

Центральноукраїнський національний технічний університет
Механіко-технологічний факультет
Кафедра кібербезпеки та програмного забезпечення

”Допущено до захисту”
Завідувач кафедри кібербезпеки
та програмного забезпечення
д.т.н., професор
_____ Олексій СМІРНОВ
“ ____ ” _____ 2024 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти

на тему:

**“ Дослідження та програмна реалізація керування триступеневим
сушінням деревини у камерній сушарці гібридного типу ”**

Виконав здобувач вищої освіти
II курсу, групи КІ-23М _____
ОПП «Комп'ютерна інженерія»
спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»
_____ А.В. Суббота
« ____ » _____ 2024р.

Керівник проекту
кандидат технічних наук, доцент
_____ К.М Марченко
« ____ » _____ 2024 р.

Рецензент _____

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет Механіко-технологічний
Кафедра Кібербезпеки та програмного забезпечення
Освітній ступінь магістр
Галузь знань 12 "Інформаційні технології"
Спеціальність 123 "Комп'ютерна інженерія"
Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма "Комп'ютерна інженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
д.т.н., проф.
_____ Олексій СМІРНОВ
" ____ " _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Субботі Антону Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Дослідження та програмна реалізація керування триступеневим сушінням деревини у камерній сушарці гібридного типу*

2. Керівник роботи *Марченко Костянтин Володимирович, канд.техн.наук, доц.*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу № 19-13 від 07.08.24

3. Строк подання роботи до захисту *15.12.2024 р.*

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи: *Метою роботи є дослідження та програмна реалізація системи управління сушаркою гібридного типу*

5. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

<i>1. Призначення та область використання.</i>	<i>7. Маркетингове та економічне</i>
<i>2. Перегляд аналогічних існуючих систем.</i>	<i>обґрунтування IT-проєкту</i>
<i>3. Опис і обґрунтування проектних рішень.</i>	<i>8. Заходи з охорони праці та техніки</i>
<i>4. Етапи програмування системи.</i>	<i>безпеки.</i>
<i>5. Впровадження системи в промислову експлуатацію.</i>	<i>9. Висновки.</i>

6. *Наукова новизна*

6. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Наукова новизна *1 аркуш*

Структурна схема системи *1 аркуш*

Функціональна схема системи *1 аркуш*

Блок-схема алгоритму роботи *2 аркуша*

Діаграма взаємодії процесів *1 аркуш*

Маркетингове та економічне обґрунтування IT-проєкту *1 аркуш*

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Маркетингове та економічне обґрунтування ІТ-проєкту	Доренська А.О	09.11.2024	17.11.2024
Охорона праці	Марченко К.М., к.т.н., доцент	03.11.2024	21.11.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти	Строк виконання етапів випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти	Примітка
1.	Аналіз існуючих систем	12.10.2024	
2.	Постановка задачі, оформлення ТЗ	18.10.2024	
3.	Розробка моделі компонента	23.10.2024	
4.	Розробка структур даних	25.10.2024	
5.	Розробка алгоритмів зв'язку та відображення	32.10.2024	
6.	Програмування алгоритмів	11.11.2024	
7.	Маркетингове та економічне обґрунтування ІТ-проєкту	13.11.2024	
8.	Розрахунки з охорони праці та техніки безпеки	16.11.2024	
9.	Оформлення ПЗ	18.11.2024	
10.	Попередній захист роботи	04.12.2024	

Дата видачі завдання
«__»_____2024 р.

Підпис керівника

_____ (прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
«__»_____2024 р.

Підпис здобувача

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Суббота А.В. Дослідження та програмна реалізація керування триступеневим сушінням деревини у камерній сушарці гібридного типу. 123 Комп'ютерна інженерія. Центральноукраїнський національний технічний університет. Кропивницький. 2024.

В даній кваліфікаційній магістерській роботі розроблено програмне забезпечення, яке призначено для модернізації та удосконалення лісосушильної камери на ДП «Оникіївський лісгосп» та визначені шляхи підвищення якості управління для підвищення економії енергоресурсів та підвищення точності управління і як наслідок підвищення економічної ефективності та надійності роботи сушильної камери гібридного типу, розроблена сучасна система управління сушильною камерою.

Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи керування сушіння деревини.

Об'єктом дослідження є процес побудови рішень для управління сушарками гібридного типу.

Предметом дослідження є платформи для побудови рішень реалізації керування сушарками камерного типу.

Методи дослідження базуються на методах теорії кодування, методах математичної статистики, методах розробки програмного забезпечення.

Результат роботи – програмна інтерфейсу керування та розробка програмного забезпечення для мікроконтролера.

В процесі роботи над програмною моделлю виконано аналіз існуючих апаратних та програмних засобів. В повній мірі описані всі компоненти розробленого програмного забезпечення.

Розроблено зручний інтерфейс користувача. Наведені інструкції по роботі з програмними засобами.

Програма може використовуватися на ПЕОМ архітектури IBM PC з ОС Windows XP/Vista/7/8/10/11.

Програму розроблено на мові програмування PHP та JS та C++.

Ключові слова: комп'ютерна інженерія, мікроконтролер, дані, веб-ресурси.

КБПЗ_2024

ABSTRACT

Subbota A.V. Research and software implementation of three-stage wood drying control in a hybrid chamber dryer. 123 Computer engineering. Central Ukrainian National Technical University. Kropyvnytskyi. 2024.

In this qualifying master's thesis, software was developed, which is intended for the modernization and improvement of the forest drying chamber at the SE "Onykiiv Forestry", and the ways of improving the quality of management are determined to increase the saving of energy resources and increase the accuracy of management and, as a result, increase the economic efficiency and reliability of the operation of the hybrid type drying chamber , developed a modern drying chamber control system.

The purpose of the development is the research and software implementation of the wood drying management system.

The object of the study is the process of building solutions for managing hybrid dryers.

The subject of research is platforms for building solutions for the implementation of control of chamber-type dryers.

Research methods are based on coding theory methods, mathematical statistics methods, and software development methods.

The result of the work is the control interface software and the development of software for the microcontroller.

In the process of working on the software model, an analysis of existing hardware and software was performed. All components of the developed software are fully described.

A convenient user interface has been developed. Instructions for working with software tools are provided.

The program can be used on PCs of IBM PC architecture with Windows XP/Vista/7/8/10/11.

The program is developed in the programming language PHP /JS and C++.

Keywords: computer engineering, microcontroller, data, web resources.

K6П3_2024

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, СИМВОЛІВ ТА СПЕЦІАЛЬНИХ ТЕРМІНІВ.....	3
ВСТУП.....	4
1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ	7
1.1 Призначення системи.....	7
1.2 Область застосування.....	8
2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ.....	9
2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур та програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським рівнем вищої освіти)	12
2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування.....	37
2.3 Розгорнута постановка завдання	38
3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ.....	40
3.1 Опис функціонування системи.....	40
3.2 Розробка структурної схеми	43
3.3 Розробка функціональної схеми.....	45
3.4 Розробка діаграми процесів.....	47
4 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ВІРНІСТЬ ПРОЕКТНИХ І ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ..	50
4.1 Розробка блок-схем та опис алгоритмів функціонування системи	66
4.2 Захист розробленого програмного забезпечення.....	75
5 ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ	78
6 НАУКОВА НОВИЗНА	84
7 МАРКЕТИНГОВЕ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ІТ-ПРОЄКТУ	86

ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ				
<i>Вим.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Суббота А.В</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Марченко К.М</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Коваленко А.С</i>		
<i>Затверд.</i>		<i>Смірнов О.А.</i>		
Дослідження та програмна реалізація керування триступеневим сушінням деревини у камерній сушарці гібридного типу				
		<i>Піт</i>	<i>Арк</i>	<i>Апквіліє</i>
		1		
ЦНТУ КІ-23М				

7.1	Визначення цільової аудиторії кінцевого готового продукту	86
7.2	Оцінка привабливості шляхом застосування методів експертних оцінок. ..	87
7.3	Вибір методу оцінки вартості ПЗ.....	88
7.4	Розрахунок економічної ефективності від впровадження реалізованого ПЗ як фактору його привабливості.	89
7.5	Пропозиція алгоритму просування проєкту розробки ПЗ.	90
7.6	Оптимізація каналів збуту та шляхів реалізації ПЗ.	92
7.7	Визначення ключових факторів успіху конкретного проєкту.	93
8	ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ.....	79
8.1	Вступ.....	94
8.2	Шкідливі і небезпечні фактори при роботі з комп'ютером.....	95
8.3	Аналіз санітарно-гігієнічних умов праці на робочому місці програміста.....	96
8.4	Розробка заходів з умов поліпшення охорони праці.	99
9	ОСНОВНІ ВИСНОВКИ.....	103
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	106

КБПЗ - 2024

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ, СИМВОЛІВ ТА СПЕЦІАЛЬНИХ ТЕРМІНІВ

АРМ	–	автоматизоване робоче місце
АСУ	–	автоматизована система управління
ДБЖ	–	джерело безперебійного живлення
ДУ	–	дистанційне управління
ЕОМ	–	електронно-обчислювальна машина
ЕФ	–	екранна форма
ЗТО	–	звукова трансляція й оповіщення
ІБ	–	інтелектуальний будинок
ОВК	–	управління опаленням, вентиляцією й кондиціонуванням
ОДС	–	оперативна диспетчерська система
ПДУ	–	пульти дистанційного управління
ПЗ	–	програмне забезпечення
ПЛК	–	програмувальні логічні контролери
ПМО	–	програмно-математичного забезпечення
РК	–	рідкокристалічний
СКК	–	система кабельних комунікацій
ТЗ	–	технічне завдання
МК	–	Мікроконтролер

ВСТУП

Актуальність теми. Сушіння матеріалів - це енергоємний процес, що потребує значних витрат палива, пари та електроенергії. Впровадження сучасної автоматизації та програмного забезпечення дозволяє суттєво скоротити тривалість сушіння й зменшити витрати енергії. Деревину висушують у вигляді пиломатеріалів (дошки, бруси, заготовки), шпону (тонколистового матеріалу), стружки, тріски й волокна, а також у формі круглих лісоматеріалів (наприклад, деталей опор ЛЕП, з'єднань, будівельних конструкцій).

Основні цілі сушіння деревини:

- запобігання зміні розмірів і форми виробів;
- попередження псування та гниття;
- підвищення питомої міцності;
- поліпшення якості обробки та склеювання.

Використання автоматизованих систем забезпечує не лише економічний ефект, але й значний організаційний вплив, підвищуючи кваліфікаційні вимоги до персоналу, рівень організації виробничих процесів, а також ефективність і стиль управління. Рівень автоматизації та програмного забезпечення є важливим показником науково-технічного прогресу країни.

Попри наявність сучасних рішень, розроблених провідними брендами, які відповідають усім вимогам автоматизації процесу сушіння, їх висока вартість робить їх малодоступними. Це, разом зі зношеністю наявного обладнання, ускладнює процес сушіння деревини й вимагає високої кваліфікації працівників і обслуговуючого персоналу.

Мета й завдання дослідження. Метою роботи є дослідження та розробка програмного забезпечення для автоматизованого управління процесом сушіння в триступеневій сушарці деревини.

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		4

Розробка передбачає мінімальні матеріальні витрати, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для оператора, оптимальні технічні характеристики та високу надійність системи.

Для досягнення поставленої мети сформульовано такі завдання:

- проведення огляду існуючих управлінь;
- дослідження та розробка рішень для підтримки роботи сушарки гібридного типу;
- програмна реалізація системи управління з інтеграцією підсистеми безпеки передачі даних.

Об'єктом дослідження є процес створення мікропроцесорної системи управління сушаркою гібридного типу.

Предметом дослідження є методи реалізації мікропроцесорних систем управління.

Методологія дослідження базується на використанні методів теорії кодування, захисту інформації, математичної статистики, а також методів розробки програмного забезпечення.

Наукова новизна отриманих результатів. У процесі виконання завдань, визначених цілями дослідження, були отримані такі результати:

- удосконалено систему управління сушаркою гібридного типу;
- покращено економичну ефективність за рахунок більш точного управління процесом сушіння;
- розроблено вітчизняний продукт для управління сушаркою, який має розширені можливості порівняно з існуючими аналогами.

Практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що розроблені алгоритми забезпечують ефективне вирішення завдань із реалізації процесу сушіння деревени.

Достовірність наукових результатів підтверджується теоретичними викладеннями, даними комп'ютерного моделювання, коректними дослідженнями

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		5

параметрів на функціонуючій обчислювальній мережі, а також відповідністю отриманих результатів аналогам, описаним у науковій літературі.

Таким чином, дослідження та програмна реалізація процесу керування сушіння деревени є актуальним завданням, яке вирішується в межах цієї кваліфікаційної магістерської роботи.

КБПЗ_2024

					БКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		6

1 ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ВИКОРИСТАННЯ

1.1. Призначення системи

Процес триступеневого сушіння потребує точного контролю ключових параметрів, таких як температура та вологість у вакуумній камері, а також вологість матеріалу, що сушиться. Управління процесом здійснюється шляхом регулювання подачі нагрітого повітря і вентиляції, щоб забезпечити необхідний рівень вологості.

Для вдосконалення контролю параметрів у межах випускної кваліфікаційної магістерської роботи передбачено встановлення більшої кількості датчиків температури і вологості як у камері, так і в матеріалі.

Провести детальний аналіз і порівняння методів і технологій для підвищення ефективності сушіння, а також створити програмне забезпечення, що оптимізує технологічний процес і забезпечує його стабільність і надійність.

Щоб мінімізувати похибки вимірювань, спричинені неоднорідністю середовища, планується розрахунок кінцевих параметрів як середнього значення показників із датчиків. Це дозволить не лише точніше, але й швидше реагувати на зміни в процесі сушіння.

Для вимірювань доцільно застосовувати сучасні електронні датчики вологості й температури, які забезпечують високу точність, швидкість і надійність збору даних.

Вирішення задачі управління процесом передбачає розробку мікроконтролерної системи, яка базуватиметься на сучасному мікроконтролері.

Ця система збирає всі ключові параметри роботи сушарки й автоматично регулює процес відповідно до заданої програми.

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		7

1.2. Область застосування

Після аналізу існуючої сушарної установки та виявлення недоліків, зокрема низької точності вимірювання температури й вологості, було змінено підходи та засоби збору технологічних параметрів.

На даний момент температуру в камері вимірюють ртутними термометрами, які є морально застарілими та незручними у використанні. Вологість визначають психометричним методом, який потребує ручного зчитування показників із сухого та вологого термометрів, після чого оператор розраховує вологість за допомогою психометричних таблиць. Цей процес займає багато часу й характеризується значною похибкою, спричиненою такими факторами, як неточність термометрів або людська похибка (наприклад, паралакс). Крім того, цей метод дозволяє отримати значення вологості лише в окремій зоні сушильної камери.

Впровадження електронних датчиків вологості усуває ці недоліки, забезпечуючи швидкість і точність вимірювань. Завдяки цьому відпадає потреба у використанні психометричних таблиць, а також зменшується ймовірність помилок. Аналогічно, цифрові датчики температури, інтегровані в автоматизовану систему, забезпечують швидкий і точний збір даних, які обробляються мікроконтролером. Це підвищує ефективність моніторингу й регулювання параметрів у реальному часі.

Для більш точної та швидкої підтримки оптимальної температури пропонується встановлення сучасного обладнання, контрольованого системою керування мікроконтролером (СКМ). Розроблене програмне забезпечення дозволяє керувати процесом сушіння за допомогою комп'ютера, що значно підвищує точність і автоматизує роботу.

Враховуючи вище зазначене, створення програмного забезпечення для такої автоматизованої системи є актуальним завданням, яке сприятиме покращенню технологічного процесу сушіння деревини.

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		8

2 ПЕРЕГЛЯД АНАЛОГІЧНИХ ІСНУЮЧИХ СИСТЕМ

2.1 Огляд існуючих систем, технологій, архітектур та програмних рішень за профілем теми випускної кваліфікаційної роботи за другим (магістерським рівнем вищої освіти)

Процес сушіння

Сушіння матеріалів є енергоємним процесом, що потребує значних витрат палива, пари та електроенергії. Застосування сучасної автоматики дозволяє скоротити час сушіння та зменшити енергетичні витрати, що підвищує ефективність виробничого процесу.

На підприємствах деревину висушують у різних формах: пиломатеріали (дошки, бруси, заготовки), шпон (тонколистий матеріал), стружка, тріска та волокно. Іноді сушать також круглий ліс, наприклад, деталі опор ЛЕП, будівельні конструкції та з'єднувальні елементи.

У процесі сушіння деревина з природної сировини перетворюється на промисловий матеріал, здатний відповідати широкому спектру вимог, що пред'являються в різних галузях промисловості та побуту. Під час сушіння знижується вологість деревини, що покращує її фізико-механічні властивості.

Зменшення вологості впливає на розмір і форму деревини. Для стабільності цих параметрів у готових виробах вологість деревини доводять до робочого рівня, який відповідає умовам експлуатації. Крім того, суха деревина стійка до ураження грибками та гниття, що робить її значно довговічнішою.

Сушіння також зменшує масу деревини, збільшуючи її міцність. На відміну від сирої деревини, суха деревина легко обробляється, піддається склеюванню й забезпечує високу якість виробів.

Контроль кінцевої вологості є ключовим фактором у процесі сушіння, оскільки від цього залежить якість та експлуатаційні властивості матеріалу.

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		9

Основні цілі сушіння деревини:

- запобігання змінам розмірів і форми деталей;
- захист від псування та гниття;
- збільшення питомої міцності матеріалу;
- покращення якості обробки та склеювання.

Таким чином, сушіння є важливим етапом у перетворенні деревини на повноцінний промисловий матеріал із високими експлуатаційними характеристиками.

