

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ**  
**імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**  
**Приладобудівний факультет**  
**Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю**

«На правах рукопису»  
УДК \_\_\_\_\_

До захисту допущено:  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Юрій КИРИЧУК  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## **Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

**за освітньо-професійною програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»**

**зі спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»**

**на тему: «Автоматизована система для контролю вологості тканин»**

Виконав:

студент II курсу, групи ПМ-31мп  
Панаско Денис Віталійович \_\_\_\_\_

Науковий керівник:

доцент, к.т.н., доцент  
Петрик Валентин Федорович \_\_\_\_\_

Консультант з розробки стартап-проектів:

Завідувач кафедри економічної кібернетики  
д.е.н.проф., КШ ім. Ігоря Сікорського  
Бояринова Катерина Олександрівна \_\_\_\_\_

Рецензент:

доцент, каф. ІВТ к.т.н., доцент  
Самарцев Юрій Миколайович \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цій магістерській  
дисертації немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

Київ – 2024 року

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Приладобудівний факультет**

**Кафедра автоматизації та систем неруйнівного контролю**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_Юрій КИРИЧУК

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_р.

**ЗАВДАННЯ**

**на магістерську дисертацію студенту**

**Панаско Денису Віталійовичу**

1. Тема дисертації «Автоматизована система для контролю вологості тканин», науковий керівник дисертації Петрик Валентин Федорович, к.т.н., доцент кафедри АСНК, затверджені наказом по університету від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_р. № \_\_\_\_\_
2. Термін подання студентом дисертації \_\_\_\_\_
3. Об'єкт дослідження: процес визначення вологості тканин для підвищення якості виробу, із використанням автоматизованих систем.
4. Вихідні дані: контроль вологості тканин, із максимально точними результатами та з мінімальними похибками.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: аналітичний огляд існуючих методів для моніторингу вологості тканин; проектування оптичної системи для виявлення вологості тканин; розробка функціональної схеми; розробка

алгоритму роботи схеми; розробка стартап-проєкту системи для визначення перспектив впровадження; розробка приладу.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: структурна схема системи; оптична схема системи; функціональна схема системи, креслення датчику вимірювання.
7. Орієнтовний перелік публікацій:
8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розробка стартап-проєкту	Завідувач кафедри економічної кібернетики д.е.н.проф., КПІ ім Ігоря Сікорського Бояринова К. О.		

1. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

#### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1.	Аналітичний огляд	2 тижні	
2.	Розробка структурної схеми	2 тижні	
3.	Розробка оптичної схеми	3 тижні	
4.	Розробка алгоритму	2 тижні	
5.	Розробка конструкторсько-технологічної частини	2 тижні	
6.	Виконання розділу «Розробка стартап проєкту»	2 тижні	
7.	Оформлення пояснювальної записки та презентації	2 тижні	

Студент

Денис ПАНАСКО

Науковий керівник

Валентин ПЕТРИК

## **РЕФЕРАТ**

Магістерська дисертація складається зі вступу, основної частини, що включає кілька розділів, висновків та списку використаної літератури. Загальна кількість сторінок становить [102], з яких [23] — рисунків, [28] — таблиць, [41] — посилань та [5] додатків.

### **Актуальність теми.**

Вимірювання вологості тканин є важливим етапом у багатьох технологічних процесах текстильного виробництва. Вологість тканини впливає на її механічні, фізичні та естетичні властивості, а також на кінцеву якість готової продукції. Зокрема, рівень вологості визначає такі характеристики тканин, як міцність, гнучкість, усадка, а також здатність до фарбування, нанесення друку або інших декоративних обробок. Порушення оптимальних параметрів вологості може призвести до значних дефектів у готовій продукції, таких як нерівномірне фарбування, деформація тканини, або навіть її розрив під час подальших обробок.

Особливо важливою є проблема контролю вологості на етапах сушки, фарбування, а також при зберіганні готової продукції. Некоректно визначений рівень вологості під час сушки може призвести до пошкодження тканини або недостатнього видалення вологи, що спричинить погіршення якості матеріалу. Текстильна продукція з надмірною вологістю може також піддаватися псуванню в процесі зберігання, утворюючи плісняву або сприяючи розмноженню мікроорганізмів.

### **Мета і задачі.**

Метою магістерської дисертації є розробка автоматизованої системи для контролю вологості тканин.

### **Об'єкт дослідження.**

Процес визначення вологості тканин із використанням автоматизованих систем.

### **Предмет дослідження.**

Інтеграція сенсорних технологій, алгоритмів обробки даних і автоматизованих рішень для вимірювання вологості текстильних матеріалів.

### **Практичне значення одержаних результатів.**

Запропонований прилад може бути використаний на підприємствах текстильної промисловості для моніторингу вологості тканин у режимі реального часу. Це знижує витрати на виробництво, зменшує ризики псування матеріалів і сприяє підвищенню якості продукції. Крім того, прилад може знайти застосування у наукових дослідженнях, пов'язаних із аналізом властивостей текстильних матеріалів.

### **Обсяг та структура роботи.**

Робота складається з:

- вступу,
- п'яти розділів (аналітичний огляд, розрахункова частина, розробка функціональної схеми, розробка стартап-проекту, конструкторсько технологічна частина),
- висновків,
- списку використаних джерел

## АНОТАЦІЯ

У роботі представлено сучасні системи для контролю вологості тканин, яка спрямована на підвищення ефективності виробничих процесів у текстильній промисловості. Основна мета дослідження – створення пристрою, що забезпечує точне, швидке та рівномірне вимірювання вологості текстильних матеріалів без руйнування їх структури.

Система базується на використанні інфрачервоних сенсорів, які аналізують інтенсивність відбитого випромінювання, що змінюється залежно від вмісту вологи в матеріалі. Інтеграція з мікропроцесорною платформою дозволяє виконувати автоматичну обробку даних, зберігання результатів і передачу їх до центральної системи управління виробництвом.

Автоматизована система вирішує такі проблеми:

- Нерівномірний розподіл вологості в тканинах.
- Високі витрати на ручний контроль якості.
- Ризик псування тканин через неналежний рівень вологості.

Очікувані результати впровадження системи включають зменшення енерговитрат, підвищення продуктивності виробництва та забезпечення високої якості готової продукції.

Розроблена система має широкий спектр застосувань у текстильній, сільськогосподарській і харчовій промисловостях.

## **ABSTRACT**

The paper presents modern systems for controlling the moisture content of fabrics, which are aimed at improving the efficiency of production processes in the textile industry. The main goal of the study is to create a device that provides accurate, fast and uniform measurement of the moisture content of textile materials without destroying their structure.

The system is based on the use of infrared sensors that analyze the intensity of reflected radiation, which varies depending on the moisture content of the material. Integration with a microprocessor platform allows for automatic data processing, storage of results and their transfer to a centralized production management system.

The automated system solves the following problems:

- Uneven moisture distribution in fabrics.
- High costs of manual quality control.
- Risk of fabric damage due to improper moisture levels.

The expected results of the system implementation include reduced energy consumption, increased production productivity and high quality of finished products.

The developed system has a wide range of applications in the textile, agricultural and food industries.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД .....	10
1.1. Огляд існуючих методів.....	13
1.1.1.Класифікація методів виміру вологості.....	13
1.1.2. Принципи побудови ГЧ-вологомірів .....	18
1.1.3. Первинні перетворювачі ГЧ-вологомірів .....	19
1.1.4. Оптоелектронні вологоміри .....	21
1.1.5 ГЧ-вологоміри, основані на прийомі відбитого випромінювання.....	23
1.1.6. Оптичний вологомір .....	24
1.3. Аналіз об'єкта контролю.....	27
1.4. Вибір та обґрунтування методу контролю.....	30
1.5. Обґрунтування вибору структурної схеми.....	30
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	33
2.1. Розробити та розрахувати кінематичну схему.....	33
2.2. Розробити та розрахувати оптичну схему.....	37
2.2.1. Розробка оптичної схеми.....	37
2.2.2. Розрахунок оптичну схему .....	38
2.2.3. Світлотехнічний розрахунок оптичної схеми .....	41
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ .....	43
3.1. Розробка та опис структурної схеми.....	43
3.2. Розробка та опис функціональної схеми .....	44
3.3. Розробка алгоритму роботи схеми.....	46



3.4. Розрахунок схеми включення світлодіода .....	49
3.5. Схема включення фотодіоду .....	51
3.6. Розрахунок підсилювача .....	52
3.7. Аналогово-цифровий перетворювач.....	53
3.8. Мікроконтролер .....	54
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ .....	57
РОЗДІЛ 5. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	88
ВИСНОВКИ.....	96
Список використаної літератури .....	99
Додатки.....	103

## ВСТУП

Одна з актуальних задач сучасної техніки — контроль рівня вологості твердих матеріалів. Майже всі виробничі процеси в промисловості та сільському господарстві спрямовані на забезпечення високої якості продукції, що відповідає вимогам державних стандартів. Одним із таких показників є дотримання допустимих меж вологості матеріалів.

Вміст вологи в матеріалах, який регламентується стандартами, визначають різноманітними методами, залежно від їхніх властивостей. У наш час застосовуються десятки методів вимірювання вологості для твердих речовин, газів і рідин. Деякі з них закріплені в стандартах як обов'язкові для перевірки якості продукції, а інші ефективно використовуються для розробки експрес-методів та автоматизованих пристроїв, таких як вологоміри.

Більшість неметалічних виробів промисловості та продуктів сільського господарства містять вологу, яка впливає на їхні фізико-хімічні та технологічні характеристики. Як надмірна, так і недостатня кількість вологи погіршує властивості матеріалів. Оптимальний вміст забезпечує високу якість продукції, яка залежить від типу сировини, напівфабрикатів чи готових виробів.

Рівень вологості є одним із важливих якісних показників, що суворо регламентується державними стандартами. Крім того, в деяких галузях промисловості та господарства додатково застосовуються технічні норми й умови, що обмежують вологість сировини чи напівфабрикатів на етапах виробництва.

Методи вимірювання вологості залежать від фізичних, хімічних і механічних властивостей матеріалів. У більшості випадків для цього застосовують лабораторні способи, які гарантують високу точність аналізу. При визначенні рівня вологи важливо враховувати її зв'язок із матеріалом: це можуть бути хімічні, фізико-хімічні або фізико-механічні форми.

Хімічний зв'язок вологи є найміцнішим і обумовлений молекулярними та іонними взаємодіями. У цьому випадку молекули води не існують окремо, а входять

до складу речовини. Таку вологу неможливо видалити сушінням чи пресуванням, оскільки її усунення призводить до руйнування молекул матеріалу та зміни його властивостей.

До фізико-хімічних зв'язків належать адсорбція й осмос. Адсорбція — це процес, за якого молекули вологи утримуються на поверхні матеріалу, як зовнішній, так і внутрішній. Цей зв'язок можна подолати випаровуванням. Найменш міцним є фізико-механічний зв'язок. Волога, що заповнює пори та капіляри матеріалу, легко видаляється шляхом сушіння чи віджимання.

Ткацтво є одним із перших видів ремесел, освоєних людством. Перехід від ручного виробництва тканин до автоматизації тривав тисячоліттями. Перші механічні ткацькі верстати були створені в 1805 році. Вони стали основою для подальшого розвитку технологій у текстильному виробництві. Однак значний крок у підвищенні ефективності виробництва був зроблений наприкінці XIX століття, коли почали впроваджуватися автоматичні системи. Ці системи дозволили значно збільшити продуктивність, автоматизуючи багато операцій і знижуючи трудові витрати. Сучасні текстильні фабрики, оснащені автоматизованими верстатами, здатні випускати тканини різної складності з широкого спектра сировини.

Одним із видів автоматичних ткацьких станків може бути ткацький станок показаний на рис. 1.



Рис. 1. Автоматичний ткацький верстат

Текстильна промисловість на початкових етапах розвитку спиралася на застарілі технології й була значною мірою залежною від імпорту сировини, обладнання та допоміжних матеріалів. Проте з часом у цій галузі відбулися кардинальні зміни. У період 1921–1922 років обсяги текстильного виробництва зросли в кілька разів, і вже до 1928 року рівень виробництва бавовняних і лляних тканин перевищив довоєнні показники. Незабаром було досягнуто високих результатів і у виготовленні шерстяних і шовкових матеріалів.

Розвиток техніки сприяв удосконаленню виробничих процесів у текстильній галузі. На сьогодні активно використовуються універсальні базові верстати, такі як ОАО «Текстильмаш», що оснащені мікропрокладальними механізмами. Ці верстати здатні виготовляти тканини з найрізноманітніших типів пряжі, таких як бавовняна, шерстяна, натуральний шовк, а також нитки хімічного походження, змішані волокна, жорсткі матеріали, зокрема льон. Крім того, вони ефективно працюють із комплексними нитками, поліпропіленовими й поліетиленовими мононитками.

Асортимент продукції, що виготовляється за допомогою цих технологій, надзвичайно широкий. Він охоплює як прості побутові тканини, що виготовляються масово, так і складні кареточні або жаккардові тканини. Крім того, ці верстати здатні виробляти одноколірні, багатоколірні, одношарові й багатошарові матеріали.

Базою для створення такого широкого спектра продукції є універсальні верстати з мікропрокладальними механізмами, які поєднують високу технологічність і адаптивність до різних видів сировини.

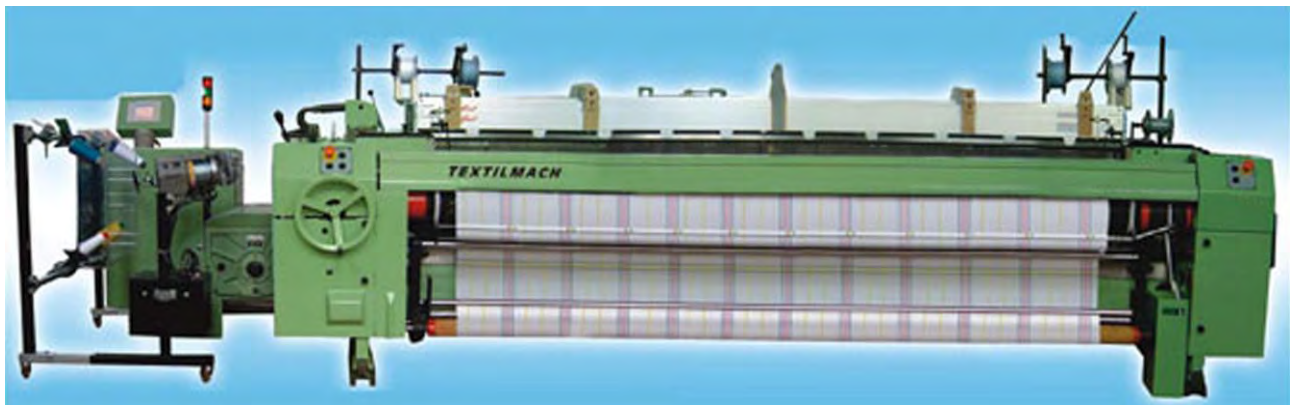


Рис. 2. Універсальний базовий верстат з мікропрокладальниками.

# РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

## 1.1. Огляд існуючих методів

### 1.1.1. Класифікація методів виміру вологості

Вологість – це показник якості продукції. Вологість є одним із ключових параметрів, яка оцінюється за двома основними величинами:

Вологоутримання – співвідношення маси води наявної в матеріалі, до маси абсолютно сухої речовини.

Вологість – це співвідношення маси води в матеріалі до загальної маси обраного вологого матеріалу, і зазвичай цей показник виражається у відсотках.

#### Види методик

Прямі методи базуються на розділенні матеріалу на суху частину та вологу. Ці методи є найбільш точними, оскільки вони передбачають фізичне видалення води із матеріалу і вимірювання маси води.

Опосередковані методи передбачають вимірювання величин, що функціонально пов'язані з рівнем вологості матеріалу. Для їх застосування необхідно попередньо калібрувати обладнання, встановивши залежність між вимірюваним параметром і фактичною вологістю матеріалу.[2]

Класифікація методів виміру вологості. (Таблиця 1.)



## Прямі методи

### 1. Термогравіметричний метод

Підхід такого методу є одним із найбільш поширених способів визначення вологості у різних матеріалах. Сутьність методу полягає у взятті невеликого зразка матеріалу, який зважують перед та після висушування. Вологу видаляють шляхом повітряного або теплового сушіння, а відмінність між масою вологого та сухого зразка дозволяє визначити рівень вологості.

**Перевага:** висока точність, що робить цей метод придатним для метрологічного забезпечення сучасних вологомірів.

**Недолік:** потребує багато часу для проведення вимірювань.

### 2. Дистиляційний метод

Цей метод передбачає нагрівання зразка у посудині з рідиною, який не змішується з водою. Тоді пари води (і в разі наявності, пари інших рідин) піддаються відгону, тобто вони переходять у газоподібний стан і спрямовуються через холодильник. Холодильник охолоджує пари, викликаючи їх конденсацію.

Маса зібраної рідини (конденсату) визначається. Вважається, що вся зібрана рідина — це волога, яка була в матеріалі.

**Перевага:** мінімальна похибка — до 1%.

**Недолік:** обладнання для проведення дистиляції громіздке.

### 3. Екстракційний метод

Цей спосіб використовує реагенти (наприклад, водовбирні рідини, такі як спирт або діоксан), які взаємодіють із вологою, що міститься в зразку матеріалу. Визначення вологості базується на аналізі характеристик рідкого екстракту, таких як його щільність, показник заломлення, температура кипіння чи замерзання.

**Перевага:** підходить для оптично непрозорих матеріалів.

#### 4. Хімічний метод

Цей метод передбачає обробку зразка реагентом, який вступає в хімічну реакцію виключно з вологою. Кількість води в зразку визначається за об'ємом або масою продукту реакції.[20]

#### Опосередковані методи

Опосередковані методи вимірювання вологості стають ефективними завдяки фізичним або хімічним властивостям матеріалів, які змінюються під впливом вологості. Ці методи дозволяють оцінювати вологість без прямого контакту з матеріалом або без необхідності вимірювання його маси. Вони підрозділяються на кілька категорій, таких як електричні, радіаційні, оптичні та теплофізичні методи. Розглянемо їх детальніше.[3]

Сутність електричних методів вимірювання вологості є в тому, що на зміні електричних властивостей матеріалу, таких як його електричний опір, провідність або ємність, що залежить від вологості.

Перевага методу: висока швидкість вимірювань, безконтактність, можливість вимірювання в реальному часі, можливість використання в умовах великої вологості.

Недолік методу: чутливість до температури, потрібен калібрувальний зразок для кожного виду матеріалу.

Радіаційні методи вимірювання вологості ґрунтуються на взаємодії радіаційного випромінювання з матеріалом. Ці методи можуть бути як контактними, так і безконтактними, і використовують різні види радіації: гамма-випромінювання, бета-частки, нейтрони, рентгенівське випромінювання.

Перевага методу: висока точність, безконтактність.

Недолік методу: висока вартість обладнання, потрібна спеціальна підготовка для безпечного використання.

Оптичні методи базуються на аналізі світлових хвиль, що взаємодіють з матеріалом. В основі цих методів лежить зміна оптичних характеристик матеріалу при зміні його вологості.

