перекосу, а також у збільшенні їх розмірів.

#### Висновки

За результатами проведених досліджень встановлено, що:

- Анізотропні властивості тканини обумовлені взаємоперпендикулярним переплетінням ниток основи і утоку. Така структура обумовлює механічну, оптичну і електричну анізотропію тканини.
- Датчики деформації тканини, що контролюють симетрію електричних анізотропних властивостей тканини, дозволяють суттєво розширити асортименти тканин для яких можливе використання автоматичних систем усунення деформацій.
- Проведення дослідження показали можливість створення електричного поля на тканини неконтактним способом, а також можливість контролю симетрії цього поля.
- Характеристика електричних анізотропних властивостей тканини, отримана безконтактним способом відповідає ортогональній структурі тканини й не залежить від виду переплетення й складу волокна.
- Результати досліджень підтверджують можливість створення датчиків деформацій тканини на основі безконтактного способу контролю її анізотропії.



## Список використаної літератури

1. Малюта Л.Я. Забезпечення якості продукції – необхідна умова підвищення конкурентоспроможності підприємства та його продукції в сучасному ринковому просторі / Л.Я. Малюта // Економіка, фінанси, право. 2008. № 9. С. 11–14.
2. Рожков С. О. Методи і засоби оцінки якості тканин у системах керування текстильним виробництвом. Херсон: Олді-Плюс, 2011. 316 с.
3. Храпливый А.П. Теоретические основы и практика разработки систем и средств контроля и управления структурными показателями тканей: дис. ... доктора техн. наук: 05.19.03; 05.13.07. Л., 1990. 267 с.
4. Единович М. Б. Исследование и разработка безконтактной системы контроля и управления перекосом утка в тканях: дис. ... кандидата технических наук: 05.13.07. Херсон, 1999. 133 с.
5. Horrocks A.R. Handbook of Technical Textiles.:Amsterdam: Elsevier, 2000. 532 p.
6. Begum S. Factors of Weave Estimation and the Effect of Weave Structure on Fabric Properties. *Fibers* 2022, 10, 74. P. 115–137.
7. Бельцов В. М. Оборудование текстильных отделочных предприятий / В. М. Бельцов – С Пб.: СПбГУТД, 2000. 568 с.
8. Попруга А. Г. Исследование и разработка системы автоматической правки уточных нитей различного вида тканей: дис. ... кандидата технических наук: 05.13.03 / Попруга Анатолий Григорьевич. Херсон. 1987. 105 с.
9. 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.
10. Носов М.П. Анизотропия разрывных характеристик тканей / М.П. Носов, В.И. Павлов, А.Е. Мирошников // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.* 1976, № 5, С. 10–12.
11. 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.
12. 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 Опубл. 27.02.2002 EUROPEAN PATENT APPLICATION.
13. 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.
14. Kyoto-machinery. Products. URL: <https://kyoto-machinery.com/en/products/> (дата звернення: 05.10.2022).
15. 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).
16. Контроль технологических параметров текстильных материалов: методы, устройства / Л.К. Татотченко, В.И. Киселев, В.Т. Песня; М.: Легпромбытиздат, 1985. 192 с.
17. M. Tokarska Anisotropy of the electrical properties of flat textiles. *The Journal of The Textile Institute.* 2015. Vol. 106, Issue 1. P. 9–18.

## References

1. Malyuta L.YA. (2008) Zabezpechennya yakosti produktsiyi – neobkhdna umova pidvyshchennya konkurentospromozhnosti pidpryyemstva ta yoho produktsiyi v suchasnomu rynkovomu prostori. [Ensuring product quality is a necessary condition for increasing the competitiveness of the enterprise and its products in the modern market space]. *Ekonomika, finansy, pravo*, no 9, pp. 11–14.
2. Rozhkov S. O. (2011) Metody i zasoby otsinky yakosti tkanyn u systemakh keruvannya tekstyl'nym vyrobnytstvom. [Methods and means of fabric quality assessment in textile production control systems]. Kherson: Oldi-Plus. 316 p. [in Ukrainian]
3. Khraplivyy A.P. (1990) Teoreticheskiye osnovy i praktika razrabotki sistem i sredstv kontrolya i upravleniya strukturnymi pokazatelyami tkaney [Theoretical foundations and practice of developing systems and means of control and management of structural indicators of fabrics] Doctor tech. sci.diss. 05.19.03; 05.13.07. Leningrad., 1990. 267 p.
4. Yedynovych M. B. (1999) Issledovaniye i razrabotka bezkontaktnoy sistemy kontrolya i upravleniya perekosom utka v tkanyakh. [Research and development of a non-contact system for monitoring and controlling weft distortion in fabrics]. Cand. tech. sci. diss: 05.13.07. Kherson, 1999. 133 p.
5. Horrocks A.R. (2000) Handbook of Technical Textiles.:Amsterdam: Elsevier, 532 p.
6. Begum S. (2022) Factors of Weave Estimation and the Effect of Weave Structure on Fabric Properties. *Fibers*, 10, 74. P. 115–137.
7. Beltsov V. M. (2000) Oborudovaniye tekstil'nykh otdelochnykh predpriyatiy [Equipment of textile finishing enterprises] St. Petersburg: SPbPGUTD. 568 p. [in Russian]
8. Poprug A. G. (1987) Issledovaniye i razrabotka sistemy avtomaticheskoy pravki utochnykh nitey razlichnogo vida tkaney. [Research and development of an automatic straightening system for weft threads of various types of fabrics] Cand. tech. Sci. diss. 05.13.03 Kherson. 1987. 105 p.

9. Backer S. (1948) The Relationship between the Structural Geometry of a Textile Fabric and Its Physical Properties I: Literature Review / Stanley Backer // Text. Res. J. Nov. C. 650–658.
10. Nosov M.P. (1976) Anizotropiya razryvnykh kharakteristik tkaney. [Anisotropy of tensile characteristics of fabrics]. Izv. vuzov. Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti.no5, pp. 10–12.
11. Penava Z., Šimić Penava D. (2014) Influence of anisotropy and yarn count on the modulus of elasticity of weft rib knitted fabric Zeljko Penava Diana Šimić Penava // Tekstil -Zagreb September, Pp. 25–36.
12. Method and instrument for determining the distortion angles in textile fabrics or similar whether fixed or in movement: Patent. no EP 1 182 448 A1, MKB G01N 21/898. 2002 EUROPEAN PATENT APPLICATION.
13. Richtmaschine für Schuss und Maschenreihen von Textilien: Patent FRG. no 2404582, D 06 H 3/12./ Epple Helmut; Mahlo KG. 1978.
14. Kyoto-machinery. Products. URL: <https://kyoto-machinery.com/en/products/> (date of application 05.10.2022).
15. Mahlo Products & Devices. Measurement and control solutions for industry. URL: «<https://www.mahlo.com/en/products/distortion-correction/details/weft-straightener-orthopac-rvmc.html>» (date of application 05.10.2022).
16. L.K. Tatotchenko, V.I. Kiselev, V.T. Pesnya (1985) Kontrol' tekhnologicheskikh parametrov tekstil'nykh materialov: metody, ustroystva [Control of technological parameters of textile materials: methods, devices]. M.: Legprombytizdat, 1985. 192 p.
17. M. Tokarska (2015) Anisotropy of the electrical properties of flat textiles. The Journal of The Textile Institute. Vol. 106, Issue 1. P. 9–18.