Вибір способу сушіння та обладнання

Вибір оптимального способу сушіння та відповідного сушильного обладнання залежить від кількох важливих чинників, зокрема:

- породи та сортименту деревини;
- витрат енергоресурсів;
- необхідної продуктивності;
- умов експлуатації;
- інвестиційних можливостей підприємства.

Використання сушильних камер з енергозберігаючими технологіями є ключовою умовою для забезпечення рентабельності виробничого процесу.

Конвективні сушильні камери

На сучасному ринку близько 90–95% сушильних камер представлені класичними конвективними системами, які використовують різні системи припливно-витяжної вентиляції та типи теплоносіїв (пара чи гаряча вода).

Переваги конвективних камер:

- низька вартість впровадження;
- простота процесу сушіння;
- легкість обслуговування.

Система циркуляції повітря в таких камерах забезпечує необхідну швидкість та рівномірність розподілу сушильного агента по всій поверхні матеріалу. Це важливо для досягнення високої якості сушіння та оптимальної

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		10

його тривалості. Для забезпечення циркуляції використовують відцентрові вентилятори, які здатні працювати у середовищі з підвищеною температурою та вологістю.

Джерела теплової енергії

Теплова енергія для сушарок здебільшого виробляється в котельнях:

- типи теплоносіїв: пара або гаряча вода;
- електрика: використовується рідко через високу вартість, хоча останнім часом зростає кількість сушарок, що працюють на електроенергії.

Типи сушарок:

- традиційні конвективні: найбільш поширені завдяки простоті й доступності;
- вакуумні сушарки: рекомендовані для листяних порід деревини великого поперечного перерізу (50 мм і більше), коли важлива мінімальна тривалість процесу. Вони потребують значних капіталовкладень;
- конденсаційні сушарки: набувають популярності завдяки ефективності використання теплової енергії.

Управління процесом

Контроль параметрів у сушильних камерах зазвичай здійснюється за допомогою психрометрів, а управління процесом - автоматичними системами, що підвищує точність і стабільність роботи обладнання.

Для підприємств, які працюють із листяними породами деревини та мають обмеження за часом, варто розглянути можливість використання вакуумних сушарок, незважаючи на їхню високу вартість. Це дозволить досягти високої якості сушіння за короткий час.

Раніше основний обсяг сушіння деревини виконувався на великих деревообробних та лісопильних підприємствах, які оснащувалися потужними сушильними установками, здатними обробляти до 100 тис. м³ умовного матеріалу на рік. Однак сьогодні значна частина деревини переробляється на невеликих підприємствах, для яких достатньо однієї-двох сушильних камер з

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		11

невеликою вантажопідйомністю.

Меблеві та деревообробні підприємства часто оснащені застарілими сушильними камерами, які перебувають в аварійному стані й не здатні забезпечити високоякісне сушіння деревини. У той же час ринок висуває суворі вимоги до якості продукції з деревини, що зумовлює потребу в модернізації обладнання.

Сучасне обладнання для сушіння деревини забезпечує високу якість процесу завдяки автоматизованим системам управління технологічними процесами. Ці камери є складними технічними комплексами, що потребують кваліфікованого обслуговування.

Якісна сушка деревини є ключовим етапом у виробництві продукції, адже від неї залежить експлуатаційна довговічність та естетичні властивості кінцевих виробів. Низька якість сушіння, спричинена технічною зношеністю обладнання та недостатньою підготовкою персоналу, призводить до нерівномірного розподілу кінцевої вологості. Такий дефект може залишатися прихованим у процесі виробництва, але згодом негативно позначатися на властивостях готової продукції під час експлуатації.

Для забезпечення високої якості виробів з деревини необхідно оновлювати сушильне обладнання, впроваджувати сучасні технології автоматизації й підвищувати кваліфікацію обслуговуючого персоналу. Це дозволить уникнути прихованих дефектів та відповідати сучасним вимогам ринку.

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		12

Методи сушіння деревини

У таблиці 2.1 приведені види і способи сушіння.

Таблиця 2.1 - Види та способи сушіння деревини

Вид сушіння	Сушильні Агенти	Спосіб сушіння	Основні особливості процесів
Конвективно-атмосферне	Повітря	На корені	Сушіння з використанням з сущої сили крони живого дерева
	Повітря	Атмосферна	Сушіння на відкритих складах чи під навісами
Конвективно-теплове	Повітря, Топкий газ, водяна пара і їхні суміші	Газопарова	Сушіння в нагрітому газовому середовищі при атмосферному тиску Газопарове сушіння з додатковим використанням відцентрового ефекту
		Ротаційна Вакуумна У рідинах	Газопарове сушіння при тиску середовища нижче атмосферного Сушіння з використанням нагрітих рідких сушильних агентів
Кондуктивне	Повітря	Кондуктивне	Сушіння з передачею тепла матеріалу за допомогою теплопровідності при контакті із нагрітими поверхнями
Радіаційне	Повітря	Радіаційне	Сушіння передачею тепла матеріалу випромінюванням
Електричне	Повітря	Діелектричне	Сушіння в електромагнітному полі ТВЧ чи СВЧ із передачею тепла матеріалу за рахунок діелектричних втрат
Електричне	Повітря	Індукційне	Сушіння в електромагнітному полі промислової частоти з передачею тепла матеріалу від розташовуваних всередині штабелю феромагнітних шляхів що нагрівають індуктивними струмами.

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат
------	------	----------	--------	-----

БКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ

Арк.

13

Методи сушіння деревини

Класифікація методів сушіння базується на характеристиках теплообміну між деревиною та сушильним агентом. Основними методами сушіння є:

- конвективне - передача тепла через повітря або інший газоподібний агент;
- кондуктивне - передача тепла через контакт із нагрітими поверхнями;
- радіаційне - випромінювання енергії тепловими джерелами;
- електричне - використання електромагнітних хвиль або струму високої частоти.

Мета всіх методів - мінімізація коливань кінцевої вологості деревини, що забезпечує її стабільність і якість.

Вибір методу сушіння, типу обладнання та організації процесу залежить від ряду технологічних і економічних факторів, серед яких:

- вимоги до якості та обсягу висушеної деревини;
- доступність джерел енергії;
- комплектність і технічний стан обладнання;
- умови монтажу сушарки;
- фінансові можливості підприємства;
- наявність кваліфікованого персоналу.

Сушіння в рідинах

У цьому методі як сушильний агент використовують гідрофобні (масла, розплави металів, сірка) або гідрофільні рідини.

Процес подібний до конвективного сушіння при високотемпературному режимі.

Недоліки методу:

- значне зниження міцності деревини;
- виникнення внутрішніх напружень, характерних для високотемпературних способів сушіння.

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		14

Конденсаційний спосіб сушіння:

- цей метод використовує замкнутий цикл сушіння, у якому осушувач циркулює без викидів в атмосферу та без додавання свіжого повітря;
- вологе повітря з камери охолоджується до температури нижче точки роси;
- частина вологи конденсується, а отримане тепло повертається для нагрівання осушувача;
- як холодоагент використовують фреон.

Теоретично цей спосіб має нульові теплові витрати на випаровування вологи, оскільки енергія використовується для:

- нагрівання матеріалу;
- роботи компресорів і вентиляторів;
- компенсації тепловтрат (за допомогою додаткових нагрівачів).

За даними компаній *Hildebrand, Brunner, Vanicek*, конденсаційні сушарки споживають 0,25–0,5 кВт·год на 1 кг випареної води. Це вдвічі менше, ніж витрати енергії традиційних металевих камер.

Конденсаційні сушарки є ефективним рішенням для зменшення енергоспоживання, забезпечуючи високу якість сушіння. Однак вибір методу сушіння залежить від специфіки матеріалу, виробничих потреб та економічних можливостей підприємства.

Атмосферне сушіння

Атмосферне сушіння є найекономічнішим методом, оскільки не потребує великих капітальних витрат, як сушка в камерах, але для його здійснення необхідний значний обсяг матеріалів. Відомо, що деревина, висушена природними умовами, може зберігатися століттями, якщо не буде знову піддана вологістю. Основним недоліком цього методу є відсутність контролю над процесом: в умовах підвищеної вологості можуть виникати грибкові ураження деревини, а на південних територіях - тріщини.

Атмосферне сушіння проводиться у штабелях, розташованих у

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		15

спеціально обладнаних складських приміщеннях. Процес впливає на мікроклімат, в якому повітря має знижену температуру, високу вологість і низьку циркуляцію. Це робить процес тривалим. Деревина сушиться до вологості 12-20% залежно від умов навколишнього середовища, типу та товщини матеріалу. Існують методи прискорення цього процесу, наприклад, завдяки меншій укладці, розташуванню матеріалів відповідно до напрямку вітрів або використанню вентиляторів для примусової циркуляції повітря. Це знижує ймовірність появи дефектів, але одночасно може спричинити збільшення залишкових напружень через зниження вологості повітря.

Камерне сушіння деревини є основним промисловим методом і здійснюється в спеціальних камерах, що можуть мати різну конструкцію та типи вентиляції. Камерне сушіння почало активно розвиватися в 1930-х роках, і на деяких підприємствах використовуються застарілі моделі без вентиляції. Камери можуть бути стаціонарними або мобільними, працювати за принципом природної або примусової циркуляції повітря. Режим сушіння вибирається в залежності від потреб і типу матеріалу, оскільки температура сушіння може впливати на міцність деревини.

Вітрові вентилятори в камерах забезпечують рух повітря, що дозволяє ефективно контролювати процес сушіння. Швидкість циркуляції повітря варіюється в залежності від виду деревини і становить від 1 до 5 м/с. Перевагою камерного сушіння є швидкість процесу і можливість контролю. Водночас, найбільш критичним є перший етап сушіння, який триває 40-45% загального часу, оскільки підвищення температури на цьому етапі може призвести до втрати міцності деревини.

Для пиломатеріалів із твердих листяних порід найбільш оптимальним є низькотемпературне сушіння при температурі до 40°C, що дозволяє контролювати процес і значно скорочує його тривалість порівняно з атмосферним методом.

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		16

Ротаційний спосіб сушіння

Ротаційний спосіб сушіння полягає в механічному зневодненні деревини за допомогою відцентрових сил. Цей процес здійснюється в спеціальних роторних сушарках, де найкращі результати досягаються, коли пиломатеріали або навіть круглий сортимент укладаються по діаметру обертової платформи. При цьому відцентрова сила діє вздовж волокон деревини, що сприяє ефективному зневодненню. Однак, таким чином можна видалити лише вільну воду. Процес дозволяє знизити вологість свіжої деревини до 40-45% за короткий час - 10-20 хвилин, але для деревини з початковою вологістю менше 35% цей метод не є ефективним.

Ротаційне сушіння може замінити перший етап камерного сушіння, який є найбільш енергоємним і тривалим. Техніко-економічні дослідження показали, що комбінація карусельної та камерної сушки може знизити енергоспоживання в 1,5-2 рази та скоротити витрати на сушку на 25-30%. Однак недоліком є громіздкість конструкцій, складність механізмів поворотної платформи та балансування навантаження, через що ротаційні сушарки не здобули широкого застосування.

Вакуумний спосіб сушіння

Вакуумний спосіб сушіння використовує знижений тиск для прискорення процесу, дозволяючи використовувати додаткові резерви сушіння, зокрема градієнти температури, вологості та тиску. Матеріал поміщають у спеціальний автоклав або герметичну камеру, де знижують повітряний тиск. Оскільки температура кипіння води у вакуумі нижча, процес сушіння відбувається при температурах 40-45°C, що дозволяє здійснити інтенсивне, але низькотемпературне сушіння без втрати природних властивостей деревини. Прямий вакуумний метод зазвичай використовується тільки для сушіння до вологості 22%. У поєднанні з іншими методами, такими як кондуктивний чи конвективний, можна досягти потрібної кінцевої вологості і значно скоротити час процесу.

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		17

Вакуумно-кондуктивний метод сушіння передбачає постійне зниження тиску в процесі та контактне нагрівання деревини. Цей метод дозволяє скоротити час сушіння в 3 рази порівняно з традиційним камерним методом. Однак він має свої недоліки: значну трудомісткість вантажно-розвантажувальних робіт, нерівномірність розподілу вологи по товщині матеріалу та високі внутрішні напруги, що обмежує його застосування в промисловості.

Вакуумно-конвективний спосіб сушіння може здійснюватися як із циклічним нагріванням та вакуумуванням, так і при постійному вакуумі. У першому випадку матеріал нагрівається, а потім піддається вакууму. Це дозволяє вивести вільну воду з пор деревини, а пара виводиться під надлишковим тиском. Цей метод скорочує час сушіння в 4-5 разів порівняно з конвективним, зберігаючи високу якість сушіння.

Вакуумно-діелектричний метод сушіння використовує енергію високочастотного електромагнітного поля для нагрівання деревини до 45-50°C в умовах низького вакууму. Це дозволяє значно скоротити час сушіння (в 10-12 разів), зменшуючи різницю вологості по товщині матеріалу та внутрішні напруги. Однак цей метод має високі витрати на обладнання та енергію, а також нерівномірність вологи, що погіршує якість сушіння.

Технологічний процес

Технологічний процес сушіння деревини на цьому підприємстві передбачає застосування трьохступеневого камерного режиму сушіння для різних типів пиломатеріалів. Цей процес охоплює три етапи сушіння, які застосовуються до пиломатеріалів листяних порід (таблиця 2.2), хвойних порід (таблиця 2.3) та модрина (таблиця 2.4). Кожен етап має своє специфічне завдання і оптимальні параметри температури, вологості та швидкості циркуляції повітря, що забезпечує ефективне зневоднення матеріалу при збереженні його природних властивостей.

У таблицях, які зазначені для кожного типу деревини, відображено

конкретні параметри для кожного етапу сушіння, що включають:

- перший етап - попереднє зневоднення, при якому використовуються більш м'які температури і вологість, щоб уникнути появи тріщин і деформацій;
- другий етап - основне сушіння, де температура і вологість підвищуються для інтенсивного зневоднення деревини;
- третій етап - фінальна сушка, що забезпечує досягнення необхідної кінцевої вологості деревини, яка відповідає стандартам для подальшого використання.

Такі трьохступеневі процеси дозволяють більш точно контролювати кожну фазу сушіння, що сприяє збереженню високої якості деревини та мінімізації внутрішніх напруг.

Таблиця 2.2 – Режими сушіння

Індекси режимів	Вологість деревини	Номер режиму і параметри повітря																	
		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
		t	Δt	t	Δt	t	Δt	t	Δt	t	Δt	t	Δt	t	Δt	t	Δt	T	Δt
	>30	82	3	75	3	69	3	63	2	57	2	52	2						
A	30..20	87	6	80	6	73	6	67	5	61	5	55	4						
	<20	108	27	100	25	91	24	83	22	77	21	70	20						
	>30	82	4	75	4	69	4	63	3	57	3	52	3	47	2	42	2	38	2
B	30..20	87	8	80	8	73	7	67	6	61	6	55	5	50	5	45	4	41	4
	<20	108	29	100	28	91	25	83	23	77	22	70	21	62	18	57	17	52	16
	>30	82	6	75	5	69	5	63	4	57	4	52	4	47	3	42	3	38	3
B	30..20	87	10	80	9	73	8	67	7	61	7	55	7	50	6	45	5	41	5
	<20	108	31	100	29	91	26	83	24	77	23	70	22	62	19	57	18	52	17
	>30	82	8	75	7	69	6	63	5	57	5	52	5	47	4	42	4	38	4
Г	30..20	87	12	80	11	73	10	67	9	61	9	55	8	50	7	45	6	41	6
	<20	108	33	100	31	91	28	83	26	77	25	70	23	62	21	57	20	52	18
	>30	82	10	75	9	69	8	63	7	57	6	52	6						
Д	30..20	87	14	80	13	73	12	67	11	61	10	55	9						
	<20	108	35	100	33	91	30	83	27	77	26	70	24						

Додаток до таблиці 2.2.

Порода	Категорія режиму	Товщина пиломатеріалів, мм							
		До 22	від 22 до 32	від 32 до 40	від 40 до 50	від 50 до 60	від 60 до 70	від 70 до 75	від 75 до 100
береза, вільха	н	3-Д	4-Г	4-В	5-В	6-Б	7-Б	8-Б	9-Б
	ж	2-Д	3-Г	3-В	4-В	—	—	—	—
Осіка, липа, тополя	н	3-Г	3-Б	4-Б	5-В	6-В	7-В	8-В	9-В
	ж	2-Г	2-Б	3-Б	4-Б	—	—	—	—
Бук, клен	н	3-В	4-В	5-В	5-Б	6-Б	7-А'	8-Б	—
	ж	2-Г	3-Б	4-В	—	—	—	—	—
Дуб	н	5-Г	6-В	6-Б	7-Б	8-Б	9-В	10-Б	—
	ж	3-Г	4-В	5-В	—	—	—	—	—
Горіх	н	5-В	5-Б	6-Г	6-Б	7-В	8-Б	9-В	—
Граб, ясен	н	6-В	6-А	7-Б	8-Б	8-Б	9-В	10-В	—

Таблиця 2.3 - Трьох ступеневий камерний режим сушіння пиломатеріалів хвойних порід — сосни і кедра (по РТМ)

Вологість деревини, %		Номер режиму для пиломатеріалів товщиною, мм							
		1	2	3	4	5	6	7	9
		до 22	23 і 25	26 і 32	33 і 40	41 і 50	51 і 60	61 і 75	76 і 100
Нормальний режим (Н)									
>35	$t_i \Delta t, ^\circ\text{C}$	83 і 9	79 і 7	79 і 6	75 і 5	73 і 5	71 і 4	64 і 3	55 і 2
35 ... 25	$t_i \Delta t, ^\circ\text{C}$	88 і 14	84 і 12	84 і 12	80 і 10	77 і 9	75 і 8	68 і 7	58 і 5
<25	$t_i \Delta t, ^\circ\text{C}$	110 і 36	105 і 33	105 і 32	100 і 30	96 і 27	85 і 24	85 і 24	75 і 22
Жорсткий режим (Ж)									
>35	$t_i \Delta t, ^\circ\text{C}$	94 і 11	92 і 10	92 і 8	90 і 7	87 і 6	83 і 5	73 і 4	—
35 ... 25	$t_i \Delta t, ^\circ\text{C}$	99 і 16 125	97 і 15	97 і 13	95 і 12	92 і 11	88 і 10	78 і 9	—
<25	$t_i \Delta t, ^\circ\text{C}$	142	123 і 41	123 і 39	120 і 37	115 і 36	110 і 32	98 і 29	—

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат
------	------	----------	--------	-----

БКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ

Арк.