Інфрачервоні (ІЧ) методи базуються на поглинанні інфрачервоного випромінювання водою. Молекули води поглинають інфрачервоне світло в певних частотних діапазонах, і за зміною поглинання можна визначити кількість вологи в матеріалі. Цей метод дуже ефективний для безконтактного вимірювання вологості тканин, паперу, деревини та інших матеріалів.

Перевага методу: безконтактність, швидкість вимірювання, можливість вимірювання вологості в реальному часі.

Недолік методу: висока чутливість до температури, потрібен калібрувальний зразок.

Теплофізичні методи базуються на вимірюванні зміни теплових властивостей матеріалу, таких як теплоємність або теплопровідність, які залежать від його вологості.

Метод, що використовує теплоємність методі вимірюється зміна теплоємності матеріалу, оскільки вода має високу теплоємність, і її присутність у матеріалі збільшує його здатність до зберігання тепла. Вимірювання теплового потоку, що проходить через матеріал, може бути використано для оцінки вологості.

Перевага методу: висока точність, підходить для різних матеріалів.

Недолік методу: висока чутливість до температурних коливань, необхідність застосування складного обладнання.

Оптичні методи вимірювання вологості базуються на взаємозв'язку оптичних властивостей матеріалів і їх вологоутримуючих властивостей. Для дослідження твердих матеріалів зазвичай використовуються інфрачервона та видима частини спектра.[4]

Ці методи знаходять широке застосування через їх безконтактний характер вимірювань та здатність досягати високої інформаційної ємності, що дозволяє робити інтегральну оцінку вологості у великих об'ємах матеріалів. Це особливо важливо в реальних виробничих умовах, де часто спостерігається нерівномірний розподіл вологості в об'єкті контролю.

Оптичні вологоміри можна класифікувати за кількома ознаками:



**За способом виділення випромінювання:** використання світлофільтрів або монохроматичних джерел, таких як світлодіоди;

**За типом прийому випромінювання:** вологоміри, що реєструють відбитий або пройшовший через матеріал потік випромінювання;

**За методом обробки сигналу:** можуть бути застосовані прямі, диференціальні, логарифмічні або комбіновані схеми обробки фотоелектричних сигналів;

**За видом об'єкта контролю:** можуть використовуватися для виміру вологості рідин, газів або твердих матеріалів.[7]

У свою чергу, оптоелектронні вологоміри на світлодіодах можуть відрізнятися за типами живлення:



Рис. 1.1. Схема включення та часова діаграма режиму живлення постійним струмом

1. **Постійний струм:** цей режим є найбільш простим, оскільки не потребує спеціального обладнання, а світлодіоди підключаються через резистор, що обмежує струм. Він підходить для одноканальних вологомірів з оптичною модуляцією сигналу. (Рис. 1.1)

2. **Імпульсний режим:** має низку переваг, зокрема забезпечує розділення потоків, використовує один фотоприймач з широким спектром та знижує споживану потужність.

3. **Функціональний режим:** вимірювання проводиться за законом поглинання випромінювання контролюючим матеріалом. В цьому випадку потік випромінювання формується по закону, що зворотний або відповідає закону поглинання. Потім реєструється пройшло випромінювання, і порівнюється з максимально допустимим рівнем для визначення контролюючого параметра.

### 1.1.2. Принципи побудови ІЧ-вологомірів

Для побудови ІЧ-вологомірів по спектральних характеристиках вологої речовини необхідно визначити смуги поглинання випромінювання на вимірювальній і опорній довжинах хвиль. Правильний вибір довжини хвилі дозволяє отримати необхідну чутливість і точність вимірювання.[9]

Залежно від методу прийому оптичного випромінювання після взаємодії з контрольованим об'єктом слід розрізняти чотири методи на: прийомі випромінювання, відбитого від поверхні об'єкту; прийомі випромінювання, яке пройшло крізь об'єкт; використанні лінз і призм, що приводяться в контакт з контрольованим об'єктом; просвічуванні всередині об'ємного середовища або реагенту, насиченого вологою контрольованого об'єкту.

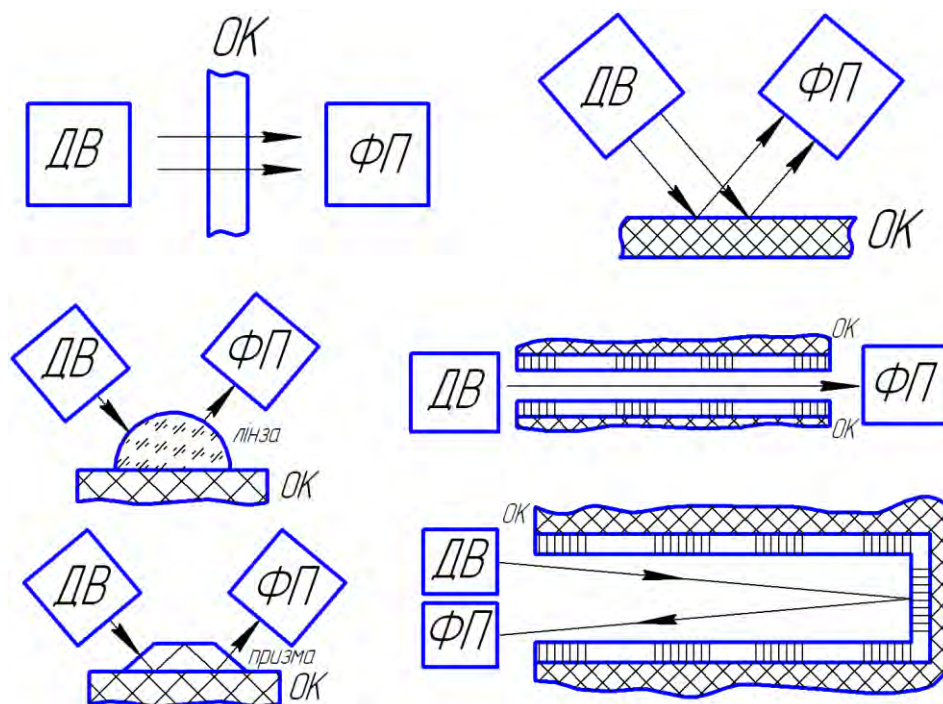


Рис. 1.2. Оптичні схеми вологомірів: ДВ – джерело випромінювання; ФП – фотоприймач; ОК –об'єкт контролю.

Інфрачервоні вологоміри бувають одно-, двух- і трьоххвильовими.

Однохвильові ІЧ-вологоміри прості, але мають ряд недоліків, основними з яких є залежність результату вимірювання від властивостей контрольованого матеріалу. Ці недоліки виключаються введенням другої довжини хвилі – опорної.

Двохвильові ІЧ-вологоміри дозволяють виключити такі фактори, як вплив неінформативних параметрів контрольованого об'єкту, нестабільність фотоприймача, старіння джерела випромінювання і фотоприймача.

Трьохвильові вологоміри в основному застосовуються в лабораторних дослідженнях. Чим більше числа використовуваних довжин хвиль аналізуючого випромінювання значно ускладнює прилад, знижує його надійність, а у ряді випадків призводить до невиправданих витрат.

ІЧ-вологоміри зазвичай працюють за двохвильовою схемою, де вимірюється різниця в інтенсивності випромінювання між двома хвилями: еталонною та вимірювальною. Вибір цих хвиль зі спектру джерела випромінювання може здійснюватися до того, як випромінювання потрапить на об'єкт, або після його проходження через нього.[11]

Ці пристрої можна розділити на прилади для виміру вологості для твердих та рідких речовин. У свою чергу, вологоміри для твердих матеріалів можна класифікувати на три основні типи: ті, що вимірюють відбиття випромінювання, ті, що реєструють випромінювання, що проходить через об'єкт, а також пристрої, що одночасно фіксують обидва типи випромінювання.

### **1.1.3. Первинні перетворювачі ІЧ-вологомірів**

Інфрачервоні (ІЧ) вологоміри – це прилади, що використовують інфрачервоне випромінювання для визначення вмісту вологи у матеріалах. Ключовим елементом такого приладу є первинний перетворювач, який здійснює взаємодію між матеріалом, випромінюванням і датчиками, що реєструють результати.[21]

Принцип роботи первинного перетворювача

Первинний перетворювач в ІЧ-вологомірах виконує такі функції:

1. Генерація інфрачервоного випромінювання із заданими характеристиками.
2. Взаємодія випромінювання з поверхнею матеріалу, яка містить вологу.
3. Реєстрація інтенсивності відбитого або поглиненого випромінювання.

Зміна інтенсивності залежить від кількості молекул води у матеріалі, які мають характерні піки поглинання в інфрачервоному діапазоні (~970 нм, 1450 нм, 1940 нм).

Складові первинного перетворювача:

- джерело інфрачервоного випромінювання
- генерує інфрачервоні хвилі в потрібному діапазоні довжин:
- типові джерела випромінювання:
- світлодіоди (LED).

Лазери (високоточні ІЧ-лазери для вузькоспектрального випромінювання).

Особливості - джерело повинно бути стабільним і забезпечувати рівномірну інтенсивність випромінювання, щоб знизити похибки вимірювань.

Оптична система складається з лінз, дзеркал і фільтрів для спрямування випромінювання та фокусування його на матеріалі:

Лінзи: формують спрямований потік ІЧ-випромінювання.

Фільтри: виділяють певні довжини хвиль, які поглинаються молекулами води.

Матеріал для аналізу

Промінь спрямовується на поверхню матеріалу, яка поглинає або відбиває ІЧ-випромінювання залежно від вмісту вологи.

Приклад:

У текстильних волокнах, насичених водою, спостерігається збільшення поглинання на довжині хвилі 1450 нм.; детектор реєструє зміну інтенсивності випромінювання після його проходження або відбиття від матеріалу:

Функція перетворення оптичного сигналу в електричний, який обробляється мікропроцесором приладу.

### **Типи первинних перетворювачів у ІЧ-вологомірах**

1. Пропускні перетворювачі - випромінювання проходить через матеріал. Використовується для прозорих або напівпрозорих матеріалів, таких як плівки.[12]
2. Відбивальні перетворювачі - реєструється відбите випромінювання. Ефективно для непрозорих матеріалів, таких як тканини, ґрунт.

3. Комбіновані - аналізують як пропускання, так і відбиття для підвищення точності.

Особливості та переваги первинних перетворювачів

Висока чутливість: визначають навіть низькі рівні вологості (до 0,01%).

Швидкість: здатні працювати в реальному часі, що важливо для автоматизованих систем.

Ненав'язливість: Аналіз здійснюється без руйнування матеріалу.

Недоліки первинних перетворювачів:

- залежність від умов експлуатації (температура, пил).

- необхідність калібрування для кожного типу матеріалу.

- висока вартість деяких компонентів, таких як ІЧ-лазери або високочутливі детектори.

Сфери застосування:

1. Текстильна промисловість: Контроль вологості тканин під час сушіння або зберігання.

2. Агропромисловість: Вимірювання вологості зерна та кормів.

3. Будівництво: Аналіз вологості деревини, бетону перед використанням.

4. Медицина: Діагностика стану шкіри, визначення рівня гідратації.[34]

Отже, первинні перетворювачі є серцем ІЧ-вологомірів, забезпечуючи точність і надійність вимірювань. Їхній вибір та налаштування мають вирішальне значення для ефективності роботи приладу. Завдяки технологічному прогресу ІЧ-вологоміри знаходять дедалі ширше застосування у промисловості та побуті.

#### **1.1.4. Оптиелектронні вологоміри**

Оптиелектронні вологоміри для твердих матеріалів можуть бути втілені в життя через кілька підходів: вимірювання відбитого випромінювання, реєстрацію випромінювання, що пройшло через об'єкт, або застосування реагентів чи просвічування внутрішньої структури матеріалу.

Напівпровідниковий ГЧ-вологомір, що базується на вимірюванні відбитого випромінювання від поверхні матеріалу, використовуються для визначення вологості тканин. Аналіз спектрів відбиття та поглинання ГЧ-випромінювання вологими текстильними зразками показав, що основну інформацію про вологовміст можна отримати при вимірюваннях на довжині хвилі 1,93 мкм. Для корекції впливу товщини матеріалу, його температури, коливань поверхні та інших факторів використовуються вимірювання на довжині хвилі 1,79 мкм. Додатково, на довжині хвилі 2,1 мкм реєструється сигнал, який дає змогу врахувати вплив фізико-хімічних властивостей волокна на отримані результати вимірювань.[13]

Однак, основним недоліком таких вологомірів є використання кількох каналів вимірювання, що включають фотоприймач і схему селекції, що може знижувати точність через неідентичність та дрейф параметрів вимірювальних і опорних каналів.

### Вологомір з функціональною розгорткою з боку фотоприймача

Принцип дії вологоміра (рис.1.3 ) полягає в тому, що генератор 1 виробляє прямокутні імпульси, якими по черзі живляться світлодіоди 2 і 3. Форма імпульсів випромінювання світлодіодів приведена на рис., а. Ці потоки після взаємодії з об'єктом контролю 4 потрапляють на світлочутливу поверхню фотоприймача 5. На виході фотоприймача, послідовно з яким включений резистор 6, з'являються сигнали, форма яких приведена на рис.1.3.

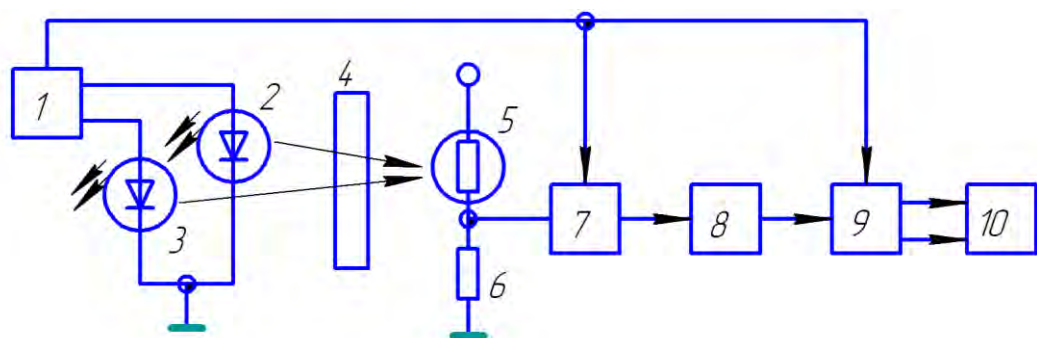


Рис.1.3. Вологомір з функціональною розгорткою з боку фотоприймача

Недолік цього вологоміра в тому, що поданий діапазон вимірювання обмежений часом спаду фотопровідності і для збільшення діапазону необхідно

вибрати фотоприймач з високою інерційністю, що знижує точність і швидкодію вологоміра.[15]

### **1.1.5. ІЧ-вологоміри які основані на прийомі відбитого випромінювання**

Інфрачервоні (ІЧ) вологоміри, що працюють за принципом відбиття, використовують властивість матеріалів відбивати частину інфрачервоного випромінювання залежно від вмісту вологи. Ця технологія є ключовою для аналізу вологості в непрозорих матеріалах, таких як текстиль, ґрунт, деревина або харчові продукти.[16]

Принцип роботи:

- ІЧ-вологоміри із прийомом відбитого випромінювання працюють так:
- джерело випромінювання генерує інфрачервоні хвилі у певному діапазоні довжин (зазвичай 700–2500 нм).
- інфрачервоне випромінювання спрямовується на поверхню матеріалу.
- частина випромінювання поглинається молекулами води, які мають характерні смуги поглинання (~970 нм, 1450 нм, 1940 нм).
- інша частина випромінювання відбивається та реєструється детектором.

Вимірювання інтенсивності відбитого сигналу дозволяє визначити вміст вологи, оскільки відбите світло залежить від концентрації молекул води.

Основний компонент - джерело ІЧ-випромінювання.

Оптична система складається з

- лінз для фокусування випромінювання.
- фільтрів, що виділяють потрібні довжини хвиль (наприклад, 1450 нм).

Матеріал - поверхня матеріалу, що аналізується, має важливе значення:

- гладкі поверхні забезпечують стабільне відбиття.
- шорсткі або пористі поверхні (наприклад, тканини) можуть створювати розсіювання світла.

Детектор випромінювання - фотодіоди або термодетектори, що реєструють зміну інтенсивності відбитого сигналу.

Мікропроцесор - перетворює сигнал детектора в дані про вологість та використовує калібрувальні криві для кожного типу матеріалу.

Механізм поглинання і відбиття - чим більше вологи в матеріалі, тим більша частина ІЧ-випромінювання поглинається молекулами води, зменшуючи інтенсивність відбитого сигналу. Наприклад, у діапазоні 1450 нм спостерігається сильне поглинання через асиметричні коливання молекул води. [17]

Приклад аналізу тканин:

- у текстильних матеріалах із високим вмістом вологи (~30%) відбитий сигнал зменшується на 40% у порівнянні з сухими тканинами.

Особливості ІЧ-вологомірів, оснований на відбитті випромінювання:

Переваги:

1. Неруйнівність аналізу: не потребує впливу на матеріал (наприклад, висушування).
2. Швидкість: Результат отримується в реальному часі.
3. Універсальність: Підходить для непрозорих матеріалів.

Недоліки:

1. Неоднорідність поверхні: може впливати на точність через розсіювання світла.
2. Необхідність калібрування: для кожного типу матеріалу потрібні окремі калібрувальні криві.
3. Зовнішні фактори: температура та пил можуть впливати на відбиття.[35]

### **1.1.6.Оптичний вологомір**

#### **Принцип роботи, особливості та застосування**

Оптичний вологомір – це прилад для визначення вологості матеріалів, який використовує оптичні методи аналізу, засновані на поглинанні, відбитті чи розсіюванні світлових хвиль. Дані пристрої відзначаються швидкодією, точністю та можливістю аналізу без прямого контакту з матеріалом.[18]



## **Принцип роботи оптичного вологоміра**

Оптичні вологоміри базуються на властивостях води поглинати електромагнітне випромінювання у певних діапазонах довжин хвиль.

### Основні принципи роботи

Поглинання світла:

- вода в матеріалі поглинає світло в інфрачервоному (ІЧ) і близькому інфрачервоному (NIR) діапазонах (~970, 1450, 1940 нм).

- чим більше вологи в матеріалі, тим інтенсивніше поглинання.

Розсіювання світла:

- волога змінює оптичні властивості матеріалу, впливаючи на розсіювання світла.

Відбиття світла:

- інтенсивність відбитого сигналу зменшується при збільшенні вологості.

### Схема роботи:

- джерело світла (ІЧ або видиме).

- промінь спрямовується на матеріал.

- частина випромінювання поглинається або відбивається.

- приймач реєструє сигнал, а мікропроцесор аналізує його.

### Основні компоненти оптичного вологоміра:

- джерело світла генерує випромінювання у потрібному діапазоні (найчастіше ІЧ-світлодіоди, лазери або лампи).

- оптична система лінзи та фільтри для спрямування та фокусування світла (фільтри дозволяють виділяти хвилі, що взаємодіють із водою).

Матеріал для аналізу - текстиль, дерево, зерно або харчові продукти.

Приймач випромінювання (детектор): фотоелементи, пірометричні сенсори чи термодетектори.

Мікропроцесор обробляє сигнал і перетворює його в цифрове значення вологості.

## **Типи оптичних вологомірів**

### Інфрачервоні (ІЧ) вологоміри

- використовують поглинання ІЧ-випромінювання молекулами води.
- підходять для непрозорих і прозорих матеріалів.

Використовуються в текстильній, харчовій промисловості.

### Лазерні вологоміри

- генерують вузький спектр хвиль для високоточного вимірювання.

Використовуються у високоточних лабораторних дослідженнях.

Гіперспектральні вологоміри аналізують спектр відбитого або пропущеного світла по всьому діапазону довжин хвиль.

Використовуються для нерівномірних матеріалів, таких як ґрунт. [20]

## **Застосування оптичних вологомірів**

Текстильна промисловість:

- контроль вологості тканин під час сушіння або обробки.

Харчова промисловість:

- аналіз вологості зерна, борошна, цукру.

Сільське господарство:

- вимірювання вологості ґрунту для оптимізації зрошення.

Будівництво:

- аналіз вологості деревини, бетонних сумішей перед використанням.

Медицина:

- оцінка гідратації шкіри та тканин.

Переваги оптичних вологомірів

- неруйнівний метод: матеріал залишається цілим після аналізу.
- швидкість: результат вимірювання отримується за лічені секунди.
- точність: висока чутливість до невеликих змін вологості.
- гнучкість: підходить для різних типів матеріалів.

Недоліки оптичних вологомірів

- залежність від умов експлуатації: температура, пил або забруднення можуть вплинути на точність.

- неоднорідність матеріалів: ускладнює аналіз, якщо вологість розподілена нерівномірно.

- необхідність калібрування: для кожного типу матеріалу потрібні окремі налаштування.[29]

Загалом оптичні вологоміри є ефективним і точним засобом для аналізу вологості різних матеріалів. Їхній принцип роботи, заснований на властивостях світла, забезпечує високу швидкість і зручність використання. Завдяки універсальності та точності, ці прилади стали незамінними у багатьох галузях промисловості.

### 1.3. Аналіз об'єкта контролю

Об'єктом дослідження є бавовняна тканина — матеріал, виготовлений шляхом переплетення ниток за допомогою ткацького верстата.



Рис. 1.4. Приклад тканини, що виробляється.

Текстильні матеріали класифікуються за походженням волокон і складом. Основу поділу становить розподіл на натуральні волокна та хімічні.

#### 1. Натуральні волокна:

- рослинного походження: конопля, льон, бавовна, джут.
- тваринного походження: шерсть (овеча, козяча, верблюжа), шовк, алігаторова шерсть.

Натуральні волокна вирізняються високою екологічністю та комфортом у використанні, але можуть мати меншу зносостійкість порівняно з синтетичними.

## 2. Хімічні волокна:

Штучні: створюються шляхом переробки природних полімерів, наприклад, віскоза, ацетат.

Синтетичні: виготовляються на основі продуктів нафтохімії, наприклад, поліестер, нейлон, акрил.

Хімічні волокна мають підвищену міцність, еластичність і зносостійкість, але часто поступаються натуральним у дихаючих властивостях.

## 3. Класифікація тканин за складом:

- однорідні тканини: виготовлені з волокон одного типу. Наприклад, тканини з чистої бавовни, льону або шерсті називають відповідно чистобавовняними, чистольняними, чистошерстяними.

- змішані тканини: містять різні види волокон, що забезпечує поєднання найкращих властивостей кожного з них. Наприклад: бавовняна основа з утком із шерсті чи шовку.

Тканини, що комбінують натуральні та синтетичні волокна. Такі матеріали називають напівшерстяними, напівльняними тощо.

Тканини бувають однотонними, набивними або пістрявотканими. Однотонні тканини мають однотипне забарвлення, тоді як набивні містять малюнки (наприклад, квіткові орнаменти), а пістрявоткані виробляються з різнокольорових ниток, що надає їм більш складне забарвлення.

За способом виробництва текстильні матеріали поділяються на:

1. Ткані матеріали – виготовляються методом переплетення ниток основи і утку на ткацькому верстаті. Їх структура залежить від:

Типу пряжі: визначає міцність, еластичність і зовнішній вигляд тканини.

Ткацького переплетіння: впливає на фактуру і міцність тканини. Основні види:

Полотняне переплетіння: найпростіше, з рівномірним перехрещенням ниток, застосовується для виробництва льону, бавовняних тканин.

Саржеве переплетіння: створює діагональний візерунок, використовується для джинсу, габардину.

Сатинове та атласне переплетіння: забезпечують гладку, блискучу поверхню, характерні для шовкових тканин.

2. Неткані матеріали – формуються шляхом скріплення волокон без використання процесу ткацтва. Приклад:

Фетр: створюється методом валяння вовни, використовується для виготовлення головних уборів, декоративних виробів.

3. Трикотаж – отримується плетінням петель із нитки. Завдяки цій структурі трикотаж є еластичним і комфортним у носінні. Основні види переплетень:

Гладке: створює рівну і гладку поверхню.

Розріджене: для легких і повітряних тканин.

Ажурне: застосовується для декоративних виробів.

Для правильної оцінки матеріалу важливо знати його властивості. Для визначення складу матеріалу можна підпалити нитку, що дозволить дізнатися, з якого волокна вона виготовлена. Бавовняна нитка горить з блакитним полум'ям, має запах паленого паперу та перетворюється на сіру золу.[23]

Залежно від призначення бавовняні тканини поділяються на побутові та технічні. Приблизно 80% тканин — це побутові, які використовуються для шиття одягу, зокрема для білизни, сорочок, суконь, костюмів, а також тканини для верхнього одягу (куртки, пальто). Побутові тканини також включають рушники, тканини для оббивки меблів, носові хустки. За шириною бавовняні тканини зазвичай варіюються від 80 до 160 см.

Бавовняні тканини відзначаються рядом переваг завдяки властивостям бавовни як натурального волокна. Їхні основні характеристики: міцність, вологопоглинання, швидке висихання, стійкість до прання, стійкість до високотемпературної обробки.

Зазвичай бавовняні тканини виготовляються середньої щільності які мають полотняне переплетіння, яке додає їм простоти та універсальності. Це робить їх

придатними для виготовлення широкого спектра виробів – від одягу до постільної білизни та побутових текстильних виробів.

#### **1.4. Вибір та обґрунтування методу контролю**

Оптоелектронні вологоміри класифікують за різними принципами: на прийомі відбитого випромінювання; на прийомі випромінювання, що пройшло через об'єкт контролю (ОК);

Вологоміри, які базуються на прийомі відбитого випромінювання від об'єкта, мають обмеження, оскільки можуть контролювати лише верхній шар матеріалу, а не всю його поверхню.[22]

Для розробки було обрано метод проходження, який використовує роздільний датчик. Він дозволяє здійснювати контроль по всій поверхні об'єкта, забезпечуючи більш точні результати з меншими похибками, що є важливим для забезпечення надійності вимірювань.

#### **1.5. Обґрунтування вибору структурної схеми**

Функціональна розгортка може бути реалізована як для одного потоку (опорного), так і для двох потоків (опорного і вимірювального). Дана процедура дозволяє отримати більш точні вимірювання вологовмісту, оскільки забезпечується інтеграція сигналів від обох потоків випромінювання. Функціональна розгортка може здійснюватися за допомогою наростаючої або спадаючої експоненти. Отже, розглянемо принцип роботи з розгорткою по наростаючій експоненті.

Вологомір з розгорткою по наростаючій експоненті:

У цьому методі задаючий генератор формує імпульси струму з експоненціально змінною амплітудою. Цей струм йде крізь випромінювачі, які випромінюють на об'єкт контролю два потоки випромінювання з різними довжинами хвиль ( $\lambda_1$  і  $\lambda_2$ ). Потоки, які пройшли через об'єкт, сприймаються фотоприймачем. Поріг сигналу визначається пороговим пристроєм, який активує тригер при досягненні встановленого рівня сигналу, перемикаючи між двома випромінювачами. Цикл повторюється, і на виході отримують імпульси з часовими інтервалами  $t_1$  і  $t_2$ , що відповідають двом потокам випромінювання. [26]

Вологомір з розгорткою по спадаючій експоненті:

У цьому випадку сигнал від опорного і вимірювального потоку випромінювання також формується за експоненціальним законом, але з часу зниження амплітуди сигналу. Цей метод спрощує обробку сигналу, оскільки дозволяє порівнювати сигнали, що надходять від двох потоків, після їх проходження через об'єкт контролю. Відповідно до вимірних часових інтервалів між переходами сигналів через пороговий рівень, визначають різницю, яка пропорційна вологості матеріалу.

Переваги методу з безперервною розгорткою:

1. **Простота обробки сигналу** – завдяки одночасній обробці сигналів від опорного та вимірювального потоків, процес обробки значно спрощується, що забезпечує більшу точність вимірювань.

2. **Можливість вимірювати весь об'єкт** – метод дозволяє контролювати не лише поверхню об'єкта, але й усю його масу, що є важливим при вимірюванні вологості матеріалів з нерівномірним розподілом вологи.

### **Висновки до розділу 1**

У цьому розділі було проведено аналітичний огляд методів вимірювання вологості, зосереджуючи увагу на інфрачервоних (ІЧ) технологіях та їхньому застосуванні для контролю вологості текстильних матеріалів. Розглянуто класифікацію методів вимірювання, принципи роботи ІЧ-вологомірів, а також їхні переваги та обмеження.

Дослідження підтвердило, що інфрачервоні вологоміри є ефективним інструментом для контролю вологості, забезпечуючи швидкий, точний і неруйнівний аналіз. Особливо це має відношення до двоххвильових ІЧ-вологомірів, які мінімізують вплив зовнішніх факторів і фізико-хімічних властивостей матеріалів. Метод проходження випромінювання через матеріал було визнано оптимальним для бавовняної тканини, оскільки він забезпечує контроль усієї поверхні об'єкта й характеризується високою надійністю.

Однак, незважаючи на високу ефективність, інфрачервоні методи мають свої обмеження. Їхня робота чутлива до температурних коливань, неоднорідності матеріалів та вимагає попереднього калібрування для кожного типу тканини. Додатково, висока вартість обладнання може стати бар'єром для їхнього широкого впровадження.

Таким чином, аналітичний огляд демонструє перспективність використання ІЧ-вологомірів для текстильних матеріалів, особливо в умовах автоматизації виробництва. Подальший розвиток технологій може знизити вартість приладів та підвищити їхню точність, розширюючи можливості застосування в промисловості.



## РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

### 2.1. Розробка та розрахунок кінематичної схеми

Розрахунок пристрою сканування.

Вибір двигуна

Двигун обираємо за потужністю:

Потужність дорівнює:

$$N_{BX} = \frac{0,6}{0,615} = 0,98 \quad (Вт), \quad (2.1)$$

Орієнтовна потужність двигуна:

$$N_{ДВ} = 1,2 \cdot 0,98 = 1,176 \quad (Вт), \quad (2.2)$$

Вибираємо з каталогу двигун ДШ-40-0,01-22,5 з параметрами:

$M_{НОМ} = 0,01$  (Нм),  $f_{НОМ} = 430$  (крок/с) та  $\alpha = 22,5^\circ$ , визначаємо потужність

двигуна:

$$N_{ДВ} = M \cdot \omega_{ДВ} = 0,01 \cdot 168,86 = 1,689 \quad (Вт), \quad (2.3)$$

$$\text{де } \omega_{ДВ} = \alpha \cdot f_{НОМ} = \frac{\pi \cdot \alpha^\circ}{180^\circ} \cdot f_{НОМ} = \frac{\pi \cdot 22,5^\circ}{180^\circ} \cdot 430 = 168,86 \quad (1/с), \quad (2.4)$$

Отже, двигун обрано правильно.

Дізнаємось передаточне відношення:

$$i = \frac{n_{ДВ}}{n_{ГВ}} = \frac{\omega_{BX}}{\omega_{ГВ}}, \quad (2.5)$$

$$\text{де } n_{ГВ} = \frac{60 \cdot V}{h}, \quad (2.6)$$

а  $h = k \cdot p$ , де  $k$  – кількість заходів різьби,  $p$  – крок різьби.

Візьмемо трапецеїдальну різьбу (за ГОСТ 9484-81), що має профіль правильної рівнобічної трапеції.

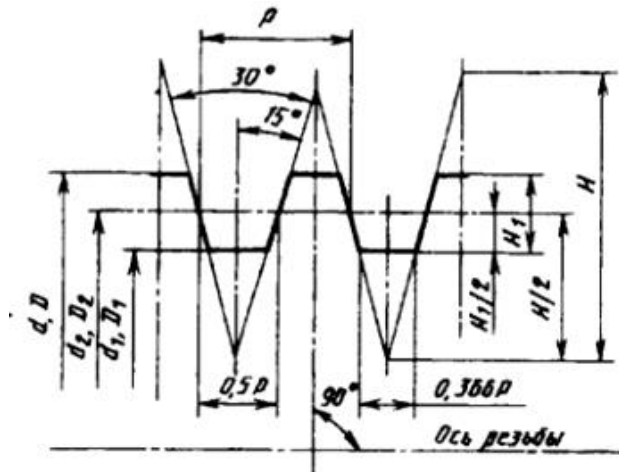


Рис. 2.1. Трапецеїдальна різьба.

Зовнішній діаметр гвинта ( $d$ ) — максимальний діаметр гвинта. Зовнішній діаметр гайки ( $D$ ) — максимальний діаметр внутрішньої різьби гайки. Середній діаметр зовнішньої різьби ( $d_2$ ) — середній діаметр різьби гвинта. Середній діаметр внутрішньої різьби ( $D_2$ ) — середній діаметр гайки. Внутрішній діаметр зовнішньої різьби ( $d_1$ ) — мінімальний діаметр гвинта. Внутрішній діаметр внутрішньої різьби ( $D_1$ ) — мінімальний діаметр гайки. Крок різьби ( $P$ ) — відстань між сусідніми витками різьби. Висота профілю ( $H$ ) — висота трьохкутного профілю різьби. Робоча висота профілю ( $H_1$ ) — робоча висота профілю, тобто частина висоти профілю, яка контактує з іншою поверхнею [40].

Обираємо кількість заходів різьби рівне

$$k = 2, \text{ з кроком } p = 4.$$

Розміри гвинтової пари:

- для гвинта: зовнішній діаметр  $d_3 = 36$ , внутрішній діаметр  $d_{\text{вн}} = 31,5$ ;
- для гайки: зовнішній діаметр  $D_3 = 36,5$ , внутрішній діаметр  $D_{\text{вн}} = 32$ .

Внутрішній діаметр різьби гвинта визначається із умов міцності:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 10 \cdot 1,25}{\pi \cdot 12,5}} = 0,36 \text{ мм. Візьмемо } 32 \text{ мм.}$$

Гвинтові механізми є важливими елементами у конструкції багатьох приладів і машин, оскільки вони ефективно перетворюють обертовий рух у поступальний.

Залежно від того, який з елементів (гвинт або гайка) здійснює обертальний рух і який – поступальний, можна виділити різні варіанти гвинтових механізмів. (рис. 2.2: 1 – гвинт, 2 – гайка);

### Гвинтовий механізм:

Гвинт обертається – гайка переміщується (приклад: підйомні механізми, механізми регулювання висоти). (рис. 2.2: 1 – гвинт, 2 – гайка);

У цьому механізмі обертальний рух передається від гвинта до гайки, що рухається по осі гвинта. Це один з найбільш поширених варіантів для забезпечення переміщення, наприклад, у ліфтах або пресах.

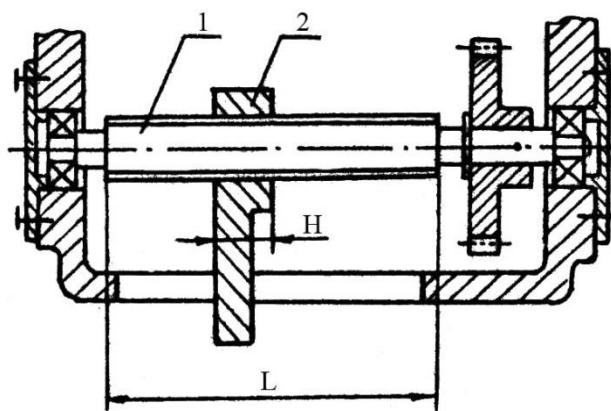


Рис. 2.2. Гвинтовий механізм

Дізнаємось номінальне значення частоти обертання валу гвинта:

$$n_{ГВ} = \frac{60 \cdot 200}{2 \cdot 4} = 1500 \text{ (об / хв)}, \quad (2.7)$$

Номінальна кутова швидкість валу гвинта:

$$\omega_{ГВ} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{ГВ}}{60} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1500}{60} = 157,08 \text{ (1 / с)}, \quad (2.8)$$

Передаточне відношення:

$$i = \frac{168,86}{157,08} = 1,074994, \quad (2.9)$$

Округлюємо до 1,1.

Перевіряємо похибку:

$$\delta = \frac{1-1,1}{1} \cdot 100\% = -10\% > 2,5\%, \quad (2.10)$$

Використовуємо циліндричну зубчасту передачу.

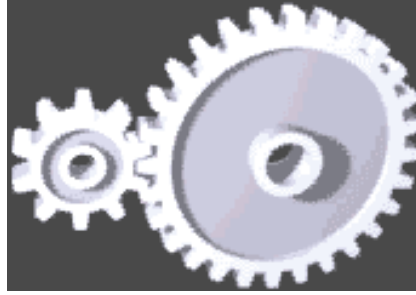


Рис. 2.3. Циліндрична зубчаста передача

Підбираємо кількість зубців:

$$i = \frac{z_2}{z_1} = 1,1, \quad (2.11)$$

Візьмемо число зубців шестерні  $z_1 = 18$ , тоді число зубців колеса

$$z_2 = i \cdot z_1 = 1,1 \cdot 18 = 19,8 \approx 20.$$

Перевіряємо передаточне відношення:

$$i = \frac{20}{18} = 1,1.$$

Визначаємо відносну похибку:

$$\delta = \frac{1-1,1}{1} \cdot 100\% = -10\% > 2,5\%, \quad (2.12)$$

### **Визначення орієнтовних розмірів**

Для цього визначаємо параметри циліндричної передачі.

Діаметр ділильного кола

$$d = m \cdot z_i \quad (i = 1, 2), \quad (2.13)$$

де  $m$  – модуль, приймаємо згідно стандарту  $m = 2$  мм.

Тоді:  $d_1 = 2 \cdot 18 = 36$  мм

$$d_2 = 2 \cdot 20 = 40$$
 мм

Дізнаємось робочу ширину зубчатого вінця:

$$b_W = \psi_{bd} \cdot d_1, \quad (2.14)$$

де  $\psi_{bd}$  – коефіцієнт товщини колеса, згідно стандарту  $\psi_{bd} = 0,3$

$$b_w = 0,3 \cdot 36 = 10,8 \text{ мм. Приймаємо } b_w = 12 \text{ мм.}$$

Приймаємо: товщина стінок  $h=10 \text{ мм}$ , ширина підшипникового вузла  $t=10 \text{ мм}$ , зазор  $k=5 \text{ мм}$ .