20

Таблиця 2.4 - Трьох ступеневий камерний режим сушіння пиломатеріалів листяних порід з деревини модрина (по РТМ)

Вологість деревини, %	Параметри	Номер режиму для пиломатеріалів товщиною, мм						
		Л1	Л2	Л3	Л4	Л5	Л6	Л7
		до 22	23 і 25	26 і 22	33 і 40	41 и 50	51 і 60	61 і 75
Нормальний режим (Н)								
>35	$t_i \Delta t, ^\circ\text{C}$	70 і 9	70 і 8	70 і 6	65 і 5	60 і 4	80 і 3	60 і 2
35 ... 25	$t_i \Delta t, ^\circ\text{C}$	75 і 15	75 і 15	75 і 15	70 і 10	65 і 9	65 і 7	65 і 5
<25	$t_i \Delta t, ^\circ\text{C}$	80 і 25	80 і 25	80 і 25	75 і 20	70 і 19	70 і 18	70 і 15
Жорсткий режим (Ж)								
>35	$t_i \Delta t, ^\circ\text{C}$	90 і 9	90 і 7	82 і 4	75 і 4	75 і 8	72 і 2	70 і 2
35 ... 25	$t_i \Delta t, ^\circ\text{C}$	98 і 12 112	96 і 11 110	87 і 8	80 і 8	80 і 6	78 і 5	76 і 4
>25	$t_i \Delta t, ^\circ\text{C}$	і 32	і 30	108 і 29	100 і 28	100 і 26	95 і 20	90 і 18

Принцип трьохступеневого режиму сушіння полягає в поетапному збільшенні температури повітря в сушильній камері відповідно до зниження вологості деревини. Кожен етап сушіння передбачає наступне:

- перший етап - на цьому етапі деревина зневоднюється при більш низьких температурах, що дозволяє уникнути деформацій та розтріскування поверхні. Підвищення температури відбувається поступово, що допомагає контролювати рівномірність сушіння та зменшити ризик пошкодження;

- другий етап - коли вологість деревини досягає середнього рівня, температура повітря збільшується, і процес сушіння стає інтенсивнішим. Це дозволяє знизити вологість деревини до рівня, який наближається до кінцевої вологості. Водночас збільшується психометрична різниця, що сприяє прискореному видаленню вологи;

- третій етап - на останньому етапі сушіння температура повітря досягає найвищого значення, що дозволяє довести вологість деревини до бажаного рівня, необхідного для зберігання або подальшого використання.

Після завершення цього етапу деревина має стабільну вологість, що відповідає стандартам для подальшої обробки або застосування в будівництві.

Такий процес дозволяє забезпечити максимальну ефективність сушіння, мінімізуючи ризик пошкодження деревини та гарантуючи її стабільні властивості для подальшого використання.

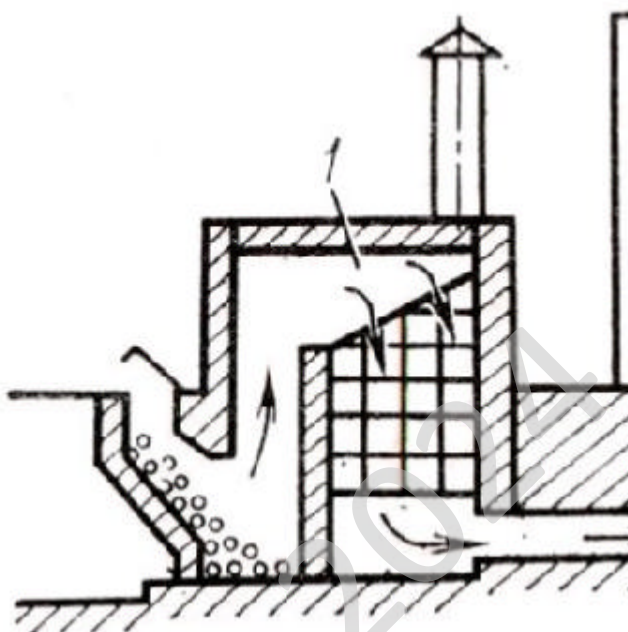


Рисунок 2.1 - Теплогенератор на відходах пиломатеріалів.

Нагрів та підтримка необхідної температури в сушильній камері здійснюється за допомогою трьох теплогенераторів, що працюють на різних джерелах енергії. На рисунку 2.1 зображено один із таких теплогенераторів, який використовує спалювання дров для виробництва тепла.

Принцип роботи цього теплогенератора наступний:

- спалювання дров у камері генератора призводить до виділення тепла;
- це тепло передається трубами, по яких рухається повітря, яке прогрівається в процесі контакту з гарячими поверхнями труб;
- для руху повітря через трубопровід використовується відцентровий вентилятор, який забезпечує циркуляцію нагрітого повітря;
- нагріте повітря подається в сушильну камеру, де забезпечується необхідна температура для ефективного процесу сушіння деревини.

Цей процес дозволяє підтримувати стабільний температурний режим в сушильній камері, що є критично важливим для досягнення оптимальної вологості деревини без ризику її пошкодження.

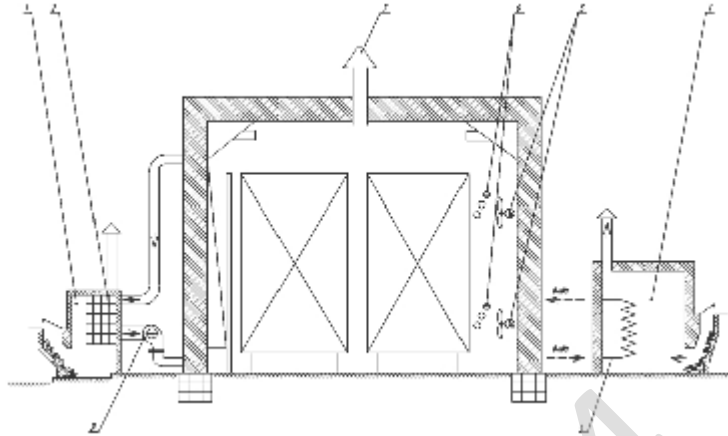


Рисунок 2.2 - Технологічна схема процесу сушіння

- 1 – котел; 2 – труби з повітрям; 3 – відцентровий вентилятор;
 4 – труби з водою; 5 – вентилятор; 6 – радіатори з гарячою водою;
 7 – витяжка.

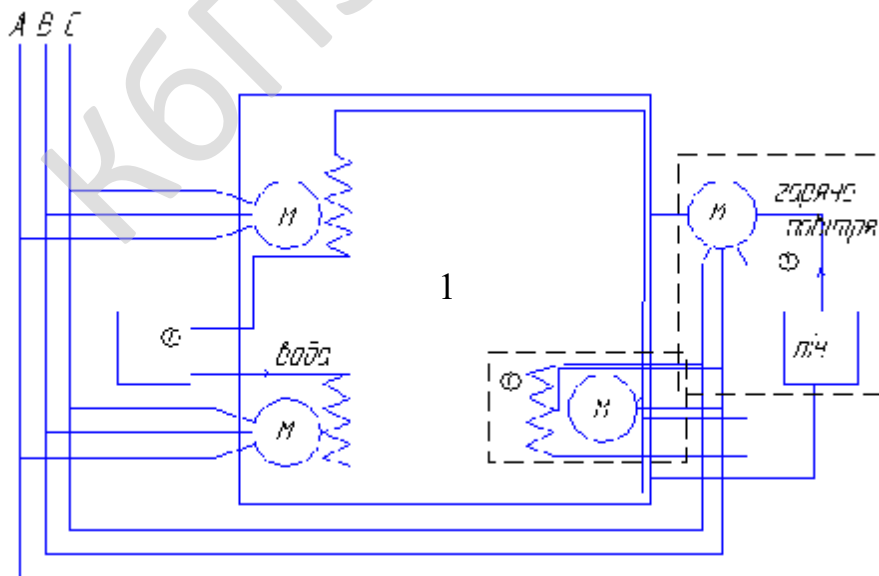


Рисунок 2.3 - Електрична схема живлення електрообладнання.

Другий теплогенератор в сушильному процесі працює на основі водяного котла та двох радіаторів, які обдуваються вентиляторами. Ось як відбувається процес:

- водяний котел нагріває воду, яка циркулює по трубах і поступає до радіаторів;
- вентилятори, які розташовані поряд із радіаторами, забезпечують циркуляцію повітря, яке прогрівається в процесі проходження через радіатори;
- ці два теплогенератори забезпечують грубий контроль температури в сушильній камері, даючи можливість підтримувати середній рівень тепла, що необхідно для процесу сушіння.

Для більш точного регулювання температури використовується третій теплогенератор - електрокалорифер. Він дозволяє швидко й точно змінювати температуру в камері, забезпечуючи підтримання стабільного теплового режиму на всіх етапах сушіння.

Щоб регулювати вологість в сушильній камері, використовуються витяжки. Вони забезпечують відведення надмірної вологості з камери, тим самим контролюючи рівень вологості в процесі сушіння. Ці системи витяжок працюють паралельно з іншими елементами регулювання для підтримки оптимальних умов для деревини.

Волога в деревині є важливим фактором, що визначає її фізичні та механічні властивості. Дерево складається з різних типів рослинних клітин, головним чином подовжених. У деревині хвойних порід основними клітинами є трахеїди, а в листвяних порід – волокна та судини лібриформу. Крім того, присутні серцевинні клітини променів та невелика кількість клітин паренхіми.

Вологість деревини - це співвідношення маси вологи в деревині до її загальної маси, виражене у відсотках. У техніці обробки деревини вологість часто розраховується як відношення маси вологи, що міститься в деревині, до маси деревини в повністю сухому стані [2,98]. Вологість V (у %) визначається в цьому випадку за виразом:

$$W = \frac{m_{\text{вол}}}{m_{\text{сух}}} \cdot 100 = \frac{m - m_{\text{сух}}}{m_{\text{сух}}} \cdot 100, \quad (1)$$

де m — загальна маса проби, г;

$m_{\text{сух}}$ — маса проби в абсолютно сухому стані, г;

$m_{\text{вол}}$ — маса води в пробі, г.

Волога в деревині міститься як у порожнинах клітин, які заповнюють макрокапілярну систему, так і в стінках клітин. Волога, що знаходиться в клітинних порожнинах і міжклітинниках, називається вільною, а в клітинних стінках - зв'язаною або гігроскопічною.

Зв'язана волога в деревині має обмежений вміст. Вона знаходиться в клітинних стінках і утримується завдяки фізико-хімічним зв'язкам. Межа насичення - це стан, коли клітинні стінки деревини досягають максимальної вологості при контакті з рідкою вологою. Гранична вологість насичення (ВМ.Н), яка практично не залежить від породи дерева, становить в середньому 30%.

Якщо вміст води в деревині перевищує ВМ.Н (тобто більше 30%), то деревина містить вільну вологу, яка є у вигляді рідини в порожнинах клітин. Максимальний вміст вільної води залежить від об'єму порожнин клітин і коливається від 60% до 250% в залежності від породи та структури деревини.

Таким чином, вільна вода відповідає за більшу частину води в деревині при високих рівнях води, тоді як зв'язана вода надає деревині стабільність при низьких рівнях води.

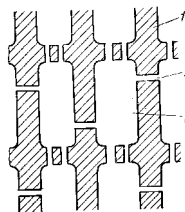


Рисунок 2.4 - Схема макрокапілярної структури деревини

1 — стінка клітки, 2 — пора, 3 — порожнина клітки.

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		25

Деревина зростаючого або свіжозрубаного дерева завжди має вологість, що перевищує рівень вологості насичення, тобто вона є сирою.

Вологість свіжозрізаної деревини залежить від кількох факторів, таких як:

- порода деревини;
- розташування в стовбурі (серцевина чи заболонь);
- пора року

Ці фактори можуть призводити до значних коливань рівня вологості. Середні значення вологості свіжозрізаної деревини наведені в таблиці 2.5.

Характеристики вологості у різних частинах дерева:

- у хвойних порід вологість серцевини та стиглої деревини значно нижча, ніж у заболоні;
- у листяних порід різниці в вологості між серцевиною та заболонню практично не спостерігається.

Це пояснюється тим, що серцевина хвойних дерев більш суха, оскільки це частина, де відбувається основне зберігання води під час росту дерева, а заболонь містить більше води. У листяних порід волога розподіляється більш рівномірно по всьому стовбуру [2,15].

Таблиця 2.5 - Вологість свіжозрубаної деревини

Порода	Вологість, %		
	Ядра чи спілої деревини	З аболоні	середня
Сосна, ялина	30—40	100—120	60—100
	40—50	100—120	50—70
Модрина	—	70—90	70—90
Береза Дуб	50—	70—80	60—80
	80		

Основні способи визначення вологості деревини

Деревина зростаючого або свіжозрубаного дерева завжди має вологість, що перевищує рівень вологості насичення, тобто вона є сирію.

Вологість свіжозрізаної деревини залежить від кількох факторів, таких як:

- порода деревини;
- розташування в стовбурі (серцевина чи заболонь);
- пора року.

Ці фактори можуть призводити до значних коливань рівня вологості. Середні значення вологості свіжозрізаної деревини наведені в таблиці 2.5.

Характеристики вологості у різних частинах дерева:

- у хвойних порід вологість серцевини та стиглої деревини значно нижча, ніж у заболоні;

- у листяних порід різниці в вологості між серцевиною та заболонню практично не спостерігається.

Це пояснюється тим, що серцевина хвойних дерев більш суха, оскільки саме в ній зберігається вода під час росту дерева, а заболонь містить більше води. У листяних порід волога розподіляється більш рівномірно по всьому стовбуру.

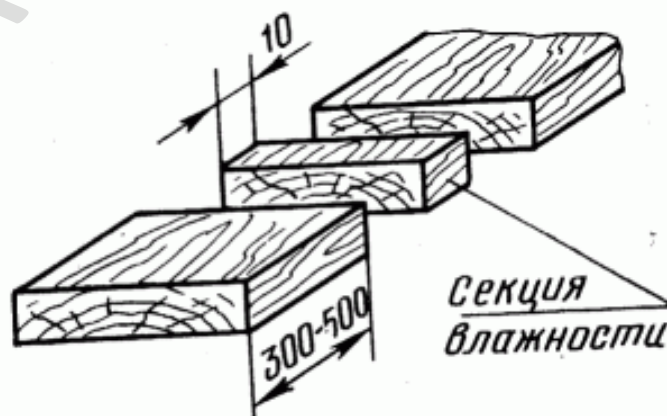


Рисунок 2.5 - Схема вирізки секції вологості з дошки

Постійну вагу приймають рівною її вазі в абсолютно сухому стані $m_{\text{сух}}$. Вологість (в %) розраховують згідно рівняння:

$$W = \frac{m_n - m_{\text{сух}}}{m_{\text{сух}}} \cdot 100 \quad (2)$$

Для визначення вологості деревини одним із найбільш поширених методів є електричний, який заснований на зміні електричних властивостей матеріалу в залежності від його вологості. Ось основні моменти, які слід враховувати при вимірюванні вологості за допомогою електричних гігрометрів:

- принцип роботи: Основою методу є залежність електричного опору деревини від її вологості. Кондуктометричні гігрометри зазвичай використовуються для точного вимірювання вологості в діапазоні від 7% до 30%. Вищі показники вологості можуть призводити до великої похибки.

Прилади

Для вимірювання вологості деревини застосовуються різні електричні вологоміри, такі як ЦНИИМОД-2, EV8-100, ЕВА-2, ЕВА-2М, ЄВА-2ДО. Ці прилади мають датчики у вигляді триконтактних щупів, які вводяться в деревину на всю глибину вздовж волокна.

Фактори, що впливають на точність вимірювань:

- температура матеріалу: При підвищенні температури на 5°C гігрометр може показувати на 0,5% більшу вологість. Тому вимірювання слід проводити при температурі матеріалу близько +20°C для отримання найбільш точного результату;

- температура навколишнього середовища: Вона також може впливати на результат вимірювання;

- характеристики деревини: Вологість різних порід деревини може варіюватися залежно від місця росту, щільності деревини та інших характеристик. Це також необхідно враховувати при вимірюваннях;

- гнізда смоли, дефекти та вологість поверхні: Наявність смоли або дефектів у матеріалі може призвести до неправильної оцінки вологості. Крім того, поверхнева вологість може бути меншою, ніж у серцевині матеріалу.

- градієнт вологості: В процесі сушіння вологість на поверхні матеріалу може бути значно меншою, ніж у серцевині, що також треба враховувати при вимірюваннях;

Тому для точних вимірювань вологості необхідно враховувати всі зазначені фактори, а також використовувати відповідні коригування при використанні різних типів деревини та температурних умов.