Розміри:

$$L = d_1 + d_2 + 2 \cdot (h + k) = 36 + 40 + 30 = 106 \text{ мм,} \quad (2.15)$$

$$B = b_w + 2 \cdot (t + k) = 15 + 30 = 45 \text{ мм,} \quad (2.16)$$

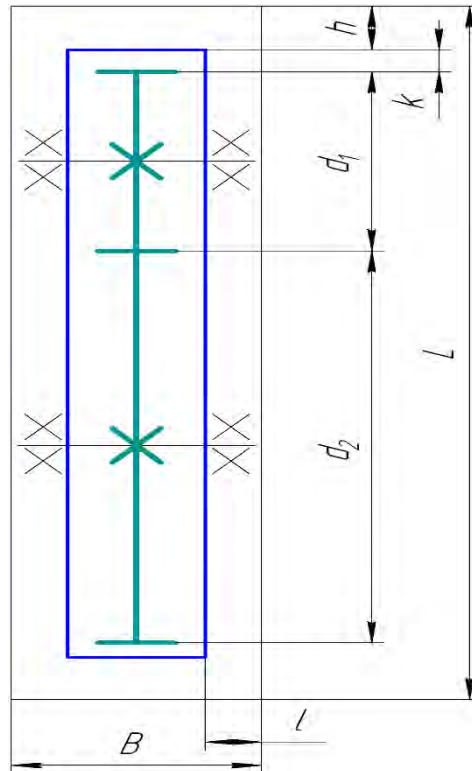


Рис. 2.4. Циліндрична передача

## 2.2. Розробка та розрахунок оптичної схеми

### 2.2.1. Розробка оптичної схеми

Оптична схема передбачає використання трьох лінз, двох світлодіодів (1, 2) і фотодіода (6).

Світлодіод розміщений у фокусі лінзи (3), що забезпечує колімацію випромінювання. Завдяки цьому на виході з лінзи утворюється паралельний пучок світла, що є оптимальним для подальшого проходження через середовище. Далі пучок світла проходить крізь тканину (7), дозволяючи оцінити її оптичні характеристики. Після проходження крізь тканину пучок потрапляє на лінзу (5), яка збирає світло у фокусі, мінімізуючи його розсіювання. У фокусі лінзи (5)

розташований фотодіод (6), що приймає зібране світло для подальшої обробки сигналу [41].

Ця конструкція забезпечує мінімальні втрати випромінювання, дозволяючи уникнути використання надчутливих фотоприймачів. Точна передача сигналу через тканину дає змогу проводити ефективні вимірювання з високою точністю, що є критичним для визначення її характеристик.

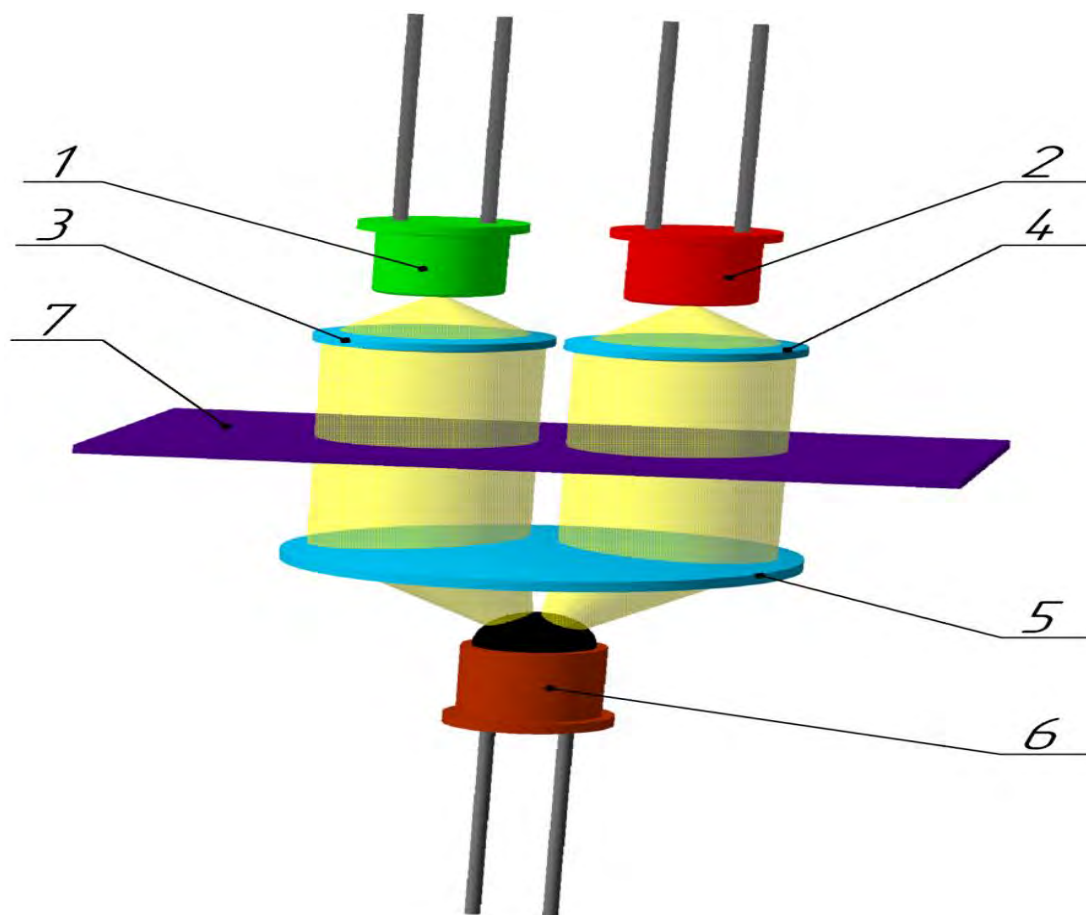


Рис.2.5. Оптична схема

### 2.2.2. Розрахунок оптичної схеми

Джерело випромінювання: світлодіоди LED17 (з довжиною хвилі 1,7мкм) і LED19 (з довжиною хвилі 1,9мкм). Розходження світлового пучка:  $\alpha = 30^\circ$ .

Розраховуємо габаритні розміри лінз:

1) фокусну відстань першої лінзи візьмемо  $F = 6,5 \text{ мм}$ .

Розраховуємо світловий діаметр лінзи  $D_{св}$ , враховуючи розсіяння пучка із трикутника.

$$D_{св} = 2(6,5 \cdot \text{tg}30^\circ) = 7,5 \text{ мм}, \quad (2.17)$$

За таблицею 2.1 дізнаємось необхідний зовнішній діаметр лінзи  $D$ .

Використаний спосіб кріплення лінз – із завальцовкою.

$$D = D_{св} + 0,8 = 7,5 + 0,8 = 8,3 \text{ мм}, \quad (2.18)$$

За ГОСТ 6636-69 оберемо лінзу із зовнішнім діаметром 8,5 мм.

Залежність  $D$  від  $D_{св}$ .

Таблиця 2.1.

$D_{св}$ , мм	Найменший $D$ , мм	
	кріплення завальцовкою	кріплення кільцем
до 6	$D_{св}+0,6$	–
6 – 10	$D_{св}+0,8$	$D_{св}+1,0$
10 – 18	$D_{св}+1,0$	$D_{св}+1,5$
18 – 30	$D_{св}+1,2$	$D_{св}+1,8$
30 – 50	$D_{св}+1,5$	$D_{св}+2,0$
50 – 80	$D_{св}+2,0$	$D_{св}+2,5$
80 – +120	–	$D_{св}+3,0$
120 – 180	–	$D_{св}+4,0$

Товщина лінзи по краю  $t$  встановлюється залежно від зовнішнього діаметра  $D$  згідно з вимогами стандарту ГОСТ 3-490-71. Для цього використовуємо таблицю 2.1, де наведені рекомендовані значення товщини  $t$  для різних діаметрів  $D$ .

Залежність  $D$  від  $t$ .

Таблиця 2.2.

$D$ , мм	$t$ , мм
до 6	0,8
6 – 10	1,0
10 – 18	1,2
18 – 30	1,6
30 – 50	2,0
50 – 80	2,4
80 – 120	3,0
120 – 180	4,0

Беремо  $t=1$  мм.

Дізаємо товщину лінзи по осі  $d$ .  $D$  зв'язана з зовнішнім діаметром і  $t$  співвідношенням:

$$\begin{aligned} 4d + 10t &\geq D, \\ d &\geq 0,4 \end{aligned} \quad (2.19)$$

За ГОСТ 3-490-71 вибираємо  $d=0,5$  мм.

За геометричними розмірами лінзи визначаємо її радіус кривизни  $R$ :  $R=32$  мм за ГОСТ 1807-75.

Необхідний розмір фаски  $m$  можемо побачити у табл. 2.3

Залежність  $D$  від  $m$ .

Таблиця 2.3.

$D$ , мм	$m$ , мм
6 – 10	$0,3^{+0,2}$
10 – 18	$0,4^{+0,2}$
18 – 30	$0,5^{+0,3}$
30 – 50	$0,7^{+0,5}$

Беремо  $m=0,3^{+0,2}$ . Кут нахилу  $m$ :  $45^0$ .

За ГОСТ 3-1901-73 беремо просвітлювальне покриття лінзи  $\otimes_A -350.44P.43P.350$

За ГОСТ 3-28-77 беремо скло для лінзи: СТК119.

Фокусну відстань для другої лінзи обираємо  $F = 30$  мм.

Визначимо світловий діаметр лінзи  $D_{cv}$ .

$$D_{cv} = 2(30 \cdot \operatorname{tg}30^0) = 34,5 \text{ мм}, \quad (2.20)$$

$$D = D_{cv} + 1,5 = 34,5 + 1,5 = 36 \text{ мм}, \quad (2.21)$$

За ГОСТ 6636-69 підбираємо стандартну лінзу із зовнішнім діаметром  $36$  мм.

Товщину  $t$  візьмемо за ГОСТ 3-490-71 (із табл.2.2)  $t=2$  мм.

Визначимо товщину лінзи по осі  $d$ .  $D$  зв'язана з зовнішнім діаметром і  $t$  співвідношенням:

$$\begin{aligned} 4d + 10t &\geq D, \\ d &\geq 4 \end{aligned} \quad (2.22)$$

За ГОСТ 3-490-71 вибираємо  $d=5$  мм.



Із геометричних розмірів лінзи визначаємо її радіус кривизни  $R$ :  $R=66$  мм за ГОСТ 1807-75.

За табл. 2.3 дізнаємось необхідний розмір фаски,  $m=0,7^{+0,5}$ . Кут нахилу  $m$ :  $45^{\circ}$ .

За ГОСТ 3-1901-73 беремо просвітлювальне покриття лінзи  $\otimes_A -350.44P.43P.350$

За ГОСТ 3-28-77 беремо скло для лінзи: СТК119.

### 2.2.3. Світлотехнічний розрахунок оптичної схеми

Виявлення світлового потоку, що потрапляє на фотоприймач, є важливим етапом для аналізу роботи оптичної системи.

Потужність випромінювання  $P=1$  мВт.

В світових одиницях  $1\text{Вт} = 683$  лм.

Світловий потік від світлодіода приймаємо за 100%. На кожній із сторін втрачається приблизно 4% початкового значення.

Після проходження першої лінзи втрачається близько 8% світлового потоку:

$$0,683 - 100\%$$

$$x - 8\%$$

$$x = 0,05 \text{ лм.}$$

На ОК потрапляє  $0,683 - 0,05 = 0,633$  лм.

Після проходження ОК:  $0,633 - 0,013 = 0,62$  лм.

Після проходження другої лінзи  $0,62 - 0,05 = 0,57$  лм.

Отже отримаємо  $\Phi = 0,57$  лм.

В якості фотоприймача візьмемо фотодіод J22 в корпусі 18D.

Розрахуємо струм, який потрапляє в електричну схему після проходження фотоприймача:

$$I = 0,83 \cdot 0,7 = 0,58 \text{ мА.}$$

### Висновки до 2 розділу

У процесі розробки оптичної системи для даного проекту було створено детальну схему, яка включає оптичний канал, оснащений світлодіодами, лінзами та фотодіодом для забезпечення високоточного контролю вологості. Розробка та моделювання оптичного каналу проводились із використанням стандартів ГОСТ та

врахуванням технологічних обмежень, що дозволило забезпечити оптимальні параметри компонентів і мінімізувати втрати світлового потоку.

Система була побудована на основі принципів компактності та економічної ефективності, що робить її зручною для використання у виробничих умовах. Особлива увага приділена мінімізації втрат світлового потоку через лінзи, що дозволило досягти високої точності результатів без необхідності використання дорогих фотоприймачів.

Така система є придатною для автоматизованого моніторингу стану тканин і сприяє зниженню витрат на обладнання, зберігаючи при цьому високу ефективність роботи. Це робить розроблену оптичну систему перспективною для впровадження в текстильну промисловість.

## РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ

### 3.1. Розробка та опис структурної схеми

*Надається за звернення до авторів*

Рис. 3.1. Структурна схема вологоміра

В описаній системі вимірювання вологості, використовується принцип безперервної розгортки експоненціальних імпульсів для опорного та вимірювального випромінювання. Ось коротка схема роботи цієї системи:

1. **Генератор 1** генерує імпульси, які змінюються за експоненціальним законом, з рівною амплітудою для двох потоків випромінювання (опорного та вимірювального).

2. **Функціональні перетворювачі 2 та 3** відповідальні за формування імпульсів по експоненціальному закону і їх відповідну модуляцію.

3. **Ключі 4 та 5** виконують чергування потоків імпульсів, що дозволяє кожному з потоків (опорному та вимірювальному) проходити через контрольований об'єкт (ОК).

4. **Світлодіоди 6 та 7** формують два потоки випромінювання, які протилежні за фазою. Це дозволяє більш точно виміряти різницю між впливом вологи на потоки на двох довжинах хвиль.

5. **Об'єкт контролю (ОК)** взаємодіє з випромінюванням, поглинаючи більше випромінювання, що вказує на наявність вологості. В результаті амплітуда сигналу зменшується порівняно з опорним сигналом.

6. **Фотоприймач 8** приймає обидва сигнали після їх проходження через ОК.

7. Сигнал з фотоприймача підсилюється **підсилювачем 9**, після чого передається на **аналогово-цифровий перетворювач 10**, де сигнал перетворюється в цифрову форму для подальшої обробки.

8. Оцифрований сигнал передається в **мікроконтролер 11**, де здійснюється аналіз і обробка даних, що дозволяє визначити рівень вологості.

9. Результати обробки виводяться на **комп'ютер 12**, де вони можуть бути представлені у вигляді числових значень або графіків.

Цей метод дозволяє точно виміряти вологість тканин або інших матеріалів, використовуючи різницю в поглинанні ІЧ-випромінювання на різних довжинах хвиль.

### 3.2. Розробка та опис функціональної схеми

Описана система є складною схемою для вимірювання вологості за допомогою оптоелектронних компонентів, де використовуються два різних потоки випромінювання для оцінки вологості тканини [42]. Ось коротка схема роботи цієї системи:

1. Генератор синхроімпульсів (Г.рис.3.2) формує прямокутні імпульси, що по черзі подаються на два перетворювачі (ФП1 і ФП2, рис. 3.2). Імпульси генеруються і передаються на один з перетворювачів, які модулюють імпульси за експоненціальним законом.

2. Ключова схема (керована блоком “НЕ”) визначає, який з двох світлодіодів буде активним:

Якщо ключ 2 закритий, то активується перший світлодіод з довжиною хвилі  $\lambda = 1,9$  мкм.

Якщо ключ 2 відкритий, активується другий світлодіод з довжиною хвилі  $\lambda = 1,7$  мкм.

3. Світлодіоди випромінюють відповідне випромінювання, яке проходить через тканину (ОК), взаємодіючи з її властивостями (вологість впливає на поглинання випромінювання).

4. Випромінювання, яке пройшло через тканину, приймається фотоприймачем.

5. Сигнал, що виходить з фотоприймача, підсилюється за допомогою підсилювача.

6. Після підсилення, сигнал проходить через полосовий фільтр, який виділяє необхідну частоту, що дозволяє фільтрувати шуми та непотрібні сигнали.

7. Сигнал подається на аналогово-цифровий перетворювач (АЦП).

8. Оцифрований сигнал записується в пам'ять мікроконтролера, де він обробляється.

9. Оброблені результати можуть бути передані для виведення на комп'ютер або інші пристрої для подальшого аналізу.

Ця система дозволяє точно вимірювати вологість тканини, використовуючи два різних діапазони хвиль, що забезпечує кращу точність вимірювань через зменшення впливу зовнішніх факторів: температура або структура тканини.

*Надається за звернення до авторів*

Рис. 3.2. Функціональна схема вологоміра

### **3.3. Розробка алгоритму роботи схеми**

Алгоритм працює наступним чином. Спочатку вмикається блок керування, завантажуються програмне забезпечення і на екран виводиться запит "Введіть граничні значення". Зразу ж працює цикл очікування до натискання "Ввести".

Після натискання "Ввести" йде перевірка вірності введених значень. Якщо значення не вірні – йде виведення на екран: "Введіть граничні значення" і надається повторна пропозиція ввести вірні граничні значення. І працює цикл очікування [43].

Якщо введені вірні граничні значення встановлюються нульові значення параметрів лічильників, йде запуск двигуна переміщення кареток за програмою (рис. 3.3.) і починається вимірювання вологості таким чином.

*Надається за звернення до авторів*

Рис. 3.3. Програма роботи двигуна

де  $L$  – кількість кроків, які необхідні для подолання кареткою дистанції  $l$  (ширина полотна 1400мм).

Пускається імпульс на перший світлодіод з довжиною хвилі  $\lambda=1,9$  мкм. Після проходження світлового потоку через ОК він приймається фотоприймачем. Якщо значення прийнятого імпульсу більше порогового значення, то пускається імпульс на другий світлодіод з довжиною хвилі  $\lambda=1,7$  мкм. Після проходження через ОК він приймається фотоприймачем. Якщо значення прийнятого імпульсу більше порогового, то йде збільшення кроку циклу на одиницю і цикл повторюється. Якщо

після прийому імпульсу, який випромінений другим світлодіодом значення менше порогового, то йде збільшення значення на одиницю параметра, кінцеве значення якого в циклі буде пропорційне масі вологи в ОК. Якщо після прийому імпульсу фотоприймачем з першого світлодіода значення буде менше порогового, цикл закінчується та зчитуються дані з ОЗУ для обробки. Результат чого виводиться на монітор. Також програма порівнює отриманий результат з граничними значеннями. Якщо результат знаходиться в діапазоні граничних значень вимірювальний пристрій продовжує працювати поки не буде вимкнута двигун [44]. Якщо отриманий результат вийшов за межі граничних значень, то вмикаються всі двигуни і вмикається подача звукового сигналу для втручання в виробничий процес оператора.