Контроль вологості деревини та внутрішніх напружень під час сушіння

Контроль вологості деревини та внутрішніх напружень під час сушіння. Вологість деревини у процесі сушіння контролюють за допомогою контрольних зразків. Для цього з типової дошки партії пиломатеріалів, що завантажується в сушильну камеру, вирізають зразок завдовжки 1–1,2 м. Також із сусідніх ділянок дошки вирізають дві частини для визначення вологості (рисунку 2.6). Після розрізання деталі очищають від нерівностей, зважують на технічних вагах та визначають їх вологість. Початкову вологість (ВП) контрольного зразка розраховують як середнє значення вологості цих двох частин.

Контрольний зразок маркують, зачищають торці й покривають їх густим шаром масляної фарби. Далі зразок зважують на ваговому обладнанні з точністю до 5 г, а отримане значення початкової маси (МП) фіксують у протоколі сушіння або на спеціальній карті [2,56].

У кожному шарі сушильної камери розміщують по 2–3 контрольні зразки, вибираючи зони інтенсивного та уповільненого сушіння.

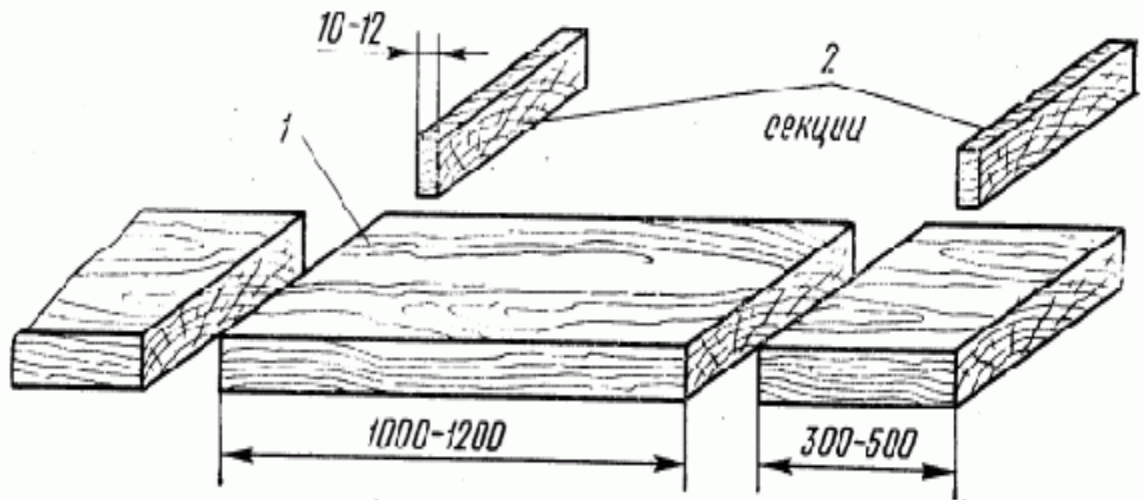


Рисунок 2.6 - Схема випилювання контрольного зразка (1 — контрольний зразок, 2— секції вологості)

Зразки розміщують поблизу торця штабеля або трохи глибше, забезпечуючи легкий доступ для їх вилучення. Вони мають знаходитися на прокладках, не торкаючись поверхні дощок. Над зразками встановлюють спеціальні прокладки з вирізами (рис. 2.7).

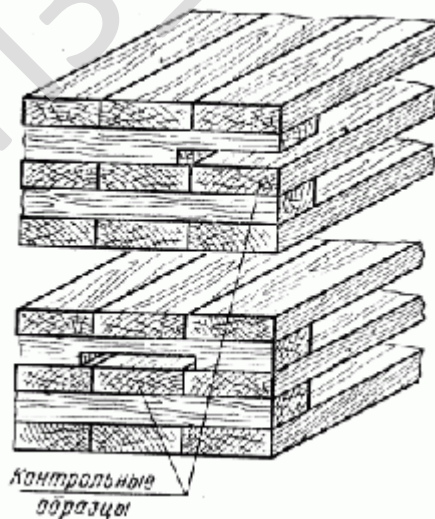


Рисунок 2.7 - Схеми розміщення контрольного зразка в штабелі

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат

Масу абсолютно сухого контрольного зразка розраховують за відомими значеннями початкової вологості та початкової маси за формулою:

$$M_{сух} = \frac{M_{п} \cdot 100}{W_{п} + 100}, \quad (3)$$

Якість сушіння деревини: завершення процесу та ключові показники

Показники якості сушіння:

- видимі дефекти висихання;
- не допускаються зовнішні пошкодження, такі як розтріскування або викривлення;

Типи тріщин:

- зовнішні: виникають через надмірні розтягуючі напруги на початкових етапах сушіння. Профілактика - раціональний режим сушіння;
- внутрішні: з'являються при високих напругах в центрі. Запобігання - дотримання режиму та волого-теплової обробки;
- торцеві: спричинені інтенсивним висиханням торців. Профілактика - обробка торців вологостійкими складами та правильне укладання штабелів;
- радіальні: пов'язані з нерівномірним висиханням у різних напрямках, запобігти їх утворенню неможливо.

Викривлення дощок:

- причина - різниця в усадці деревини у радіальному та тангенціальному напрямках;
- профілактика - сушка в стислому стані, укладання дощок однакової товщини та використання стандартних розпірок;

Середнє значення кінцевої вологості:

- визначається шляхом відбору не менше дев'яти дощок з різних зон висихання;
- з кожної дошки вирізають дві частини, для яких обчислюють вологість;

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		31

- кінцева вологість партії (ВКП) — середнє арифметичне всіх виміряних значень.

Дотримання раціонального режиму сушіння та правильного укладання пиломатеріалів дозволяє мінімізувати дефекти та забезпечити якість обробки деревини.

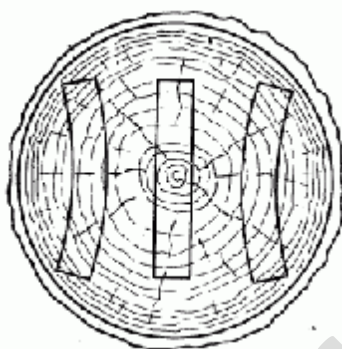


Рисунок 2.8 - Поперечне короблення

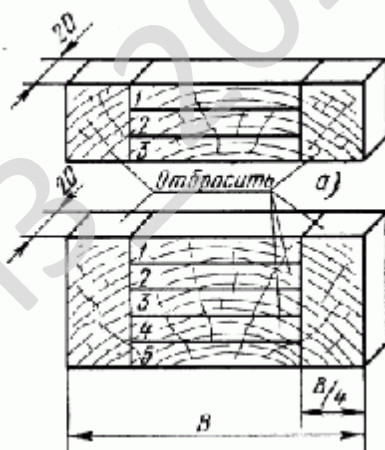


Рисунок 2.9 - Секції пошарової (B-ширина дошки)

Рівномірність кінцевої вологості. Показником рівномірності вважають середнє квадратичне відхилення, що обчислюється по формулі

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (W_i - W_{CP})^2}{n-1}}, \quad (5)$$

де W_i – вологість окремої секції, %;

W_{CP} – середня вологість штабеля, %;

n – число секцій вологості.

Фактична вологість окремих дощок штабеля з імовірністю 95% (у 95 випадках з 100) буде знаходитися в межах $W_{CP} \pm 2\sigma$.

Контроль вологості і залишкових напружень пиломатеріалів

Фактична вологість окремих дощок у штабелі з імовірністю 95% (у 95 випадках зі 100) перебуватиме в межах середнього значення вологості W_{cp} .

Контроль перепаду вологості по товщині. Перепад вологості оцінюється за секціями пошарової вологості, які вирізають поруч із секціями для визначення загальної вологості. Вибрані секції розколюють за схемами:

- для дощок товщиною до 50 мм — за схемою на рис. 2.9 (а);
- для дощок товщиною 50 мм і більше — за схемою на рис. 2.9 (б).

Вологість середнього шару (зваженого окремо) та зовнішніх шарів дає уявлення про зміни вмісту води.

Контроль залишкових напружень. Залишкові напруження визначаються за силовими секціями, які вирізають поруч із секціями пошарової вологості. Вважається, що деревина практично позбавлена залишкових напружень, якщо відхилення зубців секції (у вершині) від нормального положення не перевищує 1,5–2% довжини зубця.

Категорії якості сушіння. Якість сушіння регламентується "Керівними матеріалами по камерному сушінню пиломатеріалів" і визначається за чотирма категоріями:

I категорія:

- сушіння до експлуатаційної вологості для механічної обробки й складання деталей за 12–10 квалітетами (точне машинобудування).

II категорія:

- сушіння до експлуатаційної вологості для обробки й складання деталей за 13–11 квалітетами (меблеве виробництво, автобудування).

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		33

III категорія:

- сушіння до експлуатаційної вологості для обробки та складання деталей за 15–13 квалітетами (вантажне вагонобудування, сільгоспмашинобудування).

Контроль вологості та залишкових напружень у деревині

Різниця у вологості по товщині деревин. Перепад вологості визначають пошаровим аналізом. Для цього з обраних дощок вирізають секції поруч із тими, які використовуються для визначення загальної вологості. Секції розділяють за схемами:

- для дощок товщиною до 50 мм — за схемою на рис. 1.9 (а);
- для дощок товщиною 50 мм і більше — за схемою на рис. 1.9 (б).

Різниця у вологості між середнім шаром і крайніми шарами показує рівномірність розподілу вологи в деревині.

Оцінка залишкових напружень. Для виявлення залишкових напружень у висушеній деревині використовують силові секції, які вирізають поряд із секціями для аналізу вологості. Деревина вважається вільною від залишкових напружень, якщо відхилення ріжучих зубців (у вершині) від нормального положення становить не більше 1,5–2% довжини зубця.

Таблиця 2.6 - Норми вимог до якості сушіння пиломатеріалів і заготівок

Категорія якості сушіння	Середня кінцева вологість деревини, %	Допустимі відхилення кінцевої вологості у партії від середньої, %	Допустимий перепад вологості, %, при товщині пиломатеріалів, мм				Залишкові внутрішні напруження
			13-22	25-40	45-60	70-90	
0	19	+2 4	Не контролюється				Не контролюються
I	6 8	+1,5 ±2	1,5	2,0	2,5	3,0	Не допускаються
II	6 8 10	+2 ±2,5 ±3	2,0	3,0	3,5	4,0	Те ж саме
III	8 10 12 15	±3 +4 +5 ±5	2,5	3,5	4,0	5,0	Не контролюються

Вплив вологості та температури на міцність деревини

Міцність деревини визначається її породою, вологістю та температурою. У процесі сушіння ці параметри змінюються, що безпосередньо впливає на механічні властивості матеріалу.

Вплив вологості

1. Гігроскопічна зона:

- міцність деревини змінюється лише тоді, коли її вологість опускається нижче гігроскопічної зони;

- зниження вологості значно підвищує міцність деревини;

- у діапазоні вологості вище гігроскопічної зони вплив на міцність практично відсутній.

2. Зворотність змін:

- підвищення вологості знижує міцність сухої деревини;

- після висихання деревина відновлює свої початкові показники міцності.

Вплив температури

1. Короткочасний вплив: - невисока температура впливає на міцність зворотно: після зниження температури міцність деревини відновлюється.

2. Тривалий або високотемпературний вплив: - призводить до незворотних змін у структурі деревини, що знижує її міцність навіть після повернення до нормальних умов експлуатації.

Експлуатаційна міцність і міцність під час обробки:

- міцність деревини під час обробки залежить від поточного стану її вологості та температури;

- експлуатаційна міцність визначається після доведення матеріалу до умов експлуатаційної вологості та температури.

Діаграма (рисунок. 2.9) показує межу міцності берези при розтягуванні в тангенціальному напрямку:

- холодна суха деревина має в 15–20 разів більшу міцність, ніж тепла сира;

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		35

- інші механічні властивості, а також зміни міцності у різних порід деревини, можуть суттєво відрізнятися.

Ці особливості необхідно враховувати при сушінні та обробці деревини, щоб забезпечити оптимальну якість і довговічність матеріалу.

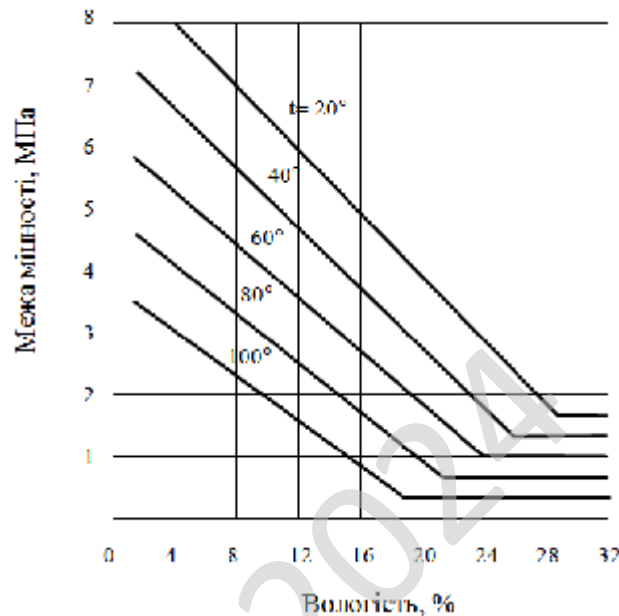


Рисунок 2.9 - Діаграма межі міцності деревини берези при розтягненні поперек волокон в тангенціальному напрямі

Експлуатаційна міцність деревини залежить від її породи, вологості та умов попереднього сушіння. Стандартною характеристикою експлуатаційної міцності є міцність деревини, яка не піддавалася впливу температур вище 60°C і не втрачає свою робочу міцність незалежно від тривалості сушіння. Вплив більш високих температур проявляється, коли тривалість сушіння при температурі 80°C перевищує 40-50 годин, а при температурі 120°C — 2-3 години.

Зниження міцності деревини залежить від породи, вологості, температури та часу сушіння. Наприклад, при інтенсивних процесах сушіння за температури 120-130°C з тривалою витримкою 30-60 годин механічні

властивості деревини знижуються: при розтягуванні, стисненні та статичному згині на 5-8 %, а при розщепленні — на 15-20%.

2.2 Обґрунтування вибору засобів для побудови системи та мови програмування

Після аналізу існуючої установки сушарки та виявлення проблем, зокрема з точністю вимірювання температури та вологості, були змінені методи та засоби збору технологічних параметрів.

На даний момент температуру в камері вимірюють за допомогою ртутних термометрів, які є незручними через моральну застарілість. Вологість вимірюється психометрично: оператор знімає показники з вологого та сухого термометрів і визначає вологість за допомогою психометричних таблиць. Цей метод займає певний час і має значну похибку, зокрема через неточність термометрів та похибку паралакса. Крім того, за допомогою цього методу можна виміряти вологість лише в окремих частинах сушильної камери.

Заміна психометричного методу на використання електронних датчиків вологості дозволяє усунути численні помилки, забезпечуючи більш швидке та точне вимірювання без необхідності застосовувати психометричні таблиці. Також було вдосконалено вимірювання температури: тепер значення температури фіксуються цифровими датчиками, які передають дані до мікроконтролера для обробки, що дозволяє забезпечити високу швидкість і точність обробки інформації.

Для підвищення швидкості та точності регулювання температури в камері пропонується встановити електронагрівач, робота якого контролюється КМС. Крім того, весь процес контролюватиметься за допомогою комп'ютера з розробленим програмним забезпеченням.

Програмний продукт буде реалізовано у вигляді віконної програми. Для розробки додатку обрана об'єктно-орієнтована мова програмування C#, яка

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		37

забезпечує стабільну та швидку роботу. Інтерфейс програми буде створено за допомогою Windows Forms API, а для програмування мікроконтролера вибрана мова низького рівня C++.

2.3 Розгорнута постановка завдання

Згідно з технічним завданням на кваліфікаційну роботу, необхідно реалізувати розробку програмного забезпечення для керування процесом сушіння деревини. Під час розробки проекту передбачено виконання наступних етапів:

а) аналіз існуючих систем-аналогів: потрібно провести порівняльний аналіз наявних систем, щоб виявити їхні сильні та слабкі сторони. Результати аналізу слід врахувати при подальших етапах розробки, щоб уникнути аналогічних помилок та застосувати найкращі практики.

б) вибір методики розробки системи: потрібно вибрати оптимальну методику для розробки програмного забезпечення та системи загалом. Окрім цього, необхідно обґрунтувати вибір та розробити функціональну та структурну схеми системи, що дозволить чітко визначити її компоненти та взаємодії.

в) розробка програмного забезпечення: на цьому етапі слід безпосередньо розробити програмне забезпечення, яке відповідатиме вимогам технічного завдання. Також необхідно побудувати блок-схеми алгоритмів роботи програми та підпрограм, що допоможе візуалізувати логіку її функціонування.

г) організація інтерфейсу користувача: необхідно створити інтерфейс користувача, що дозволить зручно формувати та виводити на екран результати аналізу та тестування. Інтерфейс має бути інтуїтивно зрозумілим та зручним для користувача.

д) розробка рекомендацій: на цьому етапі потрібно розробити рекомендації щодо організаційних та методичних заходів, що забезпечать

успішне впровадження системи в промислову експлуатацію. Також важливо розглянути аспекти її подальшої підтримки та експлуатації.

е) формулювання висновків: в кінці роботи слід підготувати висновки щодо виконаного обсягу робіт та отриманих результатів, що дозволить підсумувати ефективність виконаних заходів та досягнутих результатів.

КБПЗ_2024

					БКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		39

3 ОПИС І ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ

3.1 Опис функціонування системи

Основною метою автоматичного регулювання процесу сушіння є стабілізація його режиму. Для цього використовуються регулятори, які мають забезпечити підтримку заданих параметрів температури та відносної вологості на необхідному рівні. Найчастіше для цього застосовуються стандартні регулятори, тип яких, закон регулювання та налаштування вибираються, враховуючи як статичні, так і динамічні властивості сушильних камер та вимоги до системи регулювання.