*Надається за звернення до авторів*

Рис.3.4. Алгоритм роботи схеми

### 3.4. Розрахунок схема включення світлодіода

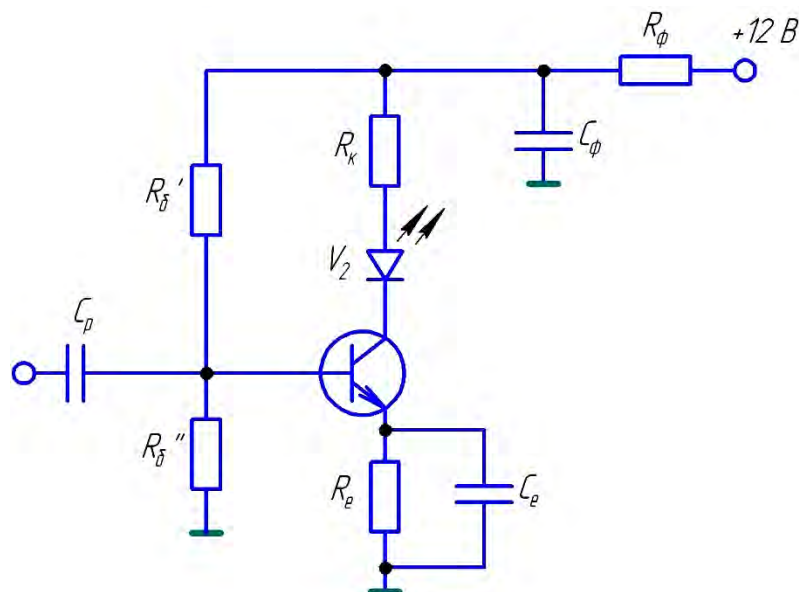


Рис. 3.5. Схема включення світлодіода

Вибираємо кремнієвий n-p-n транзистор КТ660Б. Він призначений для роботи в перемикальних і імпульсних пристроях, в ланцюгах обчислювальних машин, в генераторах електричних коливань і має наступні електричні параметри:

- статичний коефіцієнт передачі  $h_{21e}$  току в схемі ОЕ при  $U_{кб}=10\text{ В}$ ,  $I_e=2\text{ мА}$ :  
 $h_{21e\min} = 200$ ,  $h_{21e\max} = 450$ ;

- напруга насичення колектор – емітер  $U_{ке_{нас}}$  при  $I_k=500$  мА,  $I_b=50$  мА, не більш: 0,5 В;
- напруга насичення колектор – емітер  $U_{ке_{нас}}$  при  $I_k=10$  мА,  $I_b=1$  мА, не більш: 0,035 В;
- напруга насичення база – емітер  $U_{бе_{нас}}$  при  $I_k=500$  мА,  $I_b=50$  мА, не більш: 1,2 В;
- ємність колекторного переходу  $C_k$  при  $U_{кб}=10$  В, не більш: 10 пФ;
- зворотний струм колектора  $I_{кобр}$  при  $U_{кб}=10$  В, не більш: 1 мкА;
- зворотний струм емітера  $I_{эобр}$  при  $U_{бэ}=4$  В, не більш: 0,5 мкА;

Граничні експлуатаційні дані:

- постійна напруга колектор-база  $U_{кб_{max}}$ : 30 В;
- постійна напруга колектор-емітер  $U_{ке_{max}}$  при  $R_{бе}<1$  кОм: 30 В;
- постійна напруга колектор-емітер  $U_{ке_{max}}$  при  $I_e=10$  мА:  $\leq 25$  В
- постійна напруга база-емітер  $U_{бе_{max}}$ : 5 В;
- постійний струм колектора  $I_{k_{max}}$ : 800 мА;
- постійна розсіювана потужність колектора  $P_{max}$ : 0,5 Вт.

Задавши режим роботи транзистора, розраховуємо елементи схеми (робочу точку).

Падіння напруги в ланцюзі повинно задовольняти умові:

$$U_{Re} = 0,15 \cdot E_p, \quad (3.1.)$$

де  $E_p$  – напруга живлення.

Задамося напругою живлення  $E_p=15$  В, тоді:

$$U_{Re} = 0,15 \cdot 15 = 1,8 \text{ В}, \quad (3.2.)$$

Опір  $R_e$  розраховується по формулі:

$$R_e = \frac{U_{Re}}{I_{кО} + I_{бО}} = \frac{1,8}{(40 + 0,135) \cdot 10^{-3}} = 44,85 \text{ Ом}, \quad (3.3.)$$

Струм дільника  $I_d$  повинен бути не менше, чим в 5...10 разів перевершувати струм спокою бази  $I_{бО}$ :

$$I_d = 10 \cdot I_{бО} = 10 \cdot 0,135 = 1,35 \text{ мА}, \quad (3.4.)$$

Тоді:

$$U_{Rk} = E_{II} - U_{keo} - U_{Re} - U_{Rф} - U_{д} = 12 - 6 - 1,8 - 1 - 2 = 1,2 \text{ В}, \quad (3.5.)$$

Отже, опір у ланцюзі колектора рівний:

$$R_k = \frac{U_{Rk}}{I_{KO}} = \frac{1,2}{40 \cdot 10^{-3}} = 30 \text{ Ом}, \quad (3.6.)$$

### 3.5. Схема включення фотодіоду

*Надається за звернення до авторів*

Рис.3.6. Схема включення фотодіоду

На рис. 3.6 показана схема включення фотодіоду компанії Linear Technology, яка забезпечує коефіцієнт підсилення еквівалентний 1 МОм і має щільність вихідного шуму всього 43 нВvГц, приблизно одну третину від величини забезпечуваної традиційним 1 МОм підсилювачем напруги. Це досягається шляхом первинного задання коефіцієнта підсилення еквівалентного 10 МОм, а потім зменшенням вихідного сигналу вдесятеро. Транзисторний каскад забезпечує підсилення напруги і працює від джерела живлення 54 В для забезпечення відповідного розмаху вихідної напруги. Завдяки отриманню розмаху вихідної напруги 50 В до аттенюатора, схема забезпечує розмах вихідної напруги 5 В після аттенюатора. Резистор номіналом 10 МОм задає коефіцієнт підсилення каскаду підсилювача напруги, яка керує струмом і має щільність шуму 400 нВvГц. Після послаблення сигналу, реальний коефіцієнт підсилення знижується до 1 МОм, а щільність шуму до 40 нВvГц, яка є домінуючою складовою спостережуваної реальної величини схеми 43 нВvГц.

### 3.6. Розрахунок підсилювача

Мікросхема AD 797 (рис.3.7) представляє собою спеціалізований каскад підсилення, який являє собою операційний підсилювач. Використовується для підсилення отриманих сигналів.



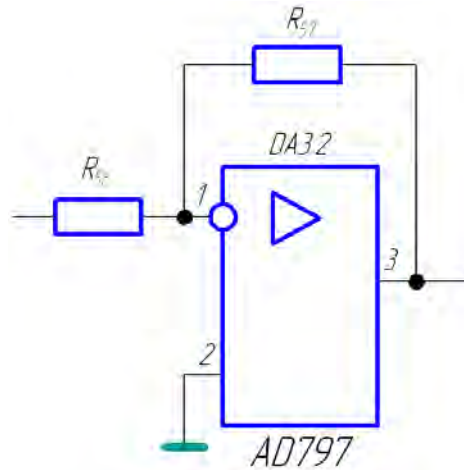


Рис. 3.7. Схема підсилювача

Коефіцієнт підсилення розраховується за формулою:

$$K = \frac{R_{57}}{R_{56}}, \quad (3.7)$$

Підбираємо резистори:  $R_{56} = 1$  (кОм), тоді  $R_{57} = 100$  (кОм).

Визначаємо коефіцієнт підсилення:

$$K = \frac{100 \cdot 10^3}{1 \cdot 10^3} = 100,$$

### 3.7. Аналогово-цифровий перетворювач

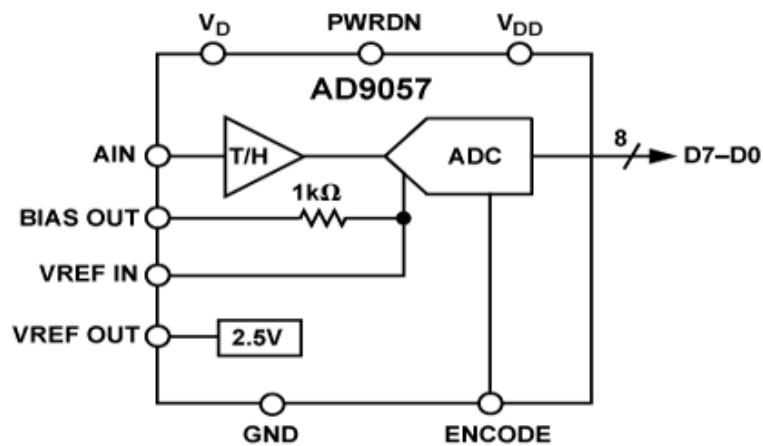


Рис. 3.8. Структурна схема AD9057

Для виконання перетворення вхідного аналогового сигналу у цифровий зручно використати мікросхему AD9057 – аналого-цифровий перетворювач (АЦП) фірми

Analog Devices, яка характеризується високою робочою частотою (до 80 МГц) та підтримкою аналогового сигналу високої частоти (до 120 МГц).

Мікросхема містить вбудоване джерело опорної напруги 2,5 В, яка виводиться на вихід REF\_OUT. Якщо це вихід з'єднати зі входом REF\_IN, то АЦП буде отримувати необхідну опорну напругу без додаткового джерела.

Вхід PWRDN використовується для відключення АЦП та переведення його у режим зниженого енергоспоживання.

Для обмеження вхідного струму на аналоговому вході AIN використовується резистор R<sub>1</sub> номіналом 1 кОм.

Вхід ENCODE призначений для подачі сигналу дозволу кодування вхідного сигналу у цифровий вигляд. Цей вхід зручно використати як тактовий вхід, на який будуть подаватися тактові імпульси певної частоти, з якою буде відбуватися кодування вхідного сигналу. Отже з кожним тактом на виходах АЦП D0-D7 буде з'являтися наступний байт даних.

### 3.8. Мікроконтролер

Мікроконтролер **8051АН** належить до сімейства **MCS-51** і має добре розвинену внутрішню структуру, яка включає кілька ключових компонентів для обробки даних і управління процесами. Ось основні елементи цієї структури:

1. Арифметико-логічний пристрій (АЛП):

8-розрядне АЛП, яке виконує основні арифметичні та логічні операції. Апаратна підтримка операцій множення, що дає змогу виконувати операції множення двох 8-розрядних чисел за один такт.

2. Внутрішня пам'ять:

Пам'ять програм (4 Кбайт): використовується для зберігання програми, що виконується мікроконтролером. Оперативна пам'ять (ОЗП, 128 байт): використовується для зберігання тимчасових даних під час роботи програми.

3. Порти вводу-виводу:

Чотири 8-розрядні програмовані порти вводу-виводу, кожен з яких може бути налаштований на визначену альтернативну функцію, таку як підключення до зовнішніх пристроїв або управління іншими модулями.

#### 4. Лічильники-таймери:

Два 16-розрядних програмованих лічильники-таймери, які можуть використовуватися для вимірювання часу, генерування затримок або як лічильники подій.

#### 5. Послідовний порт (USART):

Дуплексний послідовний порт, що забезпечує як прийом, так і передачу даних, що робить можливим обмін інформацією між мікроконтролером або комп'ютером через серійний інтерфейс.

#### Структура мікроконтролера 8051AH:

1. Центральний процесор (CPU) — обчислює та управляє операціями.
2. Пам'ять — внутрішня програма (ROM) і дані (RAM).
3. Порти вводу/виводу — для з'єднання з периферією.
4. Таймери/лічильники — для вимірювання часу і обробки подій.
5. Апаратна підтримка множення — для ефективної роботи з числами.
6. Послідовний порт — для серійного зв'язку з пристроями.

Така структура забезпечує високий рівень інтеграції для реалізації різноманітних завдань, таких як управління пристроями, автоматизація процесів, обробка сигналів і даних в реальному часі.

### **Висновки до 3 розділу**

В розділі 3 було розглянуто процес розробки функціональної схеми вологоміра, що включає в себе кілька ключових етапів, починаючи від структури системи до розрахунків необхідних елементів. Одним із важливих етапів стало ретельне відбирання комплектуючих для системи, зокрема таких елементів, як генератори, перетворювачі, фотодіоди, світлодіоди, підсилювачі, аналого-цифрові перетворювачі та мікроконтролери. Вибір компонентів враховував

технічні вимоги та особливості взаємодії елементів системи. Важливою метою було досягнення високої ефективності, точності вимірювань та надійності, що є критичними для роботи вологоміра в реальних умовах. Підбір елементів також дозволяє забезпечити стабільну роботу всієї системи і мінімізувати ймовірність помилок під час вимірювань вологості.

Розрахунки схем, алгоритмів та вибір елементів були здійснені на основі стандартів, які забезпечують надійну роботу вологоміра, зокрема в умовах виробничих процесів, де важлива точність вимірювань і можливість своєчасного реагування на зміни у вологості.

Під час розробки також враховувалася інтеграція усіх компонентів у єдину систему, що дозволяє здійснювати точні вимірювання та обробку результатів за допомогою мікроконтролера та відображення даних на моніторі. Цей етап розробки є важливим для створення технологічно вдосконаленого вологоміра, який відповідатиме високим вимогам ринку, зокрема для автоматизації вимірювань та моніторингу в промислових умовах. Загалом, результатом цієї розробки стане інноваційний продукт, здатний забезпечити точність вимірювань, високу ефективність та надійність, що дозволить покращити процеси контролю та обслуговування в різних сферах, зокрема в моніторингу вологості в промисловості.

#### **РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СТАРТАП ПРОЕКТУ «Автоматизована система контролю вологості тканин»**

Стартап спрямований на створення автоматизованої системи для моніторингу та контролю вологості тканин у реальному часі. Рішення розробляється з використанням сенсорів вологості, алгоритмів аналізу даних і програмного забезпечення для інтеграції з промисловим обладнанням. Система забезпечить точний контроль вологості під час різних етапів виробничого процесу, таких як сушіння, фарбування чи прасування текстильних матеріалів.

Основна мета полягає у підвищенні якості текстильних виробів, зменшенні витрат енергії та оптимізації виробничих процесів шляхом автоматизації управління вологістю тканин.

Головна мета проекту – підвищити ефективність і точність діагностики можливих проблем у вимірах вологості тканин.

## 4.1 Опис ідеї та технологічний аудит стартап-проекту

Проект передбачає розробку автоматизованої системи контролю вологості тканин для використання на текстильних підприємствах. Система базується на сенсорах вологості, інтегрованих з аналітичним програмним забезпеченням, що дозволяє моніторити та регулювати рівень вологості тканин у реальному часі.

Система буде оснащена штучним інтелектом для аналізу зібраних даних і налаштування виробничих процесів, таких як сушіння, прасування чи фарбування тканин. Її інтеграція допоможе підвищити якість продукції, знизити споживання енергії та зменшити кількість браку.

Основна мета проекту — автоматизація контролю вологості тканин, що забезпечить точність технологічних процесів, підвищить їхню ефективність та оптимізує витрати на виробництво.

Таблиця 4.1 - Інформаційна карта стартап-проекту

Назва блоку	Характеристика
1	2
<b>Загальна характеристика стартап-проекту</b>	
Назва стартаппроекту	Автоматизована система контролю вологості тканин
Проблематика, яку вирішує стартап-проект	Нестабільна якість обробки тканин через відсутність точного контролю вологості. Це призводить до перевитрати енергії, браку продукції та зниження ефективності виробництва.

Головні цілі та завдання проєкту	Забезпечення точного контролю вологості тканин, підвищення якості продукції, зменшення витрат енергії та матеріалів.
Головні цільові групи, на які спрямований проєкт	Текстильні підприємства, фабрики з переробки тканин, виробники текстильного обладнання.
<b>Автори та команда стартап-проєкту</b>	
Автори стартаппроєкту	Панаско Денис Віталійович
Команда стартаппроєкту	Панаско Денис Віталійович
<b>Опис продукту стартап-проєкту</b>	
Назва та коротка характеристика мінімального життєздатного продукту стартапу (MVP)	Система сенсорів вологості, інтегрованих із програмним забезпеченням, що дозволяє в реальному часі моніторити вологість тканин і автоматично коригувати параметри виробничих процесів.

Сфера застосування продукту	Використання на текстильних підприємствах для контролю вологості під час сушіння, фарбування чи прасування тканин.
<b>1</b>	<b>2</b>
Опис унікальних властивостей продукту стартапу	Висока точність вимірювання, інтеграція з існуючими виробничими системами, прогнозування параметрів обробки завдяки машинному навчанню.
Стадія розробки продукту стартапу	Розробка прототипу, тестування на виробничих об'єктах у реальних умовах
Технічні характеристики	Система складається з датчиків вологості, блоку аналізу даних, модуля інтеграції з обладнанням, автономного блока живлення.
Супровід продукту	Технічне обслуговування, оновлення програмного забезпечення, навчання персоналу, регулярна перевірка та калібрування системи.
<b>Забезпечення стартап-проекту</b>	
Необхідні ресурси	Інвестиції для розробки, доступ до виробничих підприємств для тестування, команда інженерів і текстильних технологів.



Потреба в інвестиціях	Початкові інвестиції оцінюються в 40 000 \$ для створення прототипу, тестування та виведення на ринок.
Інтелектуальна власність	Патентування алгоритмів аналізу даних і системи датчиків, реєстрація авторських прав на документацію.
<b>Результати стартап-проєкту</b>	
Термін реалізації стартап-проєкту	12 місяців, включаючи розробку, тестування і запуск продукту на ринок.
Плановані кількісні показники стартаппроєкту	Встановлення системи на 15 текстильних об'єктах у перший рік; збільшення кількості клієнтів на 30% щорічно.
Якісні показники стартап-проєкту	Зменшення браку тканин на 25%, зниження енергоспоживання на 20%, покращення якості готової продукції.
Загальні очікувані результати	Створення інноваційної автоматизованої системи, що підвищує ефективність виробництва, зменшує витрати і сприяє покращенню конкурентоспроможності підприємств.

Таблиця 4.2. Опис ідеї стартап проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Автоматизована система контролю вологості тканин	1. Текстильні підприємства для моніторингу та оптимізації вологості тканин на різних етапах обробки.	- Підвищення якості готової продукції. - Зменшення браку. - Скорочення витрат на енергоресурси та матеріали.
	2. Фабрики з фарбування тканин для забезпечення оптимальної вологості перед фарбуванням.	- Забезпечення рівномірного фарбування тканин. - Зниження відходів виробництва.
	3. Підприємства, що займаються сушінням тканин, для контролю залишкової вологості	- Запобігання пересушуванню або недосушуванню тканин. - Підвищення ефективності виробничих процесів.

У цій таблиці представлено огляд концепції стартап-проекту та потенційних ринкових сегментів, де можна знайти майбутніх користувачів системи. Основні напрями застосування включають впровадження автоматизованої системи контролю вологості тканин для забезпечення стабільної якості обробки текстильних матеріалів, оптимізації виробничих процесів і зниження енерговитрат. Система дозволяє проводити моніторинг вологості тканин у реальному часі та автоматично коригувати параметри обробки залежно від отриманих даних. Це сприяє підвищенню ефективності роботи текстильних підприємств і мінімізації браку.