Динамічні характеристики об'єкта визначаються через диференціальні рівняння, що описують зв'язок між вхідними та вихідними величинами, або експериментально, якщо отримати рівняння складно. Експериментальне визначення динамічних характеристик можливе при автоматизації вже існуючих установок.

Якщо необхідно визначити динамічні параметри на етапі проектування, використовуються аналітичні методи. Можливість отримати динамічні характеристики на основі технологічних і конструктивних параметрів установки дозволяє не тільки вирішити задачу автоматичного регулювання, але й у деяких випадках впливати на конструкцію самої установки. Це також дозволяє використовувати отримані результати для аналогічних об'єктів інших типів. Застосування комбінації аналітичних та експериментальних методів дає змогу надійно визначити параметри об'єкта.

У процесі розробки кваліфікаційної роботи був створений програмний продукт - віконний додаток для керування процесом сушіння деревини, призначений для підприємства, яке займається сушінням деревини.

Камерне сушіння деревини є складним технологічним процесом, що має

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		40

безліч параметрів із взаємозв'язками між ними та впливом неконтрольованих зовнішніх факторів.

Модель цього процесу можна описати через такі групи параметрів:

1. Група вхідних параметрів ($Ks1$): контрольовані, але нерегульовані технологічні параметри процесу, наприклад, тип і розмір матеріалу, його початкова вологість.

2. Група неконтрольованих вхідних параметрів ($Ks2$): фактори, які не піддаються контролю, як зміна навколишнього середовища, знос обладнання, нерівномірний розподіл матеріалів.

3. Група контрольних параметрів (U): регулюючі впливи, які підтримують заданий режим, такі як кількість теплоти та швидкість циркуляції сушильного агента.

4. Група вихідних параметрів (K): характеризують якість висушеного матеріалу, наприклад, кінцева вологість і величина залишкових внутрішніх напружень.

5. Група вихідних параметрів (E): визначають економічну ефективність процесу, зокрема, тривалість сушіння при збереженні якості та економічності сушильного агрегату.

Для автоматизації процесу сушіння необхідно створити систему, яка забезпечить сушіння в режимі, близькому до оптимального, тобто з максимальними значеннями економічної ефективності, при одночасному досягненні заданих значень вихідних параметрів. Це завдання можна вирішити за допомогою саморегульованих систем, які автоматично вибирають комбінацію параметрів керування для досягнення оптимальних результатів.

На структурній схемі системи автоматичної оптимізації (CAO) процесу сушіння показано, що, крім основних елементів звичайної системи автоматичного регулювання (об'єкта O та регулятора Π), до схеми додається пристрій керування (КП). Цей пристрій аналізує та підтримує оптимальні вихідні значення об'єкта, дотримуючись заданих обмежень. Система CAO

здійснює автоматичний пошук оптимальних параметрів, що включає пробні зміни вхідних параметрів і аналіз їх результатів для корекції режиму сушіння.

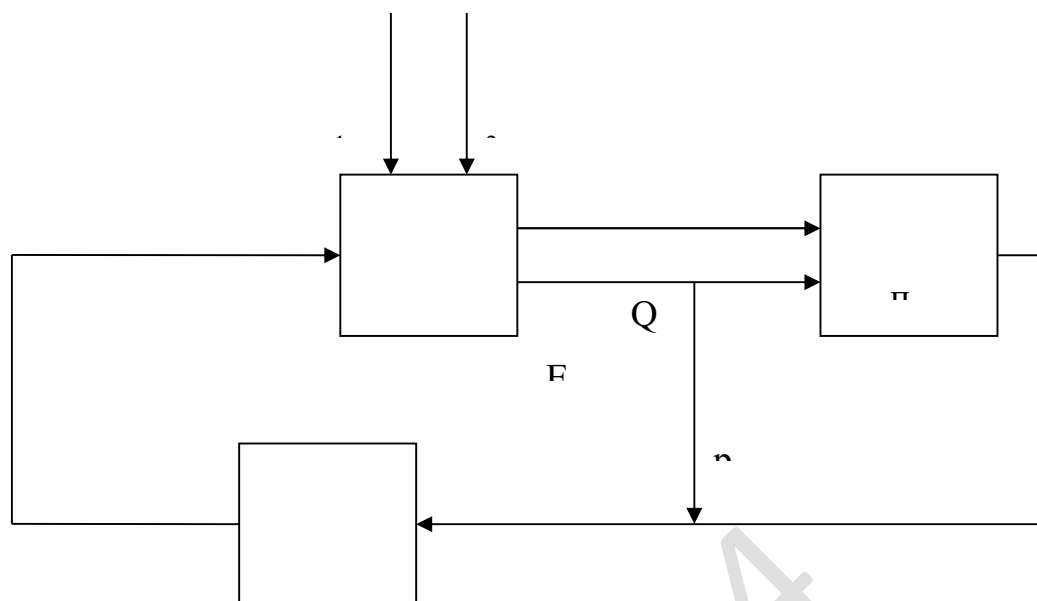


Рисунок 3.1 - Структурна схема системи автоматичної оптимізації :

О – об'єкт регулювання; Р – регулятор; Кп – керуючий пристрій, X_1 , X_2 — вхідні параметри; У — регулюючий вплив; Q, E — параметри об'єкта, що характеризують якість і економічність; Н — обмеження.

Критеріями оптимальності процесу сушіння є вибір одного або кількох початкових параметрів, таких як кінцеві параметри якості матеріалу (К) або економічна ефективність (Е), тоді як інші показники задаються у вигляді обмежень (Н) в рамках системи автоматичної оптимізації (САО). Наприклад, як критерій оптимальності може бути обрана інтенсивність сушіння, а обмеженням буде збереження необхідних показників якості матеріалу під час сушіння. Для ефективної системи автоматичної оптимізації необхідно не лише використовувати стандартні регулятори та засоби автоматизації, але й спеціальні вимірювальні прилади, такі як:

1. Прилади для контролю якості матеріалу: це можуть бути датчики, що вимірюють температуру та вологість деревини, падіння вологості через

товщину матеріалу та внутрішні напруги, що виникають під час сушіння.

2. Прилади для вимірювання енергетичних показників: наприклад, пристрої для обчислення витрат тепла на сушіння або кількість тепла, необхідна для випаровування 1 кг вологи.

3. Прилади для вимірювання швидкості висихання: це можуть бути автоматичні вологоміри з диференційними пристроями, які дозволяють точно оцінювати процес сушіння в реальному часі.

Наявність цих засобів дозволяє більш точно контролювати процес, що необхідно для ефективної оптимізації. Однак, відсутність розроблених методів автоматичного керування та відповідних технічних засобів для їх реалізації значно обмежує можливість створення таких автоматичних систем оптимізації в сучасних умовах .

Систему сушіння, яка використовує лише параметри, що характеризують стан сушильного агента, таких як температура та вологість осушувача, може бути неефективною, оскільки вона не враховує стан деревини, яка висушується (температуру, вологість та інші показники якості). Тому така система не забезпечує задану кінцеву вологість та необхідну якість матеріалу. Для досягнення оптимальних результатів, параметри режиму сушіння повинні бути задані так, щоб забезпечити інтенсифікацію процесу та відповідність вимогам до якості матеріалу. Попри це, системи автоматичного регулювання параметрів осушувача вже активно застосовуються в промисловості і є ефективними в експлуатації.

3.2 Розробка структурної схеми

Структурна схема - це діаграма, що відображає організацію системи шляхом зображення основних об'єктів, блоків або вузлів та взаємозв'язків між ними. Вона дозволяє зрозуміти загальну архітектуру системи та її компоненти, що необхідні для реалізації певної функції. Структурна схема допомагає

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		43

визначити, як взаємодіють різні частини системи, а також які етапи та зв'язки важливі для її ефективної роботи.

Згідно з описом функціонування системи, була розроблена структурна схема, яка представлена на рисунку 3.2. Ця схема ілюструє основні блоки та їх взаємодію, що необхідно для правильного налаштування та оптимізації процесу сушіння.

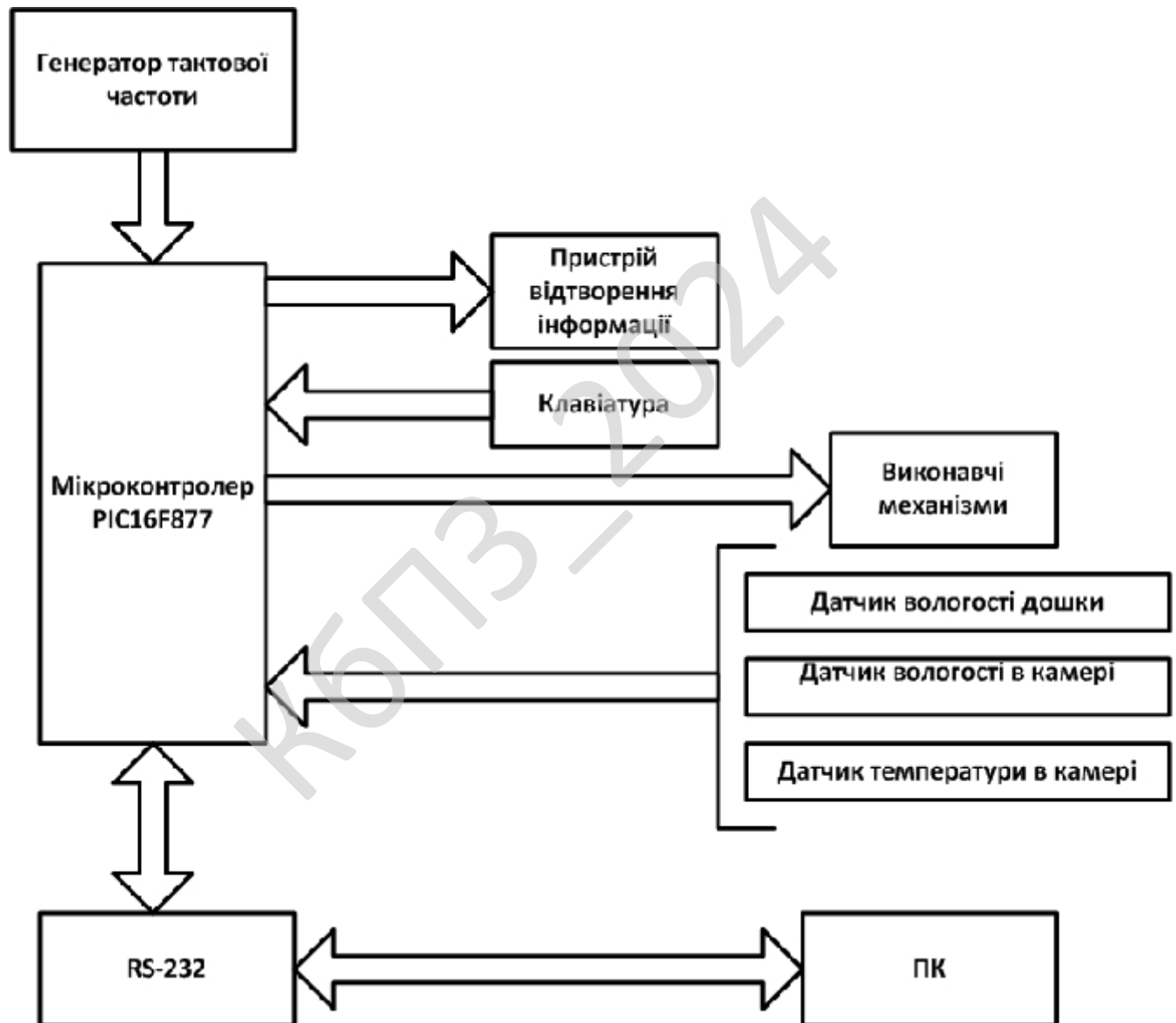


Рисунок 3.2 - Структурна схема керування процесом сушіння деревини

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат

3.3 Розробка функціональної схеми

Функціональна схема автоматизації процесу сушіння деревини описує основну організацію і структуру управління системою. Система складається з декількох ключових компонентів: камери сушіння, вентиляторів, насосів і мікропроцесорного комплексу, побудованого на базі мікроконтролера PIC16F877 та периферійних датчиків для збору технічних параметрів.

Опис роботи системи:

1. Режим очікування: На початку процесу сушіння система знаходиться в режимі очікування, доки оператор не надасть команду для початку сушіння. Після завантаження деревини та її первинного нагріву оператор вводить значення бажаної вологості та температури для кожного етапу сушіння в залежності від породи деревини і її геометричних розмірів.

2. Початок процесу сушіння:

- після введення параметрів оператором система запускає процес сушіння. Увімкнено котельне опалення, гаряча вода надходить в систему теплообмінника, і в сушильну камеру подається тепле повітря.

- мікроконтролер PIC16F877 отримує дані про температуру і вологість у камері сушіння деревини за допомогою датчиків. Він також отримує інформацію від електродного датчика, що контролює стан клапанів вентиляції.

3. Процес сушіння:

- якщо вологість плити $V_d > V_{d.c.1}$, система переходить до першої фази сушіння.

- коли температура в камері наближається до гранично допустимого рівня для поточної фази, контролер відключає опалення котла.

- якщо вологість у камері досягає заданого рівня $V_k > V_{k.c.}$, вимикається витяжний вентилятор, а вентиляційний клапан відкривається. Цей цикл повторюється до завершення поточної фази сушіння.

4. Два види регулювання температури:

					БКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		45

- для грубого регулювання температури використовуються контури нагріву рідинно-повітряної камери.

- для точного регулювання температури мікроконтролер керує електронагрівачем, що забезпечує більш точний контроль.

5. Моніторинг і управління:

- на панелі інтерфейсу відображається поточне значення вологості пластини, температури і вологості в камері, що дозволяє оператору стежити за процесом сушіння.

- якщо вологість у камері стає нижчою за встановлене значення, витяжний вентилятор зупиняється, а вентиляційний клапан закривається, щоб уникнути утворення внутрішніх напруг у деревині, що може призвести до її вигину.

6. Перехід між фазами сушіння:

- після досягнення бажаної вологості матеріалу контролер сигналізує про завершення поточної фази сушіння.

- оператор дає команду для переходу до наступної фази. Коли досягається кінцева вологість, процес сушіння зупиняється, і контролер повідомляє про завершення роботи.

Ця схема дозволяє автоматично контролювати всі етапи процесу сушіння, забезпечуючи точність та ефективність процесу при мінімізації ризиків для матеріалу.

На рисунку 3.3 зображено функціональну схему системи.

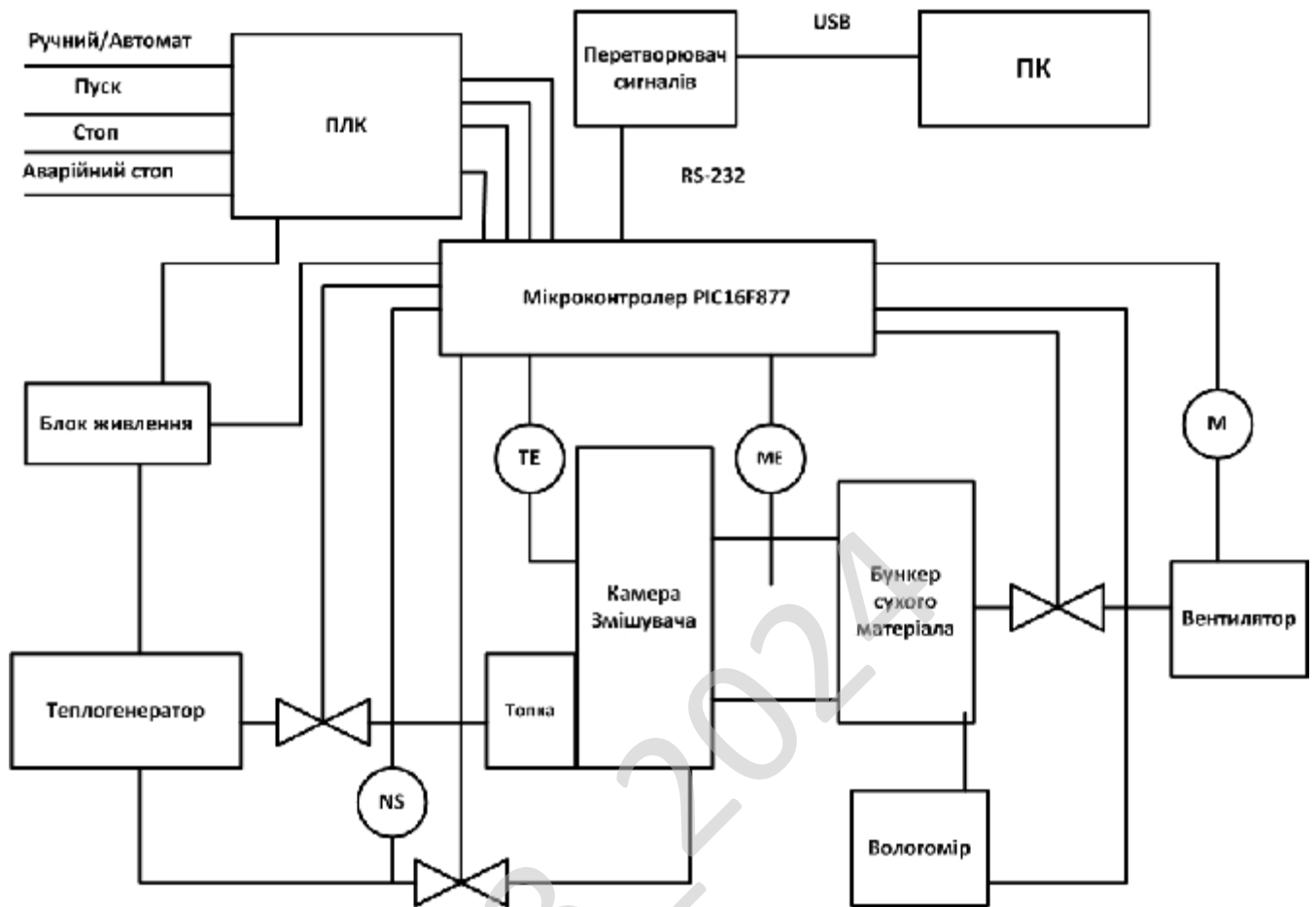


Рисунок 3.3 - Функціональна схема системи

3.4 Розробка діаграми процесів

Діаграма взаємодії процесу є важливим елементом при розробці програмних систем, оскільки вона допомагає візуалізувати, як дані взаємодіють між різними компонентами системи. Вона дозволяє зрозуміти основні процеси обробки даних і з'ясувати, як відбувається перехід даних від одного етапу до іншого.

Основні аспекти діаграми взаємодії процесу:

1. Графічне представлення наборів даних: Діаграма показує, як різні частини даних взаємодіють між собою в межах системи. Вона може включати як абсолютні, так і відносні показники, що дозволяє краще зрозуміти

взаємозв'язки між компонентами.

2. Процеси та потоки даних: Діаграма взаємодії процесу може включати деталі щодо того, як дані проходять через систему, як обробляються, які взаємозв'язки існують між різними процесами та як обробляються потоки даних.

3. Контекстний рівень: На цьому етапі показується загальний вигляд взаємодії системи з її середовищем, де відображаються основні процеси і потоки даних на більш високому рівні. Це допомагає краще зрозуміти, як система взаємодіє з іншими компонентами або користувачами.

4. Деталізація процесів: Згодом, на більш детальному рівні, додаються подробиці, які дозволяють побачити конкретні етапи взаємодії даних, показуючи, які операції виконуються з даними в кожному процесі.

Блок-схема основної програми та підпрограм

Після розгляду діаграми взаємодії процесу важливим кроком є розробка блок-схеми, яка описує основні алгоритми і підпрограми, що використовуються в системі. Блок-схема є графічним відображенням логіки програми, що дозволяє зрозуміти основні етапи обробки даних.

- основна програма: Вона відповідає за загальне управління процесом, ініціалізацію компонентів, обробку даних від сенсорів, обчислення необхідних параметрів і відправку команд до виконавчих пристроїв.

- підпрограми: Ці функції відповідають за більш спеціалізовані операції, такі як вимірювання температури, вологості, управління вентиляцією і контролем опалення, обчислення результатів і їх передача до користувача через інтерфейс.

Розробка таких блок-схем допомагає візуалізувати і зрозуміти основні етапи виконання програмного коду та забезпечує чітке розділення обов'язків між різними частинами системи.

Діаграма взаємодії процесу - на основі наданої інформації, ви можете розробити діаграму взаємодії, яка відобразить:

4 РЕАЛІЗАЦІЯ РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДАНІ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ВІРНІСТЬ ПРОЕКТНИХ І ПРОГРАМНИХ РІШЕНЬ

Під час написання даної кваліфікаційної роботи було розроблено програмний продукт, а саме віконний застосунок, призначений для керування процесом сушіння деревини.

Вибір комплексу технічних засобів

Датчики температури

ТСN75 - програмований температурний датчик з послідовним портом, що формує сигнал на виході INT/СМРTR для контролера, коли навколишня температура перевищує запрограмовану користувачем межу. Вихід INT/СМРTR може бути запрограмований як вихід компаратора для роботи термостата або як вихід запиту переривання по температурі.

Напруга живлення давача може коливатися в межах від 2.7 V до 5.5 V.

Зв'язок з ТСN75 здійснюється через двохпровідну шину, що є сумісною зі стандартним протоколом I2C. Шина дозволяє читати поточну температуру, програмувати межі і гістерезис. При включенні живлення ТСN75 встановлюється в режим компаратора з межевою температурою 80 °С і гістерезисом 5 °С. Режим за замовчуванням дозволяє датчикові працювати в автономних термостатах. Режим малого енергоспоживання може бути встановлений передачею відповідної команди через двохпровідну шину [9,3].

Входи вибору адреси дозволяють вмикати до восьми ТСN75 на одну двохпровідну шину для багатозонного контролю. Усі регістри датчика доступні для читання, а вихід INT/СМРTR - для програмування мікроконтролером. Датчик легко пристосовується до системи керування, тому що дозволяє працювати по опитуванню або перериванню. Невеликі розміри, низька вартість і зручність використання робить ТСN75 ідеальним для побудови складних схем

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		50

систем керування. Значення температури перетворюється внутрішнім АЦП у 8 – розрядний двійковий код.

Допуск АЦП - 1 °С, номінальна швидкість перетворення - 8 вибірок/секунду.

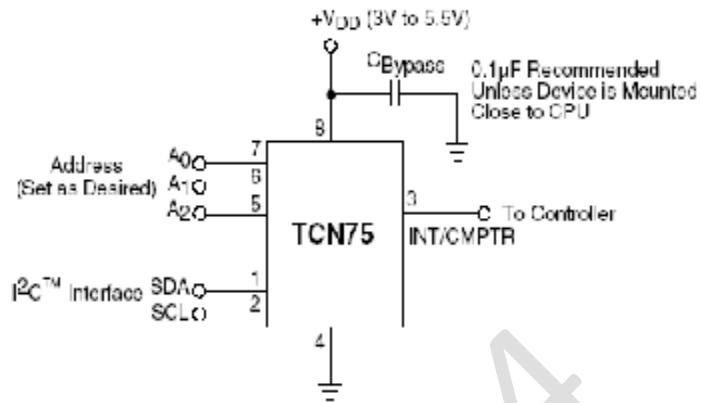


Рисунок 4.1 - Структурна діаграма датчика

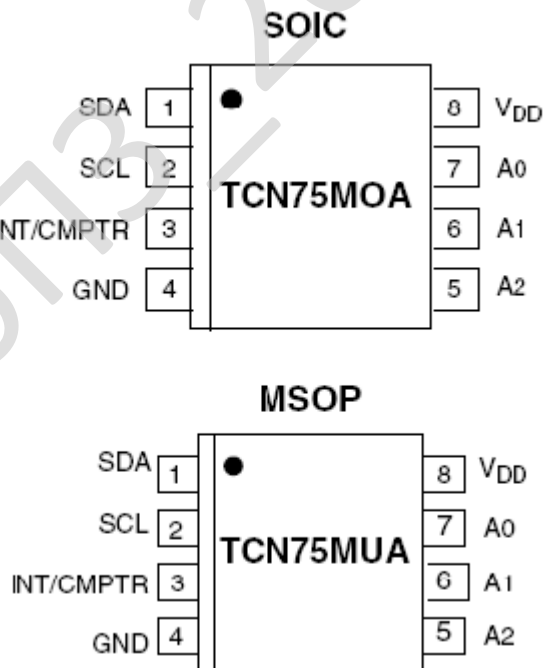


Рисунок 4.2 - Тип корпусу

Таблиця 4.1 - Електрична специфікація датчика

Символ	Парамстр	Min	Тур	Max	Одини- ці виміру	Умови тестува- ння
V _{DD}	Напруга живлення	2.7		5.5	V	
I _{DD}	Струм живлення	- -	0.250 -	- 1.0	mA	* **
A _V	Середній ухил вихідної струму	-	1	-	μA	*
V _{OL}	Вихідна напруга (low)	-	-	0.8	V	I _{OL} =4 mA
I _{OL}	Вихідний струм	-	1	4	mA	
t _{TRP}	Час звітування	1	-	6	t _{CONV}	Задається програмно

Примітка.

* - послідовний порт активовано.

** - послідовний порт неактивовано.

Таблиця 4.2 - Температура/bit конвертор

ΔT	Чутливість	-	±3	-	°C	
t _{CONV}	Час конвертування	-	55	±	мсек.	
T _{SET(PU)}	Значення температури по замовчуванню	-	80	-	°C	При вмиканні
T _{HYST(PU)}	Значення гістирезису по замовчуванню	-	5	-	°C	При вмиканні

Таблиця 4.3 - Інтерфейс двопровідної шини

V_{IH}	Високий логічний рівень (вхід)	V_{DDX} 0.7	-	-	V	
V_{IL}	Низький логічний рівень (вхід)	-	-	V_{DDX} 0.3	V	
V_{OL}	Низький логічний рівень (вихід)	-	-	0,4	V	$I_{OL} = 3mA$
C_{IN}	Вхідна ємність	-	15	-	pF	
$I_{OL(SDA)}$	Струм зовнішнього кола	-	-	6	mA	

Зв'язок з TC74 здійснюється через двопровідний послідовний порт сумісний з SMBus/I2C. Цей же порт, може використовуватися для керування режимом роботи датчика. Біт «SHDN» у регістрі стану дозволяє встановити режим малого споживання. У цьому режимі АЦП відключається, але послідовний порт продовжує функціонувати. Струм споживання мікросхеми 200 мкА (у режимі малого споживання — 5 мкА) [9,5].

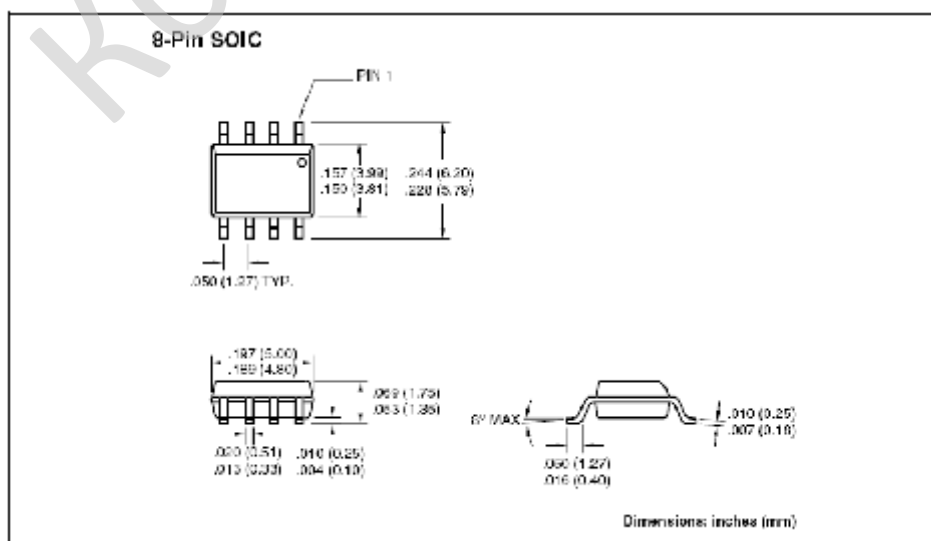


Рисунок 4.4 - Розміри корпусу датчика. Розмірність: дюйми (мм).

Сенсор відносної вологості

Загальні відомості:

НІН-3602 – сенсор відносної вологості в ТО-5 корпусі з гідрофобним фільтром з нержавіючої сталі.

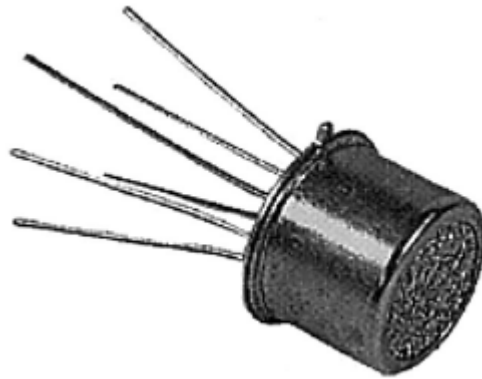


Рисунок 4.5 - Зовнішній вигляд датчика

NIST калібрування

Кожен сенсор НІН-3602 включає специфічне NIST калібрування та роздрук даних.

Структура сенсора

Сенсор складається з планарного конденсатора з другим шаром полімеру для захисту від бруду, пилу, жирів та інших ризиків.

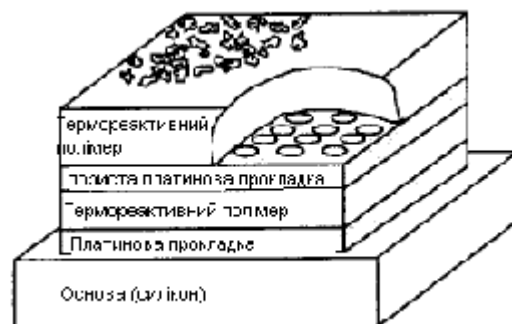


Рисунок 4.6 - Внутрішня будова датчика

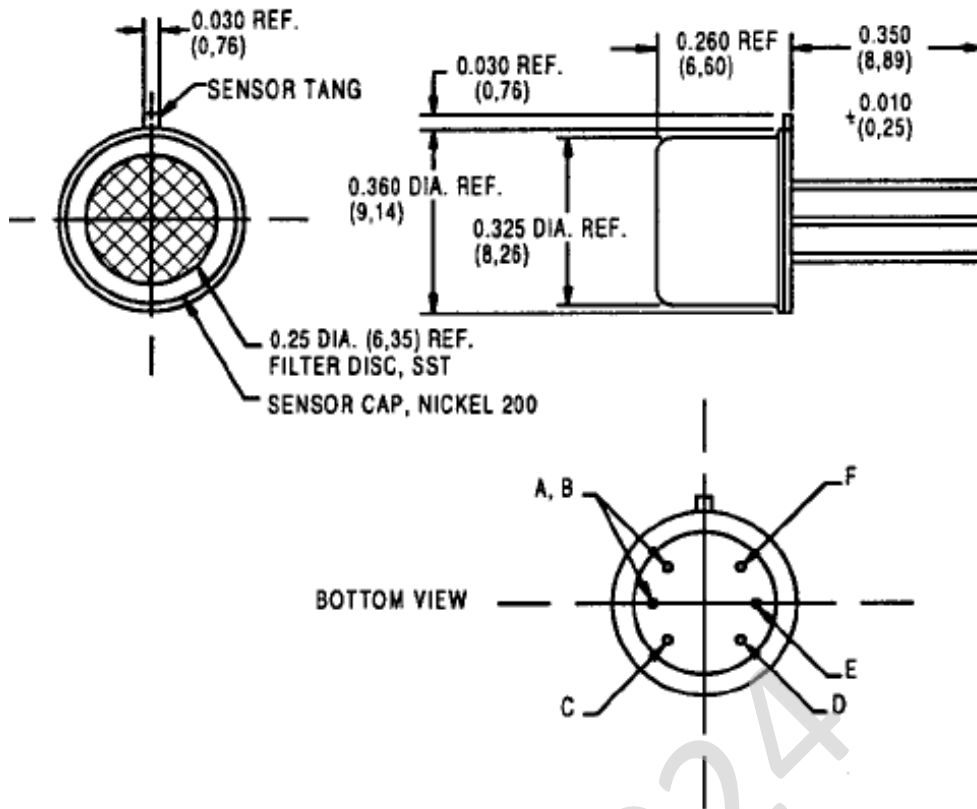


Рисунок 4.7 - Монтажні розміри

Таблиця 4.4 - Внутрішнє з'єднання виводів

A, B	Не використовуються
C	+VDC живлення
D	(-) живлення або земля
E	VDC вихід
F	Заземлення корпусу

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат
------	------	----------	--------	-----

БКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ

Арк.