Система забезпечує значні переваги для користувачів, зокрема зменшення витрат на матеріали й енергоресурси, покращення якості продукції. Наступним етапом дослідження став аналіз потенційних техніко-економічних переваг цієї системи порівняно з існуючими ринковими рішеннями. Проведено оцінку конкурентної позиції, визначення ключових відмінностей, переваг і недоліків кожного аналога. Результати аналізу наведені в Таблиці 4.2.

Таблиця 4.3. Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	Конкурент 1	Конкурент 2	Конкурент 3			
1.	Швидкість контролю вологості	Автоматичне вимірювання в реальному часі	Ручний огляд	Датчики із затримкою передачі даних	Складні інтеграційні системи	Ручне вимірювання	Затримка в передачі даних Вимагає адаптації до різних тканин	Система інтеграції з виробничими процесами Висока швидкість і точність
2.	Точність вимірювання	Виявлення навіть мінімальних відхилень	Менш точне обладнання	Чутливість до людського фактору	Застарілі технології	Менш точні сенсори	Залежність від кваліфікації оператора Часткова адаптація під текстиль	Висока автономність Максимальна точність
3.	Інтеграція у виробничу лінію	Легка інтеграція	Складні процеси інтеграції	Потреба у додаткових модулях	Відсутність масштабованості	Складна адаптація	Додаткові витрати на модернізацію Відсутність стандартизації	Гнучка модульність Проста установка
4.	Економічна ефективність	Швидка окупність	Високі витрати на утримання	Нестабільна вартість обслуговування	Значні інвестиції	Високі витрати на обслуговування	Стабільні, але високі початкові інвестиції Окупність лише на великих підприємствах	Зниження енерговитрат Економія ресурсів
5.	Екологічність	Зменшення відходів і енерговитрат	Ігнорування енергоефективності	Часткова адаптація до енергозбереження	Відсутність аналізу втрат	Ігнорування енергоефективності	Часткова підтримка екологічних стандартів Потребує інвестицій на адаптацію	Позитивний вплив на довкілля Мінімізація відходів

Був проведений детальний аналіз техніко-економічних даних для кожної пропозиції. Результати показали, що автоматизована система контролю вологості тканин є значно більш ефективною порівняно з існуючими рішеннями на ринку. Вона пропонує високоточне автоматичне вимірювання вологості в реальному часі, з мінімальним втручанням оператора. Це дозволяє значно знизити ймовірність браку та покращити якість готової продукції. Крім того, система є більш енергоефективною завдяки інтеграції з виробничими процесами та оптимізації витрат енергоресурсів.

Наступним етапом було проведення аудиту технологій, необхідних для реалізації проєкту. Для оцінки життєздатності цієї концепції було детально проаналізовано основні складові, такі як точність вимірювань, інтеграція в існуючі виробничі лінії, економічна ефективність і екологічні аспекти. Результати аналізу представлені в Таблиці 4.3.

Таблиця 4.4. Технологічна здійсненність ідеї проєкту

№ п/п	Ідея проєкту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Автоматизована система контролю вологості тканин	Технологія автоматичного вимірювання вологості	Наявні, широко використовуються в текстильній промисловості	Технологія доступна для використання
2.	Мультиспектральне сканування для детекції дефектів	Сенсори вологості для автоматизації процесів	Необхідно адаптувати для різних типів тканин	Технологія частково доступна, потребує адаптації
3.	Мультиспектральне сканування для детекції дефектів	Мультиспектральні камери для аналізу тканин	Необхідно доопрацювати для текстильних виробів	Технологія доступна, але потребує інтеграції
4.	Обробка даних і автоматичне коригування процесів	Система інтеграції з існуючими мережами	Необхідно розробити спеціалізоване ПО для контролю вологості	Технологія доступна в обмеженому вигляді

5.	Оптимізація енергоспоживання в процесі обробки	Технологія зниження енергозатрат за рахунок автоматизації	Необхідно розробити спеціалізоване ПО	Технологія потребує розробки ПЗ
Обрана технологія реалізації ідеї проекту:				

Можна зробити висновок, що вартість нашого проекту може варіюватися у залежності від вибору компонентів. Якщо замовник орієнтується на високу якість продукції, можна використовувати сучасні сенсори вологості та розробляти програмне забезпечення з урахуванням індивідуальних вимог клієнта, що може потребувати співпраці з фрілансерами або розробниками з інших країн. В такому разі вартість проекту буде вищою. Водночас, якщо замовника більше цікавить бюджетний варіант, можна використовувати доступніші комплектуючі і розробити програмне забезпечення та систему контролю внутрішніми силами, що дозволить значно знизити вартість кінцевого продукту.

#### 4.2 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Оцінка ринкових можливостей для впровадження стартап-проекту в сфері автоматизованої системи контролю вологості тканин передбачає ретельний аналіз попиту на подібні технології, а також виявлення ключових загроз і можливостей, які можуть вплинути на успішність реалізації і розвитку проекту. Цей аналіз дозволяє визначити найбільш перспективні ринкові сегменти, оцінити попит на продукт та виявити потенційні бар'єри для його впровадження.

Таблиця 4.5. Аналіз попиту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1.	Кількість головних гравців, од	5-7 основних компаній на ринку автоматизації контролю вологості тканин
2.	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	200 000 - 500 000 грн / рік (в залежності від типу замовників та проектів)

3.	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Ринок зростає (завдяки впровадженню автоматизації та інноваційних технологій у текстильній промисловості)
4.	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Високі вимоги до технологій, необхідність великих капіталовкладень на початковій стадії
5.	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Необхідність сертифікації продукції відповідно до стандартів для текстильної промисловості та безпеки
6.	Середня норма рентабельності в галузі (або поринку), %	12-18% (залежно від рівня конкуренції та інноваційності рішення)

Згідно з проведеним аналізом, ринок автоматизованих систем контролю вологості тканин демонструє стабільне зростання. Це обумовлено зростаючим попитом на інноваційні технології в текстильній промисловості, особливо в галузях, що займаються виробництвом високоякісних тканин, де важливі точні параметри вологості для запобігання дефектам продукції. Однак для успішної реалізації проєкту будуть необхідні сертифікації для забезпечення відповідності вимогам безпеки та якості.

Наступним етапом є визначення конкретних цільових груп клієнтів, їхніх характеристик та вимог до виробленого продукту для кожної з цих груп, що буде сприяти більш точному таргетуванню продукту на ринку (Таблиця 4.6).

Таблиця 4.6. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проєкту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1.	Виробники текстилю та одягу	Великі підприємства, що займаються масовим виробництвом тканин	Великі підприємства потребують складніших рішень	Точність, швидкість, автоматизація
2.	Маленькі та середні фабрики з виробництва тканин	Підприємства, що працюють з різними видами	Міста шукають складніші рішення, села — простіші	Надійність, простота, низька вартість

		тканин, потребують автоматизації		
3.	Постачальники високоякісних тканин для дизайнерів	Підприємства, що займаються виробництвом спеціальних тканин для модної індустрії	Інвестори шукають довгострокову вигоду	Економічність, довговічність, інтеграція
4.	Інженерні компанії, що займаються автоматизацією	Підрядники, що реалізують проекти з автоматизації для виробничих підприємств	Орієнтовані на стабільність і мінімізацію збоїв	Легкість інтеграції, ефективність

Аналіз потенційних клієнтів для стартапу "Автоматизована система контролю вологості тканин" виявляє широкий спектр можливостей на ринку. Ця система може бути застосована в текстильних компаніях, швейних фабриках, а також в логістичних компаніях, що займаються зберіганням та транспортуванням тканин і одягу. Важливість контролю вологості тканин полягає в запобіганні псуванню матеріалів, збереженні їх якості та продовженні терміну служби продукції.

Однак важливо врахувати й потенційні ризики, що можуть виникнути при використанні цієї технології. Ігнорування цих факторів може ускладнити об'єктивну оцінку ринкових можливостей і викликати труднощі в процесі реалізації проекту

Таблиця 4.7. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Конкуренція на ринку	Поява нових конкурентів з кращими або дешевшими продуктами	Розробка унікальних характеристик системи, покращення якості та надійності
2.	Технологічні зміни	Розвиток нових технологій, які можуть змінити методи контролю вологості тканин.	Оновлення системи, впровадження нових технологій для забезпечення конкурентоспроможності.
3.	Законодавчі зміни	Зміни в екологічних або безпекових стандартах, які можуть вимагати додаткових сертифікацій	Оновлення системи, впровадження нових технологій для забезпечення конкурентоспроможності.

4.	Економічна нестабільність	Зниження попиту через економічні кризи або бюджетні скорочення	Оптимізація витрат, пошук нових ринків збуту, диверсифікація продукції
5.	Висока вартість матеріалів	Зростання вартості комплектуючих або сировини, що впливає на собівартість продукції	Перегляд постачальників, пошук альтернативних матеріалів, підвищення ефективності виробництва.
6.	Проблеми з безпекою даних	Зломи або витоки інформації через віддалене керування системою	Розробка та впровадження додаткових заходів безпеки, шифрування даних та інтеграція захищених каналів зв'язку.
7.	Погіршення екологічних умов	Зміни клімату або природні катастрофи, які можуть вплинути на ефективність контролю вологості у виробничих чи складських приміщеннях.	Розробка спеціалізованих рішень для роботи в умовах високої вологості або екстремальних температур.

Аналіз факторів загроз допомагає виявити можливі ризики для стартапу "Автоматизована система контролю вологості тканин" і визначити стратегії для їх зменшення. Пропоновані заходи допоможуть забезпечити стабільне функціонування компанії на ринку, а також дозволять адаптувати продукт до змінюваних умов зовнішнього середовища.

Таблиця 4.8. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Зростання попиту на інноваційні технології	Впровадження нових рішень для моніторингу та контролю вологості тканин у виробничих та складських умовах.	Активний маркетинг та просування продукту, розширення ринку збуту, співпраця з новими партнерами.
2.	Розвиток інфраструктури текстильних підприємств	Ремонт та модернізація виробничих процесів з використанням новітніх технологій для контролю вологості.	Участь у тендерах на постачання та сервісне обслуговування автоматизованих систем контролю вологості.
3.	Підвищення вимог до якості виробів	Необхідність забезпечення високої якості та стабільності продукції шляхом точного контролю вологості тканин.	Розробка нових функціональних можливостей системи для задоволення вимог до якості продукції.



4.	Співпраця з державними та муніципальними органами	Збільшення бюджетного фінансування для проектів, пов'язаних з покращенням якості текстильних виробів та автоматизацією процесів.	Розвиток партнерських відносин з державними органами, участь у державних програмах фінансування інновацій.
----	---	--	--

Таблиця 4.8 показує основні можливості для стартапу "Автоматизована система контролю вологості тканин". Реакція компанії на ці можливості полягає в активному використанні новітніх технологій, розширенні ринку, співпраці з партнерами та адаптації до вимог екологічних стандартів.

Таблиця 4.9 присвячена аналізу конкуренції на ринку. Вплив ключових факторів, що визначають конкурентоспроможність учасників ринку, є важливим етапом у стратегічному аналізі і допомагає зрозуміти, які аспекти бізнесу можуть впливати на успіх або невдачу на ринку.

Таблиця 4.9. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
Монополістична конкуренція	На ринку є кілька постачальників автоматизованих систем контролю вологості, кожен з яких має свої особливості та технології.	Компанія повинна постійно вдосконалювати функціональні характеристики своїх систем, інтегрувати нові технології для збереження конкурентної переваги..
Локальна конкуренція	Конкуренція між компаніями зосереджена в конкретних географічних регіонах, де представлені різні рішення для контролю вологості тканин.	Зосередитися на розробці рішень, які найкраще відповідають специфічним потребам локальних виробників, покращити підтримку та швидкість реагування на запити.

Внутрішньогалузева конкуренція	Конкуренція серед компаній, що працюють у галузі автоматизації контролю вологості тканин.	Вдосконалення технологій, що дозволяють точніше і швидше оцінювати стан мереж, допоможе забезпечити конкурентні переваги в межах галузі.
Товарно-родова конкуренція	Конкуренція між різними типами систем для контролю вологості тканин, які можуть мати різні технічні характеристики і функціональні можливості.	Для отримання переваги компанії потрібно постійно вдосконалювати технічні можливості продукту, додавати нові функції для точнішого та ефективнішого контролю.
Нецінова конкуренція	Основна конкуренція полягає не в ціні, а в якості і технологічних характеристиках продуктів для контролю вологості тканин.	Компанія повинна постійно вдосконалювати свої технології, додаючи нові інноваційні можливості для підвищення ефективності системи та її привабливості для користувачів.
Не марочна конкуренція	Конкуренція між компаніями з подібними продуктами, де важливішими є функціональність та технологічні характеристики, а не бренд.	Зосередитися на розробці та вдосконаленні продукту, покращенні його функціональності, що дозволить залучити більше споживачів, орієнтуючись на реальні потреби ринку.

Зростання попиту на інноваційні технології в текстильній промисловості, технологічні виклики конкурентів і вимоги до екологічної безпеки виробництва вимагають від компанії постійного вдосконалення своїх систем для контролю вологості тканин. Стратегії розвитку повинні включати технологічні інновації, адаптацію до змін законодавства і оптимізацію виробничих процесів для забезпечення конкурентоспроможності на ринку.

Після аналізу конкурентів буде проведено більш детальне дослідження умов конкуренції у сфері автоматизованих систем для контролю вологості тканин.

Таблиця 4.10. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	Відомі компанії, які вже працюють в галузі автоматизації текстильного виробництва, пропонують комплексні рішення для контролю вологості.	Стартапи, що можуть вийти на ринок з інноваційними рішеннями для автоматизації контролю вологості.	Постачальники датчиків вологості, сенсорів, програмного забезпечення для автоматизації процесів.	Текстильні компанії, виробники одягу та тканин, які потребують точного контролю вологості для забезпечення якості продукції.	Альтернативні методи контролю вологості, такі як ручний вимір або традиційні гігрометри.
Висновки :	Необхідно вивчити конкурентні рішення для поліпшення якості продукту та запропонування кращих умов.	Потрібно здійснити моніторинг потенційних нових гравців на ринку і своєчасно реагувати на нові технології.	Важливо налагодити довгострокові контракти з постачальниками для забезпечення стабільного постачання необхідних компонентів.	Розробити індивідуальні рішення, враховуючи специфічні вимоги.	Потрібно забезпечити інноваційність та високу ефективність продукту, щоб переважити альтернативні методи вимірювання.

Аналіз конкурентного середовища для стартапу "Автоматизована система контролю вологості тканин" виявляє наявність як прямих, так і потенційних конкурентів, а також постачальників і можливих замінників. Враховуючи це, компанії необхідно зосередитися на розвитку технологічної інноваційності, вдосконаленні якості продукції та забезпеченні стабільного постачання компонентів для системи контролю вологості.

Також важливо забезпечити постійний моніторинг ринку, орієнтуватися на потреби клієнтів, враховувати специфічні вимоги текстильного виробництва і запроваджувати індивідуальні підходи до кожного сегмента ринку. Для утримання конкурентоспроможності слід активно інтегрувати нові технології, адаптуючи систему під конкретні умови виробництва та індустрії.

Таблиця 4.11. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1.	Технологічна інноваційність	Забезпечує точне і швидке вимірювання вологості тканин, що перевершує традиційні методи контролю.
2.	Доступність обслуговування	Легка інтеграція в існуючі виробничі процеси та мінімальні витрати на технічне обслуговування.
3.	Економічна ефективність	Сприяє зменшенню відходів матеріалів та енергоспоживання, що дозволяє знижувати витрати на виробництво.
4.	Відповідність екологічним стандартам	Забезпечує збереження екологічних норм за рахунок підвищення ефективності використання ресурсів.

5.	Гнучкість застосування	Може бути адаптована до різних типів тканин і виробничих процесів, що робить її універсальною для широкого спектра клієнтів.
----	------------------------	--

Аналіз таблиці 4.11 для стартапу "Автоматизована система контролю вологості тканин" вказує на кілька ключових конкурентних переваг. Система відзначається високою технологічною інноваційністю, що дозволяє забезпечити точність вимірів і швидкість роботи. Доступність обслуговування та низькі витрати на технічну підтримку роблять продукт економічно вигідним для клієнтів.

Основними перевагами є висока якість продукту та підтримка клієнтів протягом всього терміну експлуатації, що надає значну конкурентну перевагу на ринку. Крім того, доступність постачальників і наявність патентів підвищують інтерес до продукту, дозволяючи компанії утримувати високі позиції на ринку в умовах жорсткої конкуренції.

Таблиця 4.12. SWOT-аналіз стартап-проекту

<p>Сильні сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Висока точність контролю вологості тканин.</li> <li>2. Знижує ризик дефектів тканин завдяки точному контролю.</li> <li>3. Автоматизація процесів, що дозволяє зменшити людський фактор.</li> <li>4. Підвищення якості продукції завдяки точному контролю вологості.</li> </ol>	<p>Слабкі сторони:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Висока вартість впровадження та обслуговування системи.</li> <li>2. Залежність від якості датчиків вологості.</li> <li>3. Потреба в навчанні персоналу для ефективного використання системи.</li> <li>4. Відсутність широкої клієнтської бази на початковому етапі.</li> </ol>
<p>Можливості:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Зростання попиту на інноваційні технології для текстильної промисловості.</li> <li>2. Розвиток партнерств із великими текстильними виробниками.</li> </ol>	<p>Загрози:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Конкуренція з великими міжнародними компаніями.</li> <li>2. Економічні коливання, що можуть вплинути на бюджет клієнтів.</li> </ol>

SWOT-аналіз стартапу "Автоматизована система контролю вологості тканин" підкреслює основні переваги продукту, зокрема високу точність вимірювань та здатність автоматизувати процес контролю. Система може значно знизити ризик дефектів, що забезпечує вищу якість продукції. Проте, проект зіштовхується з викликами, такими як високі початкові витрати на впровадження та залежність від постачальників якісних датчиків.

Серед можливостей для розвитку — зростаючий попит на інноваційні технології в текстильній галузі та перспективи партнерства з великими виробниками. Однак важливими загрозами є конкуренція з великими компаніями та економічні коливання, які можуть вплинути на платоспроможність потенційних клієнтів.

Для успішної реалізації проекту важливо максимально використовувати сильні сторони, зокрема точність і автоматизацію процесу, знижувати слабкі сторони, зокрема високі витрати, і бути готовими до конкуренції, а також адаптуватися до змін в технологічному середовищі та ринкових умовах.

Таблиця 4.13. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1.	Вихід на ринок через партнерство з великими текстильними виробниками	Висока	6-12 місяців
2.	Запуск власного маркетингового кампанії через онлайн-платформи	Середня	3-6 місяців
3.	Вихід через тендери та державні закупівлі	Середня	9-12 місяців
4.	Пошук інвестицій для розширення виробничих потужностей	Висока	12-18 місяців

5.	Розробка і запуск програмного забезпечення для інтеграції з існуючими системами	Висока	4-6 місяців
----	---	--------	-------------

Аналіз альтернатив ринкового впровадження стартап-проекту "Автоматизована система контролю вологості тканин" показує, що оптимальні стратегії для швидкого виведення на ринок включають партнерство з великими текстильними компаніями та залучення інвестицій для розширення виробництва. Вони мають високу ймовірність отримання необхідних ресурсів та короткі строки реалізації.