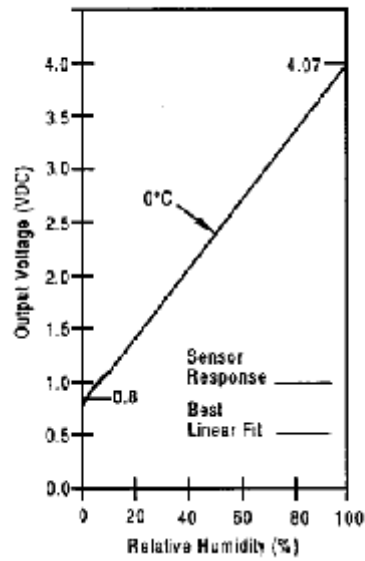
55

Таблиця 4.5 - Специфікація виконання

Похибка RH	$\pm 2\%$ RH, 0-100% RH не конденсується, 25°C, $V_{supply}=5VDC$
Взаємозамінність RH	$\pm 5\%$ RH, 0-60% RH; $\pm 8\%$ RH при 90% RH
Лінійність RH	$\pm 0,5\%$ RH типовий
Гістерезис RH	$\pm 1,2\%$ максимуму діапазона

Повторюваність RH	$\pm 0,5\%$ RH
Час реакції RH	50 сек при повільному русі повітря і при 25°C
Стабільність RH	$\pm 1\%$ RH типовий при 50% RH на протязі 5 років
Вимоги живлення Напруга Струм	4...5,8 VDC, сенсор калібровано при 5VDC 200µA при 5VDC
Вихідна напруга При $V_{supply}=5VDC$	$V_{out}=V_{supply}(0.0062(\text{sensorRH})+0.16)$, типова при 25°C
Температурна компенсація Результат при 0% RH Результат при 100% RH	$RH=(\text{sensorRH})/(1.093-0.012T)$ T в °F $RH=(\text{sensorRH})/(1.0546-0.00216T)$ T в °C $\pm 0.007\%$ RH/°C -0.22% RH/°C
Діапазон вологості Робоча Зберігання	0...100% RH, не конденсується 0...90% RH, не конденсується
Діапазон температур Робоча Зберігання	-40°C...85°C -40°C...125°C
Корпус	ТО-5 з 60µ гідрофобним фільтром з нержавіючої сталі, стійким до конденсації
Поводження	Статичний чутливий діод захищає до 15 kV

OUTPUT VOLTAGE VS RELATIVE HUMIDITY (at 0°C)



OUTPUT VOLTAGE VS RELATIVE HUMIDITY (at 0°C, 25°C, and 85°C)

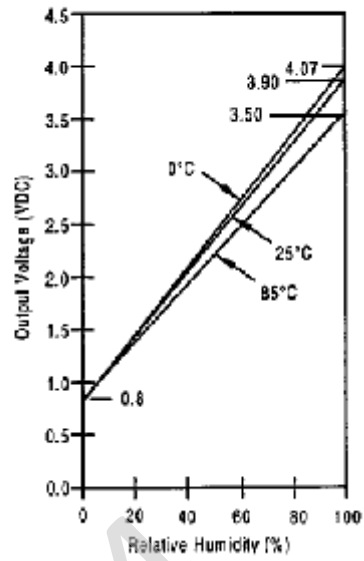
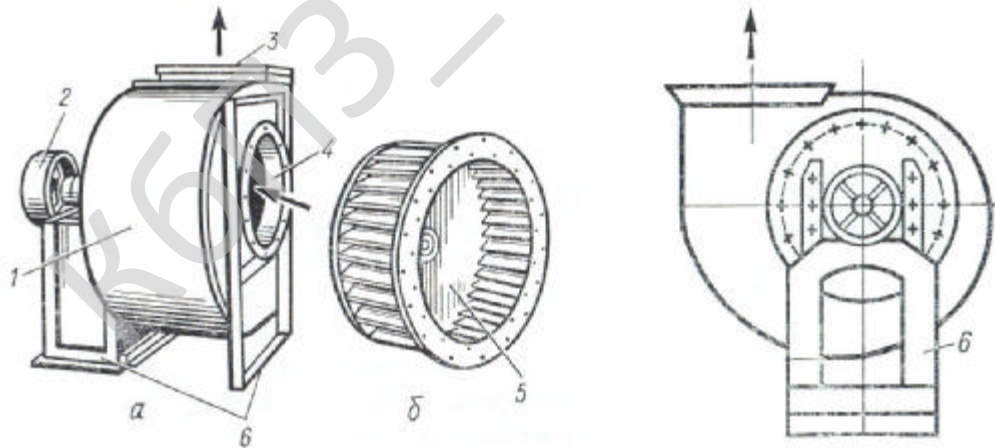


Рисунок 4.8 - Вихідні характеристики

Центробіжний вентилятор



Рисинук 4.9 - Центробіжний вентилятор

Вентилятори представляють собою машини для переміщення повітря. В центробіжних вентиляторах повітря переміщається в колесі що обертається в середині кожуха, в формі барабану з лопатками. Під дією відцентрової сили

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат
------	------	----------	--------	-----

обертаєме повітря намагається переміститись по радіусу між лопатками зовнішнього колеса, потрапляє в корпус, а згодом по розвороту його спіралі нагнітається в примикаючи до нього повітропровід [4,126].

На рисунку 4.9. показано центробіжних вентилятор. Колесо обертається приводом 2, вал якого проходить всередину корпуса. В центрі бокового колеса є циліндричний отвір для кріплення колеса на кінець вала в середині корпуса. Воно повинно обертатись тільки по розвороті спіралі корпусу. Повітря потрапляє в бокову частину корпуса, а виходить з корпуса під кутом 90 градусів. В лісосушильній техніці використовуються вентилятори низького тиску – до 1000 Па.

Електрокалорифер

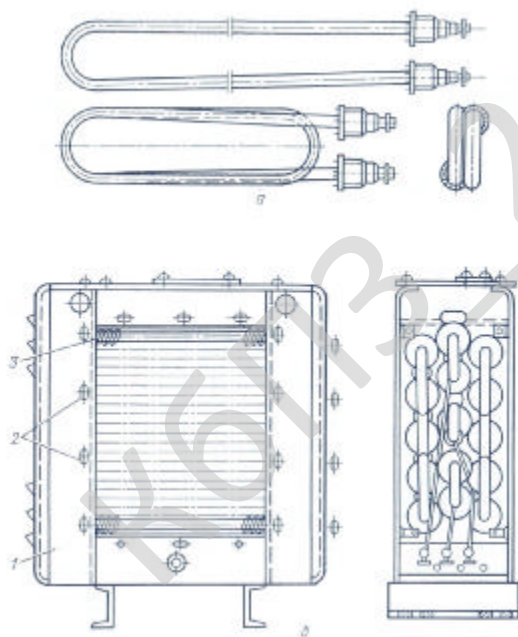


Рисунок 4.10 - Електрокалорифер

Нагрівач складається з U-подібної, або більш складної зігнутої трубки діаметром 10...16 мм. Довжиною в розгорнутому стані 1...2,5 м, в слою електроізоляції якою запресована ніхромовий гріючий дріт діаметром 0,3...0,5 мм і довжиною 8 ... 17 м. габаритні розміри ТЕНів: довжина 0,5 ... 1 м, ширина 50...120мм, товщина (в місці під'єднання до електромережі) біля 20мм, маса

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		58

1...2,5 кг. Таким чином ТЕН – досить компактний нагрівачий елемент. Температура його поверхні 300...350 оС; вона знижується з прискоренням обдування зі збереженням постійної тепловіддачі. Потужність ТЕНів 0,4...5 кВт.

На основі ТЕНів з ребрами і потужністю 1,6 кВт виготовляють компактні електрокалорифери, зокрема ОКБ-3083, ОКБ-3084, ОКБ-3085 потужністю 20, 40, 100 кВт і напругою живлення 380В [4,123].

В лісосушальних камерах можна використовувати опалювальні електрокалорифери СФО потужністю 16...250 кВт, напругою живлення 380В призначені для нагріву повітря до 100 °С.

Циркуляційний насос

Циркуляційний насос - один з найважливіших елементів системи водопостачання. Він змушує рідину циркулювати в замкнутому контурі, що підвищує тепловіддачу в системі опалення. Циркуляційні насоси Grundfos мають просте електричне під'єднання, низький рівень шуму, високоякісні матеріали, низьке енергоспоживання, захист електродвигуна не потрібен, широка номенклатура та широкий спектр використання.

Циркуляційний насос дозволяє підтримувати постійну температуру води в системі горячого водопостачання.

Для циркулювання води в водяному контурі обігріву камери вибираємо циркуляційний насос Grundfos UPS 25-20.



Рисунок 4.11 - Циркуляційний насос

Особливості та переваги:

- довговічні керамічні підшипники;
- зручність монтажу;
- вбудоване теплове реле;
- не потребує технічного обслуговування;
- низький рівень шуму;
- низький рівень енергоспоживання;
- широкий робочий діапазон;
- довгий строк служби;
- однофазне виконання має вбудований модуль захисту електродвигуна.

Технічні дані:

- витрата до: 10 м³/ч;
- напор до: 12 м;
- температура перекачуваної рідини: від -25 С до +110 С₄;
- макс. тиск: 10 бар.

Вибір мікроконтролера

Для виконання поставлених до системи автоматизації вимог вибираємо комплекс побудований на базі мікроконтролера PIC16F877 та засобів вимірювання та індикації стану системи автоматизації.

PIC16F877 однокристальний 8-розрядний FLASH CMOS мікроконтролер компанії Microchip Technology Incorporated. [5,22]

Характеристика мікроконтролера

Високошвидкісна RISC архітектура 35 інструкцій усі команди виконуються за один цикл, крім інструкцій переходів, виконуваних за два цикли. Основні характеристики мікроконтролера PIC16F877 приведені в таблиці 4.6.

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		60

Таблиця 4.6 - Основні характеристики мікроконтролера PIC16F877

Параметр	Опис,
Тактова частота	DC - 20МГц
Скидання (затримка скидання)	POR, BOR (PWRT,
FLASH пам'ять програм (14-розрядних слів)	8К
Пам'ять даних (байт)	368
EEPROM пам'ять даних (байт)	256
Переривань	14
Порти вводу/виводу	Порти А,В,С,D,Е
Таймери	3
Модуль захвату/порівняння/ШИМ	2
Модулі послідовного інтерфейсу	MSSP, USART
Модулі паралельного інтерфейсу	PSP
Модуль 10-розрядного АЦП	8 каналів
Інструкцій	35

- Прямий, непрямий і відносний режим адресації;
 - кидання по включенню живлення (POR);
 - таймер скидання (PWRT) і таймер чекання запуску генератора (OST) після включення живлення
- Сторожовий таймер WDT із власним RC генератором;
- програмований захист пам'яті програм;
 - режим енергозбереження SLEEP;
 - вибір параметрів тактового генератора;
 - високошвидкісна, енергозберігаюча CMOS FLASH/EEPROM технологія;
 - цілком статична архітектура;
 - програмування в готовому пристрої (використовується два виводи мікроконтролера) низьковольтний режим програмування;

- режим внутріньосхемного налагодження (використовується два виводи мікроконтролера);
- широкий діапазон напруг живлення від 2.0В до 5.5В;
- підвищена навантажувальна здатність портів введення/виводу (25ма);
- мале енергоспоживання:
- < 0.6 мА @ 3.0V, 4.0 МГц;
- 20мкА @ 3.0V, 32 КГц;
- < 1 мкА в режимі енергозбереження.

Характеристика периферійних модулів:

Таймер 0: 8-розрядний таймер/лічильник з 8-розрядним програмованим передподільником Таймер 1: 16-розрядний таймер/лічильник з можливістю підключення зовнішнього резонатора.

Таймер 2: 8-розрядний таймер/лічильник з 8-розрядним програмованим передподільником і вихідним дільником.

Два модулі порівняння/захвату/ШІМ (PCP):

- 16-розрядний захват (максимальна роздільна здатність 12.5нс);
- 16-розрядний порівняння (максимальна роздільна здатність 200нс);
- 10-розрядний ШІМ;

Багатоканальне 10-розрядне АЦП

- послідовний синхронний порт MSSP;
- ведучий/відомий режим SPI ;
- ведучий/відомий режим I2C.

Послідовний синхронно-асинхронний прийомопередатчик USART з підтримкою детектування адреси.

Ведучий 8-розрядний паралельний порт PSP з підтримкою зовнішніх сигналів -RD, -WR, -CS

Детектор пониженої напруги (BOD) для скидання по зниженню напруги живлення (BOR) [8,9]

- Електро-технічні характеристики:

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		62

- Гранична робоча температура від -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$;
- Температура зберігання від -65°C до $+150^{\circ}\text{C}$;
- Напруга V_{dd} відносно V_{ss} від -0.3В до $+7.5\text{В}$;
- Напруга $-MCLR$ відносно V_{ss} від 0В до $+14\text{В}$;
- Напруга $RA4$ відносно V_{ss} від 0В до $+8.5\text{В}$;
- Напруга на інших виводах відносно V_{ss} від -0.3В до $V_o+0.3\text{В}$;
- Максимальний струм V_{ss} 300мА ;
- Максимальний струм V_{dd} 250мА ;
- Вхідний замикаючий струм I_{ik} ($V_i < 0$ або $V_i > V_{dd}$) $\pm 20\text{мА}$;
- Вихідний замикаючий струм I_{ok} ($V_o < 0$ або $V_o > V_{dd}$) $\pm 20\text{мА}$;
- Максимальний вихідний струм стоку каналу вводу/виводу 25мА ;
- Максимальний вихідний струм джерела каналу вводу/виводу 25мА ;
- Максимальний вихідний струм стоку портів вводу /виводу $PORTA$, $PORTB$ і $PORTC$ 200мА .

Максимальний вихідний струм джерела портів вводу /виводу $PORTA$, $PORTB$ і $PORTC$ 200мА .

Максимальний вихідний струм стоку портів вводу /виводу $PORTC$ і $PORTD$ 200мА .

Максимальний вихідний струм джерела портів вводу /виводу $PORTC$ і $PORTD$ 200мА .

Мікроконтролер $PIC16F874/877$ випускаються в 40-вивідному корпусі типу: $PDIP40 - 600\text{T}$.

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		63

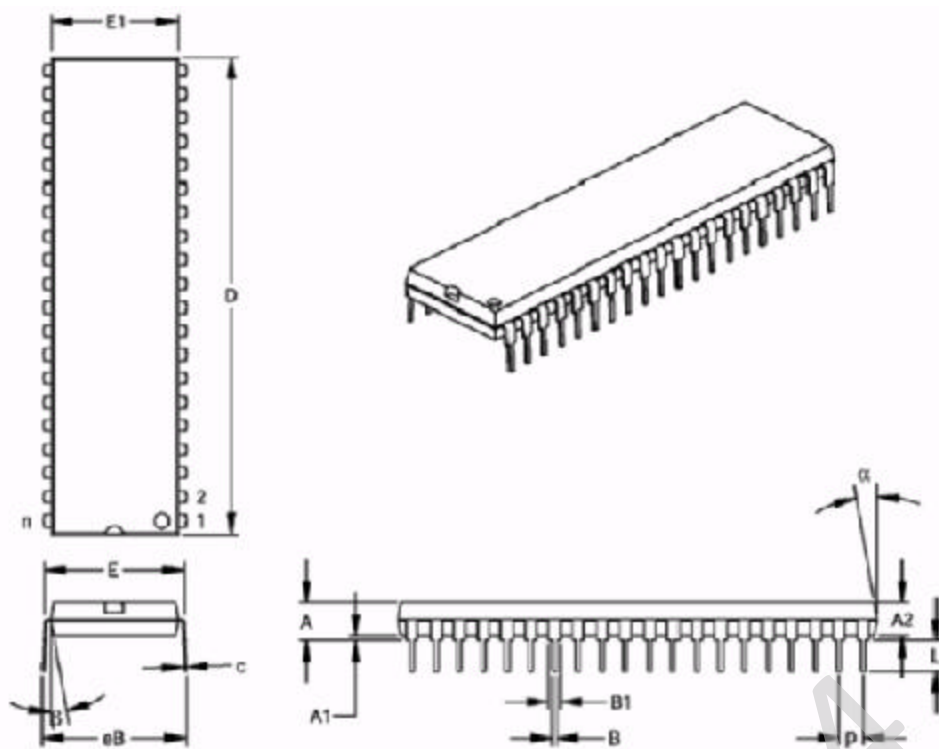


Рисунок 4.12 - Технологічні розміри мікроконтролера PIC16F874/877.

Система команд мікроконтролера

Кожна команда мікроконтролерів PIC16F87X складається з одного 14-розрядного слова, розділеного на код операції (OPCODE), що визначає тип команди й один або трохи операндов, що визначають операцію команди. Команди розділені на наступні групи: байт орієнтовані команди, біт орієнтовані команди, команди керування й операцій з константами.

Для байт орієнтованих команд “f” є покажчиком регістра, а “d” покажчиком адресата результату. Покажчик регістра визначає, який регістр повинний використовуватися в команді. Покажчик адресата визначає, де буде збережений результат. Якщо 'd'=0, результат зберігається в регістрі W. Якщо 'd'=1, результат зберігається в регістрі, що використовується в команді.

У біт орієнтованих командах “b” визначає номер біта задіяного в операції, а “f” - покажчик регістра, що містить цей біт.

У командах керування або операціях з константами 'к' представляє вісім або одинадцять біт константи або значення літералів.

Система команд акумуляторного типу, ортогональна і розділена на три основних групи:

- байт орієнтовані команди;
- біт орієнтовані команди;
- команди керування й операцій з константами.

Усі команди виконуються за один машинний цикл, крім команд умови, у яких отриманий щирий результат і інструкцій значення лічильника команд РС. У випадку виконання команди за два машинних цикли, у другому циклі виконується інструкція NOP. Один машинний цикл складається з чотирьох тактів генератора. Для тактового генератора з частотою 4 МГц усі команди виконуються за 1мкс, якщо умова істина або змінюється лічильник команд РС, команда виконується за 2мкс.

Структура та метрологічні характеристики каналів контролю і регулювання

Система керування має в своєму складі канали вводу/виводу. Всі вихідні канали мають дискретний (логічний) характер і призначені для керування пристроями автоматизації.

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		65

Таблиця 4.7 - Карта сигналів.

№ п/п	Назва параметру	Вид сигналу	Одиниця вимірювання	Номінальне значення	Допустиме відхилення
2	Температура в камері, точка 2	Цифровий	°C	0...90	-
3	Температура в камері, точка 3	Цифровий	°C	0...90	-
4	Температура в камері, точка 4	Цифровий	°C	0...90	-
5	Керування двигуном центробіжного вентилятора	Дискретний	В	"0" - +0..1 "1" - +2,5..5	-
6	Вологість в камері, точка 1	Аналоговий	%	0...100	-
7	Вологість в камері, точка 2	Аналоговий	%	0...100	-
8	Вентилювання в сушильній камері	Дискретний	В	"0" - +0..1 "1" - +2,5..5	-
9	Керування циркуляційним насосом	Дискретний	В	"0" - +0..1 "1" - +2,5..5	-
10	Керування вентиляторами вентиляції камери	Дискретний	В	"0" - +0..1 "1" - +2,5..5	-
11	Регулювання температури в камері	Дискретний	В	"0" - +0..1 "1" - +2,5..5	-
12	Вологість дошки в точці 1	Аналоговий	%	5...100	-
13	Вологість дошки в точці 2	Аналоговий	%	5...100	-

4.1 Розробка блок-схем та опис алгоритмів функціонування системи

Дослідження поставленої задачі показало, що для детального розуміння процесу, потрібно перш за все зрозуміти технологію сушіння деревини трьохступеневим камерним режимом сушіння. В процесі розробки проекту

Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат	ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
						66

автоматизації було проаналізовано можливі стани системи, та фактори що викликають зміни. Охоплюючи весь технологічний процес і враховуючи пріоритети факторів впливу на стан системи було розроблено алгоритм роботи трьох ступеневої камерної сушарки.