Запуск маркетингової кампанії через онлайн-платформи є більш доступним, але середнім за шансами успіху і вимагатиме більше часу для досягнення результату. Вихід через тендери та державні закупівлі може забезпечити стабільний попит, але потребує більше часу для реалізації. Водночас, розробка програмного забезпечення для інтеграції з існуючими системами дозволить розширити функціональні можливості продукту, що стане конкурентною перевагою

#### **4.1 Розробка ринкової стратегії проекту**

Для розробки ринкової стратегії спершу потрібно визначити підхід до охоплення ринку, що передбачає визначення потенційних споживачів.

Таблиця 4.14. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№п/п	Опис профілю потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції всегменті	Простота входу у сегмент
1.	Виробники текстильних виробів та тканин	Висока: потреба у контролі якості та вологості тканин для підтримки стандартів якості	Високий, оскільки контроль вологості є критичним для якості продукції	Висока: на ринку вже є конкуренти з подібними рішеннями	Середня: є потенціал для виходу за умови значних інвестицій у маркетинг і технології
2.	Компанії, що спеціалізуються на зберіганні та транспортуванні тканин	Середня: інтерес до зниження витрат на зберігання та покращення якості	Середній: залежить від потреби в автоматизації процесів зберігання	Середня: конкуренція з іншими постачальниками технічних рішень	Легка: можливість виходу завдяки інноваційності продукту



3.	Хімічні та фармацевтичні компанії, що використовують тканини для виробництва	Висока: високі вимоги до точного контролю вологості для підтримки технологічного процесу	Середній до високий: залежить від специфіки виробничих процесів	Низька: ринок не так насичений	Легка: наявність потреби в спеціалізованих рішеннях
4.	Інтернет-магазини та роздрібні мережі, що продають текстильну продукцію	Інтернет-магазини та роздрібні мережі, що продають текстильну продукцію	Низький до середнього: потреба у великих обсягах рідш	Низька: конкуренція в основному з постачальниками базових рішень	Середня: конкуренція з іншими постачальниками обладнання для зберігання
Які цільові групи обрано: комунальні підприємства, приватні компанії та підрядники.					

Аналіз цільових груп для проекту "Автоматизована система контролю вологості тканин" виявляє різні рівні попиту та готовності споживачів, що дозволяє чітко визначити стратегії для виходу на ринок.

З огляду на різноманітність попиту та конкуренції, проект має можливість ефективно застосувати інновації в усіх зазначених сегментах, особливо за умови адаптації до конкретних потреб кожної цільової групи.

У Таблиці 4.15 визначено варіант розвитку продукту, спрямований на підвищення точності системи. Основною стратегією ринкового охоплення обрано диференційований маркетинг.

Таблиця 4.15. Визначення базової стратегії розвитку

№п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1.	Впровадження автоматизованої системи контролю вологості для виробництва та зберігання тканин	Диференційований маркетинг	Висока точність вимірювання, інноваційність в контролі вологості, простота інтеграції в існуючі системи	Інноваційний розвиток з акцентом на високу якість та адаптацію під різні потреби ринку
2.	Підвищення ефективності роботи системи та вдосконалення технології вимірювання	Фокусування на сегментах з високим попитом (текстильні підприємства, фармацевтичні компанії)	Покращення точності вимірювання вологості, оптимізація процесів виробництва тканин	Лідерство в якості з акцентом на безпеку і точність, максимальна ефективність для специфічних галузей
3.	Розширення лінійки продуктів для нових галузей (хімічна промисловість, фармацевтика)	Географічне та галузеве охоплення	Розширення асортименту, адаптація до нових умов використання, забезпечення специфічних потреб	Диференціація та диверсифікація для зміцнення позицій на нових ринках, розширення географії

Основні стратегії розвитку проекту "Автоматизована система контролю вологості тканин" передбачають підвищення точності продукту, його адаптацію під специфічні потреби різних ринків та галузей, а також інтеграцію з існуючими технологіями виробництва. Вибір стратегії для охоплення ринку, такої як

диференційований маркетинг та фокусування на окремих сегментах, дозволить оптимально адаптувати продукт під конкретні вимоги споживачів.

Ключові конкурентні переваги включають інноваційність в технології контролю вологості та високу точність системи. Стратегія розвитку ґрунтується на інноваційному розвитку продукту, підвищенні якості та надійності, а також розширенні функціональності для різних галузей, що допоможе зміцнити позиції на ринку і забезпечить конкурентні переваги.

Таблиця 4.16. Визначення стратегії конкурентної поведінки

№п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1.	Ні	Компанія планує залучати нових споживачів шляхом диференціації продукту.	Ні	Диференційована
2.	Ні	Компанія націлена на нових клієнтів, які потребують інноваційних рішень для контролю вологості.	Ні	Лідерства

Результати визначення базової стратегії конкурентної поведінки для проекту "Автоматизована система контролю вологості тканин" вказують на те, що проект не є першопрохідцем на ринку, однак компанія орієнтована на залучення нових споживачів шляхом диференціації продукту. У компанії немає наміру копіювати основні характеристики товарів конкурентів, що підкреслює її прагнення пропонувати унікальні рішення для визначення вологості тканин.

Обрані стратегії конкурентної поведінки — диференційована конкуренція та лідерство на ринку — дозволять створити унікальну пропозицію на основі інноваційності і високої якості, що відповідатиме потребам споживачів та дозволить

утримати конкурентні переваги в умовах наявної конкуренції. З такою стратегією компанія зможе ефективно позиціонувати себе на ринку і задовольняти запити нових клієнтів.

Таблиця 4.17. Визначення стратегії позиціонування

№п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1.	Висока точність і надійність системи	Підвищення точності продукту, розширення функціональності	Висока точність виявлення витоків, вдосконалена функціональність	Інновації, надійність, безпека
2.	Простота інтеграції та використання	Розширення географії ринку, вдосконалення системи безпеки	Простота впровадження, підтримка користувачів	Простота, підтримка, ефективність
3.	Підвищення рівня безпеки для кінцевих споживачів	Збільшення безпеки та надійності продукту	Високий рівень безпеки, технічна підтримка протягом усього терміну використання	Безпека, довіра, інноваційність

Поданий підрозділ сприяв визначенню основної стратегії ринкової поведінки компанії, яка окреслює її підхід до взаємодії з ринком.

#### 4.4 Розробка маркетингової програми та планування стартап-проекту

Визначення ключових переваг концепції, має на меті проаналізувати конкурентоспроможність товару, виділивши основні переваги, які товар надає споживачам порівняно з конкурентами. Основні категорії, які можуть бути включені в таблицю для аналізу, можуть виглядати наступним чином: (Таблиця 4.18)

Таблиця 4.18. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами(існуючі або такі, що потрібно створити)
1.	Підвищення якості продукції	Забезпечення стабільного рівня вологості тканини протягом виробничого процесу	Висока точність вимірювання, інтеграція з виробничими лініями, адаптивність до різних типів тканин
2.	Зменшення відходів та браку продукції	Автоматизоване регулювання вологості без необхідності ручного втручання	Повна автоматизація процесу, мінімізація помилок, скорочення часу на контроль та коригування

Розглянувши ключові переваги концепції автоматизованої системи контролю вологості тканин показує, що система здатна вирішити низку критичних завдань. Завдяки високій точності вимірювання вологості, інтеграції з існуючими виробничими процесами та автоматизації контролю, система забезпечує значну

перевагу перед конкурентами, мінімізуючи людський фактор і оптимізуючи виробничі ресурси.

Таблиця 4.19. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Автоматизована система контролю вологості тканин		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1.Автоматизований моніторинг вологості в режимі реального часу	1.Нм	1.Тл
	2. Інтеграція з виробничими лініями та процесами	2.М	2.Тх
	3.Висока точність вимірювань ( $\pm 0,5\%$ )	3.М	3.Е
	4.Адаптивність до різних типів тканин (волокна, матеріали різних товщин)	4.М	4.Вр
	5.Енергоефективність	5.М	5.ОР
	Якість: відповідає стандартам ISO 9001:2015 та ISO 13485:2016		
	Пакування: система поставляється з програмним забезпеченням на флеш-накопичувачі або у вигляді встановленого ПО		
	Марка: HYDROCONTROL SYSTEM		
III.Товар із підкріпленням	До продажу: можливість демонстрації системи на підприємстві клієнта для тестування точності вимірювань та простоти інтеграції		
	Після продажу: в наявності є гарантія на прилад		

Таблиця 4.19 дає детальний опис трьох рівнів моделі товару для автоматизованої системи контролю вологості тканин, починаючи від концепції товару, яка фокусується на основних функціональних можливостях системи, до конкретних характеристик продукту в реальному виконанні. Важливими аспектами є висока точність вимірювань, адаптивність до різних типів тканин і енергоефективність. Підкріплення товару включає можливість тестування системи до покупки та надання гарантії і підтримки після продажу.

Наступним кроком є визначення цінового діапазону для встановлення ціни на цей товар, що передбачає порівняння з цінами конкурентів та оцінку доходів споживачів продукту (таблиця 4.20).

Таблиця 4.20. Визначення меж встановлення ціни

№п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
	120 000 грн	150 000 грн	8 000 000 грн	100 000 – 150 000 грн

В даній таблиці проведений аналіз та визначено діапазон цін для споживачів, враховуючи рівень цін на товари-замінники, цінову політику конкурентів і доходи цільової аудиторії.

Таблиця 4.21. Формування системи збуту

№п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Купівля через дистриб'юторів і представників підприємств	Постачання готових рішень для промислових компаній, навчання користувачів, сервісне обслуговування	Середня	Оптом через дистриб'юторів і пряму реалізацію в промислові компанії

2	Придбання через онлайн-майданчики	Налаштування системи, технічна підтримка	Низька	Продаж через онлайн-платформи та маркетплейси, з можливістю тестування до покупки
---	-----------------------------------	--	--------	---

Для автоматизованої системи контролю вологості тканин оптимальна система збуту включає дві основні стратегії: продаж через онлайн-майданчики для зручності малих та середніх підприємств, а також оптові поставки через дистриб'юторів для великих промислових компаній. Це дозволяє охопити широку аудиторію і забезпечити стабільний попит на продукт.

Таблиця 4.22. Концепція маркетингових комунікацій

№п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
	Інтернет-ресурси, спеціалізовані форуми, вебінари, виставки	Інтернет-	Точність	Підвищити ефективність виробництва завдяки точному контролю вологості	І Рекламне звернення з акцентом на точність та автоматизацію процесу контролю вологості для зменшення відходів та підвищення якості виробництва



У розробці маркетингової програми для автоматизованої системи контролю вологості тканин використано різноманітні канали комунікацій для охоплення цільових клієнтів, включаючи онлайн-ресурси та спеціалізовані форуми. Ключовими аспектами позиціонування є точність і автоматизація процесу, що дозволяє підприємствам зменшити витрати та покращити ефективність виробничих процесів. Концепція рекламного звернення спрямована на акцентування переваг автоматизованого моніторингу для підвищення продуктивності та якості виробів.

### Організація реалізації стартап-проєкту

Календарний план містить основні етапи та терміни реалізації проєкту, а також визначає відповідні витрати на кожному етапі для забезпечення успішної реалізації автоматизованої системи контролю вологості тканин.

Таблиця 4.23. Календарний план реалізації проєкту

№п/п	Зміст етапу	Номер місяця												Собівартість реалізації	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1.	Підготовчі роботи	X	X												800\$
2.	Аналіз вимог		X	X											1100\$
3.	Проектування системи		X	X	X										1150\$
4.	Розробка програмного забезпечення	X	X	X	X	X									1400\$

5.	Виготовленн яапаратної частини				X	X	X									1600\$
6.	Тестування та оптимізація					X	X									900\$
7.	Впроваджен ня системи						X	X								600\$
8.	Оцінка та аналіз результатів						X	X	X							400\$
9.	Знаходження інвести цій							X	X	X						1200\$
10.	Запуск реклами								X	X						1100\$
11.	Коригування системи								X	X	X	X				400\$
12.	Підготовк а звіту та завершен ня проекту										X	X	X			600\$

Поданий календарний план визначає основні етапи впровадження проекту та орієнтовні терміни виконання. Проект починається з підготовчих робіт, які включають визначення загальних цілей, підбір команди, аналіз початкових даних та оцінку ресурсів. Далі реалізується етап аналізу вимог, під час якого визначаються функціональні та технічні характеристики майбутньої системи. Бізнес-модель для цього продукту:

Компанія, що розробляє автоматизовану систему контролю вологості тканин, почне з продажу спеціалізованих сенсорів, датчиків вологості та інших компонентів, які будуть встановлюватися на виробничих лініях для моніторингу стану тканини.

На наступному етапі компанія запропонує платні сервіси для своїх клієнтів, що включають моніторинг рівня вологості в реальному часі, автоматичний аналіз зібраних даних і виявлення аномалій. Клієнти будуть платити за доступ до платформи, а також за саму послугу моніторингу, що дозволить забезпечити постійний дохід.

Компанія також може надавати консультаційні послуги для своїх клієнтів, включаючи технічну підтримку, навчання персоналу, а також регулярні оновлення програмного забезпечення. Ці послуги сприятимуть підвищенню рівня задоволення клієнтів і створять додаткові джерела доходу.

У майбутньому компанія зможе розробляти індивідуальні рішення для специфічних потреб клієнтів, пропонуючи розширені функціональні можливості або адаптуючи систему під конкретні вимоги клієнта. Це дозволить розширити ринок та залучити нові сегменти споживачів.

Це дозволить створити конкурентоспроможний продукт, який зможе задовольнити потреби різних типів підприємств, від виробників тканин до великих промислових підприємств, де точний контроль вологості є критичним для ефективної роботи виробничих процесів.

## **Висновки до розділу 4**

Під час проведення аналізу та заповнення таблиць для стартап-проекту "Автоматизована система контролю вологості тканин" були розглянуті ключові

аспекти, зокрема маркетингові комунікації, конкурентоспроможність, стратегії розвитку та інші важливі елементи. В результаті проведеного аналізу вдалося визначити основні фактори, що впливають на успішну реалізацію проекту, а також визначити стратегії для позиціонування і рекламного спілкування, що є критичними для ефективного виходу на ринок.

SWOT-аналіз дозволив ідентифікувати слабкі та сильні сторони проекту, а також можливості та загрози, які виникають у зв'язку з зовнішнім середовищем. Це дало змогу врахувати ключові фактори ризику і розробити альтернативи розвитку, що сприятимуть зниженню можливих негативних впливів.

Стратегії позиціонування та конкурентної поведінки були обрані на основі глибокого аналізу ринку та вивчення конкурентного середовища. Це дозволило визначити правильні маркетингові тактики для залучення клієнтів та підвищення привабливості продукту. Політика ціноутворення та визначення цінових меж стали ключовими етапами для формування конкурентоспроможної бізнес-стратегії, що дозволить ефективно зайняти нішу на ринку автоматизованих систем контролю вологості. Система збуту була розроблена з урахуванням специфіки закупівельної поведінки цільових клієнтів та оптимальної моделі каналу збуту, що забезпечує ефективну доставку продукції до кінцевого споживача. Комплексний підхід до маркетингової програми дає стартапу можливість ефективно використовувати свої ресурси та бути конкурентоспроможним на ринку технологій для текстильної промисловості. Таким чином, реалізація проекту "Автоматизована система контролю вологості тканин" має великі перспективи, при умові чіткого дотримання розроблених стратегій та адаптації до змінюваного ринкового середовища.

## РОЗДІЛ 5. КОНСТРУКТОРСЬКО-ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Конструктивна схема датчика, яка описує його складові частини, має на меті забезпечити правильне розташування компонентів для ефективної роботи системи. Ось детальніший опис конструкції: корпус датчика випромінювання, блок світлодіодів, блок лінз, кришка з втулками. (рис. 5.1)

*Надається за звернення до авторів*

Рис. 5.1. Креслення датчику випромінювання

Конструкція датчика прийому та випромінювання виглядає так, щоб забезпечити точність вимірювань і ефективно перетворення світлових сигналів в електричні для подальшої обробки. Ось розбір по етапах зборки:

### 1. Блок лінз:

Лінзотримач та лінзи: Блок лінз включає лінзотримач, який утримує лінзи, і самі лінзи, що направляють випромінювання на певну точку або область.

Встановлення в корпус: Блок лінз вставляється в корпус, насаджується на спеціальний виступ, що забезпечує правильне розташування. Це важливо для точного фокусування випромінювання, щоб воно спрямовувалося на об'єкт контролю.

Клей УП-5-233: Для фіксації блоку лінз використовують епоксидний клей УП-5-233, який забезпечує надійне склеювання, особливо важливе для стабільної роботи при зміні температурних і механічних умов.

### 2. Блок світлодіодів:

Світлодіоди повинні бути розташовані рівно над лінзами, що гарантує правильне поширення світла. Це необхідно для досягнення точних і однорідних вимірювань, особливо коли мова йде про контроль вологості або інших властивостей об'єкта.

Приклеювання світлодіодів: Блок світлодіодів також фіксується на клею УП-5-233, що гарантує надійність і довговічність з'єднання.

### 3. Кришка з гумовими втулками:

Кришка закриває датчик, забезпечуючи захист внутрішніх компонентів від пилу та вологи. Вона також має спеціальні отвори для гумових втулок.

Втулки та припоювання: Гумові втулки дозволяють правильно і надійно ввести шлейфи для подальшого підключення. Після того, як шлейфи вставлені, їх можна припаювати до відповідних контактів з використанням припою ЕД-20.

#### 4. Датчик прийому:

Корпус датчика прийому: Як і для датчика випромінювання, для датчика прийому використовуються аналогічні компоненти, що захищають чутливі елементи від навколишнього середовища.

Блок фотодіода: Блок фотодіода є ключовим елементом датчика прийому, оскільки він перетворює світлові сигнали в електричні.

Лінза: Лінза фокусується на прийомі світла і забезпечує ефективне отримання сигналу.

Кришка: Як і в датчику випромінювання, кришка служить для механічного захисту і для фіксації інших елементів.

Зібрані таким чином датчики забезпечують високоточні вимірювання завдяки правильно підібраним компонентам і точній схемі монтажу.

Датчик складається з корпусу, блоку фотодіода, лінзи і кришки.

*Надається за звернення до авторів*

Рис. 5.2. Креслення датчику приймання

Короткий аналіз того, як це працює: (рис. 5.3)

#### 1. Датчик прийому:

Лінза та лінзотримач: Лінза, розміщена в лінзотримачі, дозволяє фокусувати випромінювання від світлодіодів. Її правильне встановлення є критичним для точності вимірювань.

Епоксидний клей УП-5-233: Клей використовується для надійного кріплення лінзи та блоку фотодіода. Важливо, що клей має характеристики холодного застигання, що дозволяє легко контролювати процес монтажу без додаткових термічних впливів.

Припаювання шлейфу: Припаювання шлейфу до контактів фотодіода з використанням припою ЕД-20 дає надійне з'єднання, яке забезпечує коректну передачу сигналів від фотодіода до подальших елементів схеми.

## 2. Корпус датчика:

Алюмінієвий сплав АК12: Вибір цього матеріалу для виготовлення корпусу датчика зумовлений його легкістю та достатньою механічною міцністю. Алюміній також має добрі антикорозійні властивості, що важливо для довговічності датчика.

Отвори для кріплення: Два отвори в корпусі дозволяють надійно кріпити датчик до каретки, що забезпечує стабільність і точність позиціонування при вимірюваннях.

## 3. Каретка:

Структура каретки: Каретка складається з корпусу та двох втулок. Одна втулка є плоскою і рухається по направляючій, а інша має різьбу для загвинчування гвинта, що дозволяє точно переміщати каретку.

Матеріали для каретки: Каретка виготовляється з того ж алюмінієвого сплаву АК12, що і корпус датчика, що забезпечує сумісність і стабільність конструкції.

Зносостійкість втулок: Для втулок обраний бронзовий сплав, що має високу зносостійкість і може витримувати тертя без значного зниження якості. Це критично для довговічності механізму каретки, оскільки рухлива частина контактує з іншими елементами та потребує тривалого ресурсу без зниження точності руху.

## 4. Функціональність та довговічність:

Вибір бронзи для втулок має важливе значення, оскільки цей матеріал дозволяє знизити рівень зношування в механізмах, що забезпечує стабільну роботу протягом тривалого часу. Це дуже важливо для механізмів, які часто піддаються навантаженням і тертю, забезпечуючи точність і стабільність вимірювань.

Загалом, дана конструкція є ефективною завдяки поєднанню надійних матеріалів і ретельно спланованої механічної частини, що сприяє довговічності, точності вимірювань та легкості в обслуговуванні.

*Надається за звернення до авторів*

Рис. 5.3. Креслення каретки

Рух тканини здійснюється за допомогою двигунів ткацького верстату, які здійснюють рівномірну подачу матеріалу.

Продуктивність ткацького верстату характеризується кількістю тканини, що виготовляється за певний період часу. Одиницями вимірювання продуктивності є погонні метри (м) та квадратні метри (м<sup>2</sup>).

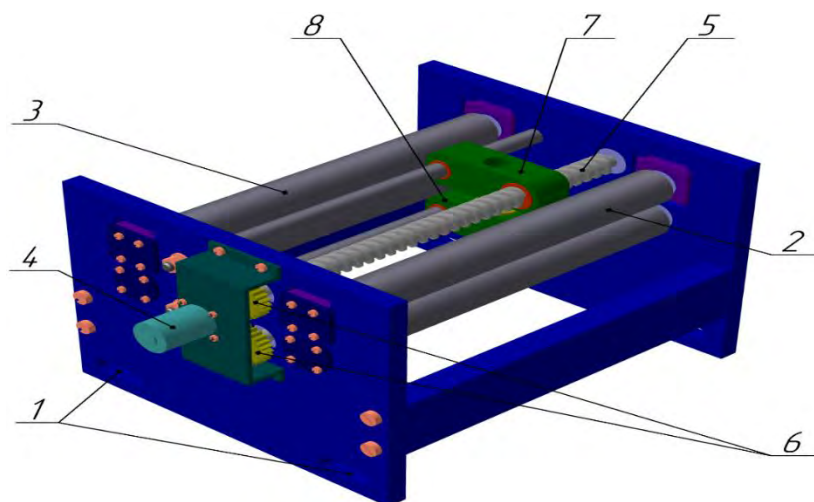
Теоретична продуктивність ткацького верстату в погонних метрах, тобто продуктивність підрахована без урахування зупинок верстата. (Табл.5.1)

Таблиця 5.1

марка верстату	продуктивність верстату		число обертів головного валу, об/хв
	м/год	мм/с	
АТ-100-5М	13,2	3,7	240
П-105	21,12	5,87	400
СТБ-330	27,5	7,6	200

### 5.1. Методика контролю

Методика контролю базується на інтеграції механічних та електронних компонентів для автоматизованого моніторингу процесу ткацтва. Ось покроковий опис процесу:





#### Рис. 5.4. Секція вимірювання вологості

Методика контролю базується на інтеграції механічних та електронних компонентів для автоматизованого моніторингу процесу ткацтва. Ось покроковий опис процесу:

1. Установка секції вимірювання:

Секція встановлюється на виході готової тканини з ткацького верстату.

Закріплюється за допомогою гвинтів до станини верстату.

2. Процес протягування тканини:

Тканина, що виготовлена на верстаті, протягується між двома парами валиків секції. Після цього запускається ткацький верстат, а потім секція вимірювання вологості.

3. Запуск системи та налаштування:

На екрані монітора з'являється запит на введення граничних значень вологості.

Після введення коректних значень запускається двигун, який приводить в рух гвинти через шестерні та зубчасті колеса. Каретки випромінювання та приймання починають рухатися, здійснюючи вимірювання вологості тканини.

4. Метод вимірювання вологості:

Вимірювання здійснюється методом проходження світла ОК. Два потоки випромінювання формуються з двох світлодіодів, зсунуті в часі та модуляції за експоненціальним законом. Після взаємодії з тканиною, світлові потоки перетворюються в фотоелектричні сигнали, які порівнюються з максимально допустимим рівнем.

5. Аналіз і порівняння сигналів:

Часові інтервали від перетину сигналу з максимально допустимим рівнем для опорного та вимірювального потоків порівнюються. Різниця в цих інтервалах пропорційна вологості тканини.

6. Автоматичний контроль і виведення інформації:

Інформація стану весь час виводиться на екран монітора. Якщо вологість виходить за межі заданих значень, електронний блок зупиняє двигун ткацького

верстату і секції вимірювання, а також сповіщує звуковим сигналом для привертання уваги оператора.

Ця система дозволяє автоматично контролювати вологість тканини, забезпечуючи ефективність і точність в процесі виробництва.

### **Висновки до розділу 5**

У цьому розділі розглянуто конструкцію та принцип роботи автоматизованої системи контролю вологості тканин. Система складається з двох основних компонентів: датчика випромінювання та датчика приймання, які взаємодіють для вимірювання вологості тканини. Описано деталі конструкції датчиків, їх складання, а також використані матеріали, такі як легкий алюмінієвий сплав для корпусу приладу та бронза для втулок, що підвищує зносостійкість системи. Особливу увагу приділено механізму кареток, які забезпечують рух датчиків та вимірювання вологості.

Методика вимірювання вологості базується на проходженні світла ОК, що дозволяє за допомогою двох потоків випромінювання точно визначати рівень вологості. Це дозволяє здійснювати автоматичний контроль без втручання оператора, забезпечуючи високий рівень точності та оперативності вимірювань. Сигнали про стан вологості постійно відображаються на екрані монітора, а при перевищенні допустимих значень система автоматично зупиняє ткацький верстат, що знижує ймовірність пошкодження тканини.

Розрахунок продуктивності верстату дозволяє визначити ефективність процесу виробництва та виводить проект на новий рівень автоматизації, що сприяє значному підвищенню якості та точності виробництва тканин. Завдяки інтеграції системи вимірювання вологості в ткацький процес, підприємства можуть досягти більшої стабільності у виробництві і знизити витрати на дефектні тканини.

Загалом, запропонована автоматизована система контролю вологості є високоефективним інструментом для покращення якості виробництва тканин і підвищення продуктивності на ткацьких верстатах.

## ВИСНОВОК

На сучасному етапі технічного розвитку автоматизація управління технологічними процесами та контроль якості продукції стають невід'ємною частиною діяльності будь-якого промислового підприємства. Текстильна промисловість, яка характеризується високими обсягами випуску продукції та значним рівнем ресурсозатрат, вимагає особливої уваги до впровадження автоматизованих систем контролю. Саме автоматизація дозволяє підвищити ефективність роботи, скоротити витрати та поліпшити якість кінцевої продукції. У даному дипломному проекті було вирішено одну з актуальних задач текстильної галузі — створення системи контролю вологості тканин, що дозволить підвищити ефективність виробництва та якість текстильних виробів.

Під час виконання проекту розроблена автоматизована оптична система контролю вологості, що ґрунтується на використанні сучасних оптоелектронних технологій. Це дозволяє підвищити точність вимірювань та знизити витрати на обслуговування системи, що є важливим фактором у сучасних умовах конкуренції. Виконані дослідження підтвердили, що розроблена система відповідає вимогам і забезпечує високу точність контролю вологості текстильних матеріалів.

Одним із ключових досягнень проекту стало глибоке дослідження існуючих методів вимірювання вологості, аналіз спектральних характеристик вологих матеріалів, а також класифікація відомих оптичних вологомірів. Було проведено патентний пошук, що дозволило обрати оптимальні технічні рішення та уникнути можливих порушень прав інтелектуальної власності. За основу для розробки взято найкращі існуючі схеми, що дозволяють досягти необхідної потужності випромінювання світлодіодів, підвищити співвідношення сигнал/шум та чутливість приладу, що спрощує обробку даних та знижує апаратні витрати.

Розроблена система контролю вологості базується на двоохвильовому методі вимірювання. Він передбачає фіксацію різниці інтенсивності випромінювання між двома хвилями — еталонною та аналітичною. Такий підхід дозволяє підвищити

точність вимірювань за рахунок компенсації впливу зовнішніх факторів, таких як температура та освітленість. У результаті, система є надійним інструментом для контролю вологості в реальному часі без необхідності контакту з матеріалом.

В рамках проекту було створено оптичну, структурну та функціональну схеми системи. Це дозволило детально вивчити всі аспекти її роботи та забезпечити необхідний рівень надійності приладу.

Під час проведення аналізу та заповнення таблиць для стартап-проекту були розглянуті ключові аспекти, зокрема маркетингові комунікації, конкурентоспроможність, стратегії розвитку та інші важливі елементи. В результаті проведеного аналізу вдалося визначити основні фактори, що впливають на успішну реалізацію проекту, а також визначити стратегії для позиціонування і рекламного спілкування, що є критичними для ефективного виходу на ринок.

SWOT-аналіз дозволив ідентифікувати слабкі та сильні сторони проекту, а також можливості та загрози, які виникають у зв'язку з зовнішнім середовищем. Це дало змогу врахувати ключові фактори ризику і розробити альтернативи розвитку, що сприятимуть зниженню можливих негативних впливів.

Стратегії позиціонування та конкурентної поведінки були обрані на основі глибокого аналізу ринку та вивчення конкурентного середовища. Це дозволило визначити правильні маркетингові тактики для залучення клієнтів та підвищення привабливості продукту. Політика ціноутворення та визначення цінових меж стали ключовими етапами для формування конкурентоспроможної бізнес-стратегії, що дозволить ефективно зайняти нішу на ринку автоматизованих систем контролю вологості. Система збуту була розроблена з урахуванням специфіки закупівельної поведінки цільових клієнтів та оптимальної моделі каналу збуту, що забезпечує ефективну доставку продукції до кінцевого споживача. Комплексний підхід до маркетингової програми дає стартапу можливість ефективно використовувати свої ресурси та бути конкурентоспроможним на ринку технологій для текстильної промисловості. Таким чином, реалізація проекту "Автоматизована система контролю вологості тканин" має великі перспективи, при умові чіткого дотримання розроблених стратегій та адаптації до змінюваного ринкового середовища.

Завершальним етапом стало проектування конструкторсько-технологічної частини, що включала розробку креслень і документації для серійного виробництва приладу. Було враховано всі аспекти технологічного процесу, що дозволить налагодити ефективне виробництво без значних додаткових витрат.

Підсумовуючи результати виконаного проекту, можна стверджувати, що розроблена автоматизована оптична система контролю вологості є перспективним рішенням для текстильної промисловості. Вона не тільки підвищує якість контролю, але й сприяє зменшенню виробничих витрат за рахунок скорочення часу на перевірку продукції та підвищення її якості. Результати досліджень показують, що впровадження цієї системи може забезпечити значний економічний ефект для підприємств, що займаються виробництвом текстилю, особливо в умовах підвищення конкуренції на ринку.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Aliverti, A. Wearable technology: role in respiratory health // *Breathe*. — 2017.— Vol. 13, No. 2. — P. e27–e36.
2. Mohebbi, M., & Ghassemian, H. A novel ECG denoising method using waveletpacket transform and genetic algorithm-based thresholding // *Biomedical Signal Processing and Control*. — 2011. — Vol. 6, No. 2. — P. 145–152.
3. Heikenfeld, J., Jajack, A., Feldman, B., Granger, S. W., Gaitonde, S., Begtrup, G., & Katchman, B. Accessing analytes in biofluids for peripheral biomarkers // *Nature Biotechnology*. — 2019. — Vol. 37. — P. 407–419.
4. Takahashi, H., Watanabe, K., & Nishimoto, A. A wearable ECG monitoring system for home healthcare // *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*. — 2020. — Vol. 24, No. 4. — P. 958–965.
5. Rogers, J. A., & Bao, Z. Stretchable electronics: from skin-like devices to applications expanding healthcare // *Nature Electronics*. — 2021. — Vol. 4. — P. 518–529.
6. Webster, J. G. *Medical Instrumentation: Application and Design*. — 4th ed.— Hoboken: Wiley, 2018. — 752 p.
7. Tamura, T., & Chen, W. *Wearable Sensors: Fundamentals, Implementation and Applications*. — 2nd ed. — Cambridge: Academic Press, 2019. — 560 p.
8. Holzinger, A., & Jurisica, I. *Interactive Knowledge Discovery and Data Analysis in Biomedical Informatics: State-of-the-Art and Future Challenges*. — New York: Springer, 2014. — 400 p.
9. Sazonov, E., & Neuman, M. R. *Wearable Sensors: Fundamentals and Applications*. — London: Elsevier, 2020. — 656 p.
10. Yang, G. Z. *Body Sensor Networks*. — 2nd ed. — New York: Springer, 2019. — 752 p.
11. А. с. №561896 (СССР). Оптический вологомір/ В. П. Коробцев, Х. С. Тянь, Л. И. Лапенко. Видано. в Б. И., 1977, №22
12. А. с. №561896 (СССР). Оптический вологомір / В. П. Коробцев, Х. С. Тянь. Видано. в Б. И., 1980, №25

13. Берлинер М. А. Електричні вимірювання, автоматичний контроль та регулювання вологості. М. Енергія, 1965. – 350с.
14. Берлинер М.А. Вимірювання вологості. 2-ге вид. М.: Енергія, 1973. – 400 с.
15. Жидецький В.Ц., Джиги рей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці. - Львів: Афіша, 2000. – 350с.
16. Республіка Білорусь/Білоруський національний технічний університет; редкол.: О. К. Гусев [та ін]. - Мінськ: БІТУ, 2017. - С. 74-76.
17. Вимірювання у промисловості. справ. вид. За ред. П. Профосу. Пров. з ним. М: Металургія, 1980. – 648с.
18. Мелкумян В.С. Вимірювання та контроль вологості. - М.: Машинобудування, 1970. - 138с.
19. Сучасні інформаційні технології та системний аналіз у наукових дослідженнях: навч. посіб. Для здобувачів освітнього ступеня доктора філософії спеціальності 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” всіх форм навчання / І. Ю. Черепанська, А. Ю. Сазонов; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 270 с.);
20. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс]: Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ: НТУУ «КПІ», 2016 - 28с.;
21. Petrik, V. Using wireless data transmission in eddy current nondestructive testing / Valentin Petrik, Anatoliy Protasov, Kostiantyn Syeryu, Iuliia Lysenko // Приладобудування - 2017: матеріали 10-ї Міжнародної науково-технічної конференції, 1-3 листопада 2017
22. Козак Ю. А. «Системи автоматизації приладів та вимірювань». – Київ: Либідь, 2018.
23. Åström K. J., Murray R. M. Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers. – Princeton University Press, 2019.

24. В. Ф. Петрик, А. Г. Протасов; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,04 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2015. – 266 с.
25. Тимофєєв А. І., Панкратов А. М. «Сенсори і давачі для вимірювання фізичних величин». – Київ: НТУУ "КПІ", 2017.
26. Fraden J. Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications. – Springer, 2020. • Левченко І. В. «Матеріалознавство текстильних виробів». – Харків: Основа, 2014.
27. Morton W. E., Hearle J. W. S. Physical Properties of Textile Fibres. – Woodhead Publishing, 2008.
28. Гаврилюк М. О., Бойко А. О. «Програмування мікроконтролерів для систем автоматизації». – Львів: БаК, 2020.
29. Johnson, M. et al. "Moisture Detection in Textiles: Advanced Sensor Technologies". – Journal of Sensor Technology, 2021.
30. Popov A. V., Smirnov K. N. "Automated Systems for Monitoring Textile Properties". – Measurement Techniques, 2020.
31. Petryk V. F. Smartphone Based Automated Non-Destructive Testing Devices / V. F. Petryk, A. G. Protasov, R. M. Galagan, A. V. Muraviov, I. I. Lysenko // Devices and Methods of Measurements. – 2020. – 11(4), PP. 272-278. Doi:10.21122/2220-9506-2020-11-4-272-278.
32. Мухітдінов М. Оптичні методи і пристрої контролю вологості / М. Мухітдінов, Е. С. Мусаєв. - М.: Енергоатоміздат, 1986. - С. 96.
33. Behera B. K., Hari P. K. Fabric Testing. – Woodhead Publishing, 2010.
34. Morton W. E., Hearle J. W. S. Physical Properties of Textile Fibres. – Woodhead Publishing, 2008.
35. Mathews J. R. Moisture Measurement and Control in Textile Processing. – Textile Institute, 2001.
36. Fraden J. Handbook of Modern Sensors: Physics, Designs, and Applications. – Springer, 2020.
37. Голубєв В. В. «Методи та прилади контролю вологості». - СПб: Політехніка, 2013.



38. Чуканова Є. І. «Вплив вологості на властивості текстильних матеріалів». - Москва: Легпромиздат, 1987. Легпромиздат, 1987.
39. Алієв В. Г. «Технології автоматизації в текстильній промисловості». - Москва: Машинобудування, 2015
40. Павленко І. М. «Сучасні методи контролю якості текстильних матеріалів». - Київ: Основа, 2019. Åström K. J., Murray R. M. Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers. – Princeton University Press, 2019.
41. Batra S. K. Textile Testing and Quality Control. – Tata McGraw-Hill, 2008.
42. Євстратенко І.Г. Аналіз методів контролю вологості текстильних матеріалів / І.Г. Євстратенко, Р.М. Галаган // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. Серія: Технічні науки. – Київ. – 2016. - №3 (98). – С. 134-140.
43. Статистичні методи визначення залежностей між випадковими величинами [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня доктор філософії за освітньою програмою «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Ю. В. Куц, Ю. Ю. Лисенко. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2023. – 115 с.
44. Баженов В.Г. Електроніка. Лабораторний практикум: навчальний посібник / В. Г. Баженов, Є. Ф. Суслов, Ю. Ю. Лисенко, А.С. Момот; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 70 с.

# ДОДАТКИ