Блок схема алгоритму роботи системи зображена на слайдах.

Отже в результаті впливу факторів, що змінюють стан системи мікроконтролера система формує на каналах виводу дискретні значення, високого та низького рівнів, тим самим керуючи протікання процесу.

В момент завантаження пиломатеріалів система знаходиться в стані „повна зупинка процесу сушки”. В цьому стані не працюють повітряний та рідинний контур обігріву, електрокалорифер вимкнений, не здійснюється вентиляція в камері також зачинений клапан вентиляції, не ввімкнений витяжний вентилятор. Потім відбувається прогрів камери з пиломатеріалами, він триває з розрахунку 1 год. на 1см. деревини.

Наступним етапом є старт мікроконтролерові системи (надалі МКС) з пристроями збору інформації.

МКС формує запит на бажані значення вологості для кожного з трьох ступенів сушіння. Також виконується запит на значення вологості та температури в камері для трьох ступенів сушіння відповідно.

Після вводу оператором значення дається команда на початок процесу сушіння.

МКС зчитує значення вологості завантажених пиломатеріалів і на основі отриманої інформації установка переходить в режим сушіння по першому з трьох ступенів.

Сушіння в межах певного ступінню виконується до тих пір поки виконується умова ($Wd. < Wd.c.*$) достатня для переходу на наступну ступінь
Де:

- $Wd.$ – вологість дошки в момент збору інформації,

- $Wd.c.*$ - бажана вологість дошки для даного ступеню сушіння (вводиться оператором на початку процесу сушіння).

Тепер детальніше опишемо алгоритм роботи установки в межах ступеню сушіння.

МКС отримує від датчиків поточні значення температури в камері та вологості в камері (T_k , W_k). Дані значення температури і вологості порівнюються з тими які відповідають значенням що потрібно досягнути для даного ступеню сушіння. В результаті порівняння МКС формує керуючі сигнали на пристрої що регулюють температуру та здійснюють вентиляцію камери тим самим зменшують вологість повітря в камері. При виконанні умови $T_k < T_{k.c}.*$ вмикається електрокалорифер, в протилежному випадку МКС дає сигнал на вимкнення. Відкриття клапану вентиляції та включення вентилятора витяжки відбувається при виконанні умови $W_k < W_{k.c}.*$.

Де:

- T_k - поточне значення температури в камері;
- $T_{k.c}.*$ – граничне значення температури в камері для даного ступеню сушки;
- W_k – поточне значення вологості в камері;
- $W_{k.c}.*$ - граничне значення вологості в камері для даного ступеню сушки.

В залежності від стадії сухості пиломатеріалів змінюється циклічність зміни станів системи та тривалість перебування в певному стані.

Запропонований алгоритм роботи трьох ступеневої сушарки пиломатеріалів дозволяє здійснювати автоматичну роботу сушки, та адаптувати його до апаратних засобів збору технічних параметрів, також дозволяє створити просту програму, що мінімально затрачає ресурси мікроконтролера.

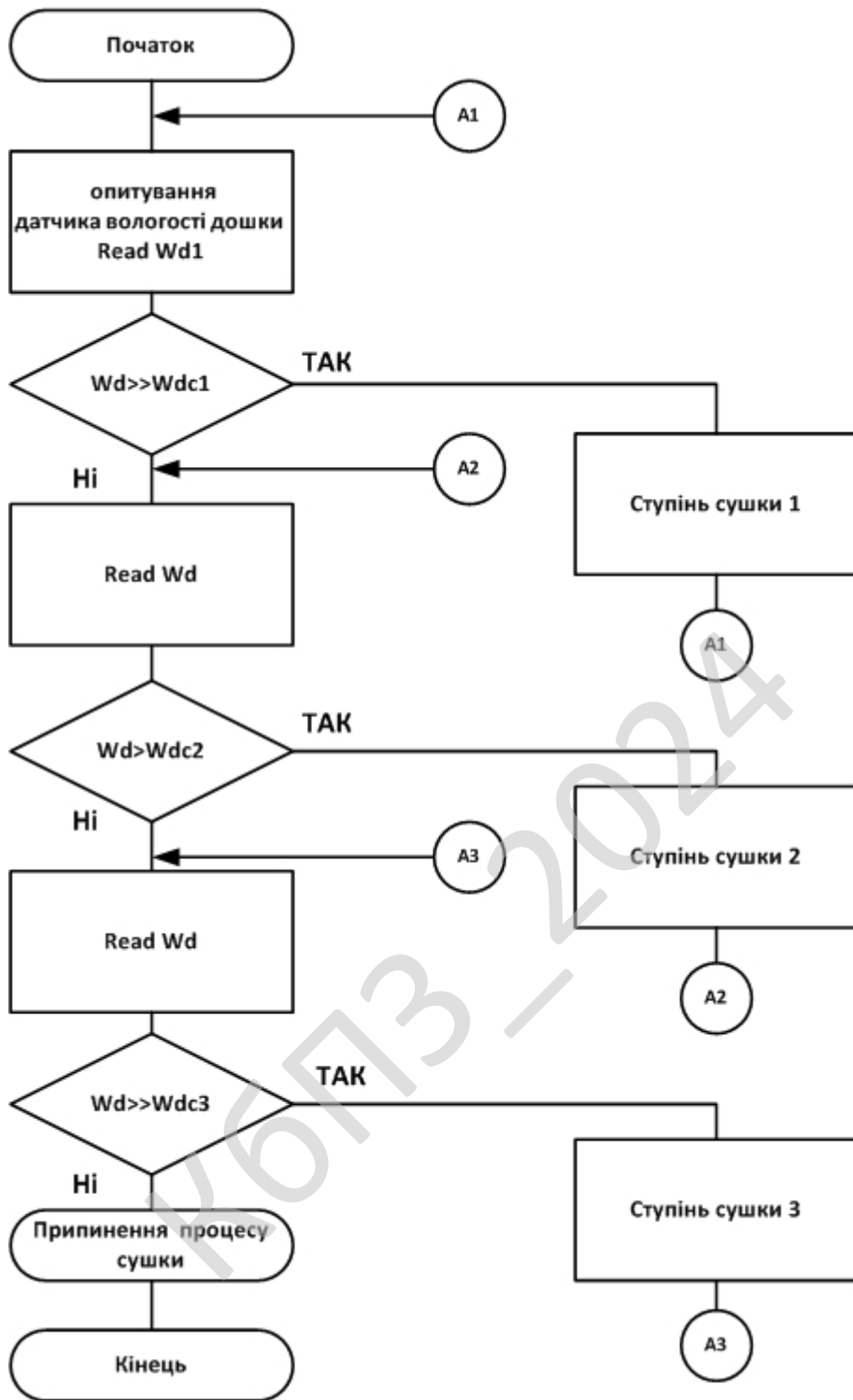


Рисунок 4.13 – Блок-схема алгоритму включення ступеня сушки

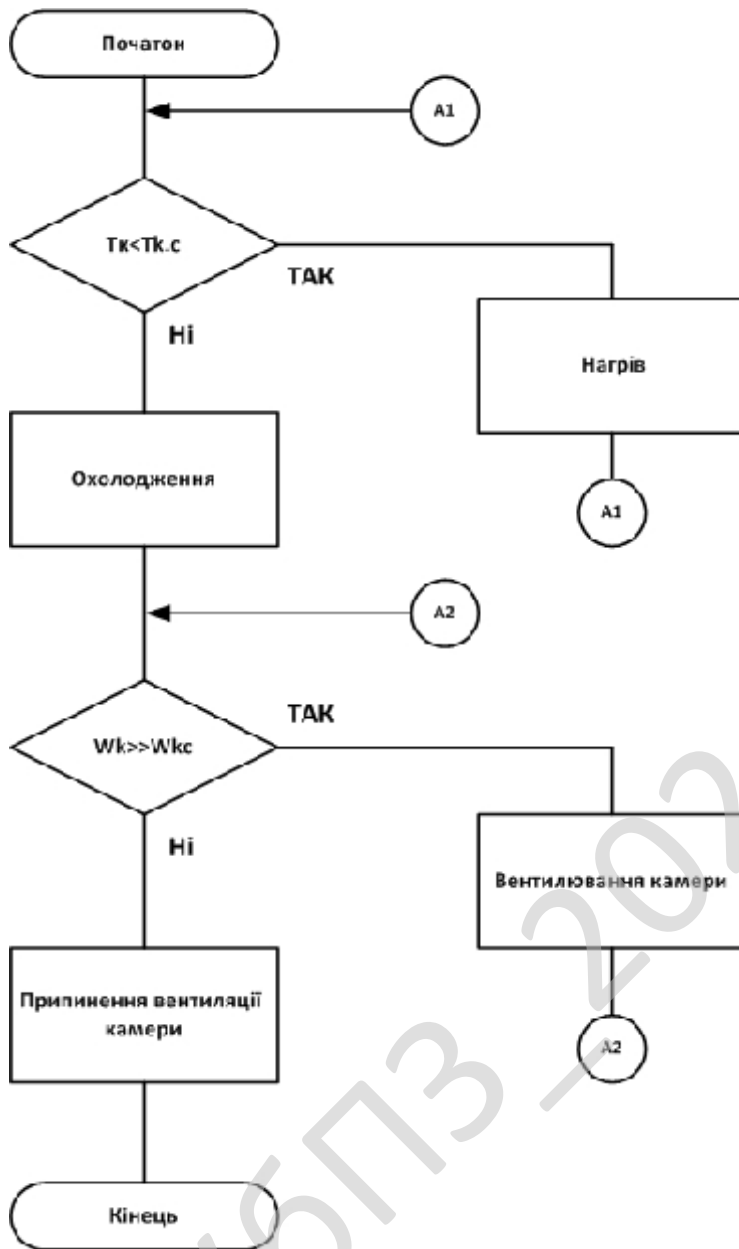


Рисунок 4.14 – Блок-схема алгоритму роботи сушіння деревини

Розробка програмного забезпечення

Програмний продукт було реалізовано у вигляді віконного застосунку та програмного забезпечення для мікроконтролера написаного на мові програмування низького рівня C++.

Як практичний результат виконанні даної бакалаврської дипломної роботи було розроблено програмний продукт, а саме віконний застосунок, призначений для керування процесом сушіння деревини.

Опис функціоналу

Процес трьох ступеневого сушіння вимагає контролю основних параметрів його протікання, а саме: температури та вологості у вакуумній камері, вологості висушуваного матеріалу; керування ходом процесу висушування шляхом зміни подачі нагрітого повітря та вентилявання камери для створення необхідної вологості.

У результаті сушіння деревина з природної сировини перетворюється в промисловий матеріал, що відповідає найрізноманітнішим вимогам, які висуваються до нього в різних виробничих і побутових умовах. При зниженні вологості деревини поліпшуються її фізико-механічні й експлуатаційні властивості. Відомо, що при зміні вмісту води в деревних сортаментах змінюються їхні розміри і форма. У тих випадках, коли при експлуатації виробів з деревини необхідна сталість розмірів і форми деталей, їхня вологість повинна бути заздалегідь доведена до визначеного рівня, що відповідає умовам експлуатації цих виробів, тобто до експлуатаційної вологості. Деревина, що містить велику кількість води, легко вражається грибами, у результаті чого вона загниває. Суха ж деревина відрізняється великою стійкістю.

Зниження вологості деревини приводить до зниження її маси та одночасного підвищення міцності. Суха деревина, на відміну від сирої, легко клеїться, добре піддається обробці. Контроль за кінцевим показником вологості є головним чинником в процесі сушки.

Таким чином, деревину висушують з метою: попередження розміро- і формозмінності деталей; запобігання псування і загнивання; збільшення питомої міцності; підвищення якості обробки і склеювання.

Першочергова задача автоматичного регулювання процесу сушіння – стабілізація режиму сушіння. Для цього встановлюються регулятори, які повинні забезпечити підтримання заданих по режиму температури і відносної вологості на певному рівні. В більшості випадків для цієї мети використовуються стандартні регулятори. Тип регулятора, закон регулювання

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		71

та параметри настройки вибирають з врахуванням статичних і динамічних властивостей сушильних камер і вимог, що висуваються до системи регулювання.

Динамічні характеристики визначають по диференціальним рівнянням об'єктів – рівняння зв'язку між його вхідними і вихідними величинами або експериментально, коли ці рівняння отримати важко. Визначати динамічні характеристики дослідним шляхом можна при автоматизації діючих установок.

Наступним етапом було розробка вдосконаленої схеми системи контролю за інтерфейсу для управління за допомогою ПК.

Розглянемо роботу системи. В початковий момент часу, коли ще не розпочато значення бажаних вологостей для кожної ступені сушіння пиломатеріалів, та значення температур і вологості в камері для трьох ступенів сушки. Значення підбираються в залежності від породи пиломатеріалів та їх геометричних розмірів. Подальша робота сушарної установки йде у відповідності до введених оператором даних. Вмикається нагрів котлів. Гаряча вода поступає в систему теплообмінників. Тепле повітря накачується в сушильну камеру. Мікроконтролер PIC16F877 отримує, від датчиків, значення вологості та температури в лісосушильній камері, вологості дошки. Також на канали дискретного вводу PIC16F877 отримує інформацію з електродних датчиків про стан заслінки через яку здійснюється вентиляція камери. Отримані значення PIC16F877 опрацьовує.

При значеннях вологості дошки $W_d > W_{d.c.1}$ установка працює в режимі за яким процес сушіння пиломатеріалів відбувається на першій ступені сушіння. При наблизенні температури в камері до граничного максимального рівня характерного для поточної ступені сушки контролер дає команду на відключення нагріву котла, при значеннях вологості в камері $W_k > W_{k.c. (*)}$ відбувається вимикання вентилятора витяжки сушильної камери та відкриття заслінки вентиляції камери. Даний процес повторюється циклічно в межах заданого ступеня сушіння до тих пір поки справджується умова для переходу в

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		72

наступну ступінь сушіння. Дана система передбачає два види регулювання температури в сушильній камері: «грубе» і «точне» регулювання. Для встановлення і підтримання потрібної температури «грубим» шляхом застосовують рідинний і повітряний контур обігріву камери, для контролювання температури «точним» шляхом використовується електрокалорифер керування яким здійснюється за допомогою мікроконтролера. На панель виводиться поточне значення вологості дошки, температури та вологості в камері.

При значенні вологості в камері менше заданого відбувається зупинка витяжного вентилятора та закривається вентиляційна заслінка. Це необхідно для запобігання виникнення внутрішніх напружень в деревині та її короблення.

При закінченні ступені сушіння (при досягненні необхідного значення вологості матеріалу що висушується, яке поступає на канал аналогового вводу) контролер сигналізує про закінчення даного ступеню сушіння та очікує команди від оператора на перехід на наступний ступінь сушіння, при досягненні кінцевого значення вологості дошки процес зупиняється і контролер сповіщає про закінчення процесу.

Програмування авторизації користувача

Авторизація буде проводитись на основі введення авторизаційних даних, якими слугує особистий логін та пароль користувача.

Алгоритм роботи авторизації користувача.

1. Введення користувацьких особистих даних, тобто логін та пароль.
2. Перевірка валідності введених даних користувача, тобто чи заповнені всі поля для вводу.
3. Перевірка існування користувача у базі даних та відповідність введених даних авторизації (Розгалужена гілка алгоритму).
4. Вхід у особистий профіль користувача.

Розгалужена гілка алгоритму означає що існують варіанти подій в залежності від результату.

Повний програмний код розробленого додатку для ПК наведено в додатку.

Програмний код

Зареєструватись у системі дає можливість функція `login_form()`. Ця функція виконується при запуску веб додатку. Функція відображає форму авторизації та посилання на реєстрацію користувача:

```
<a href='register_new.php'>Не зареєстровані-??</a>
```

Файл `register_new.php`, на який посилається гіпертекст, дає можливість зареєструватись у системі.

```
<?
require_once('function.php');
do_html_header();
?>
<h1>Реєстрація нового користувача.h1>
<?
display_registration_form();
do_html_footer();
?>
```

Файл `register_new.php` містить у собі функцію `display_registration_form`, що відповідає за вивід діалогу реєстрації нового користувача а також стандартний опис структури веб сторінки що був розглянутий у попередньому розділі. Також відбувається підключення головного функціонального файлу веб додатку це `function.php`. Програмний код функції `display_registration_form` відсилає всі дані, які користувач заповнив у полях вводу, у файл `add_user.php`. Програмний код файлу `add_user.php` продемонстрований у лістингу додатку.

Отже якщо дані користувача відповідають всім поставленим критеріям, здійснюється реєстрація нового користувача у системі функцією `register` що є у файлі `add_user.php`. Функція `register` реєструє нового користувача у базі даних. Для зрозумілості роботи функції `register`, нижче наведений програмний код функціонування.

```
function register($name,$password){db_connect();
mysql_select_db("user");
$zaput="select * from register where username='$name' " ;
```

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		74

```

$result=mysql_query($zaput);
if(mysql_num_rows($result)>0){echo "Таке ім'я вже існує в базі даних
";exit; }
$zaput="insert into register (username,password,status)
values('".$name."','".$password."','".$0')";
$result=mysql_query($zaput);
if(!$result){echo"Помилка запису даних";}
}

```

4.2 Захист розробленого програмного забезпечення

Для захисту даних користувачів на сайті використовується крипто алгоритм bcrypt.

Bcrypt - адаптивна криптографічний хеш функція формування ключа, що використовується для захищеного зберігання паролів. Розробник: Нільс Провос. Функція заснована на шифрі Blowfish, вперше представлена на USENIX в 1999 році. Для захисту від атак за допомогою райдужних таблиць bcrypt використовує salt; крім того, функція є адаптивною, час її роботи легко налаштовується і її можна уповільнити, щоб ускладнити атаку перебором.

Шифр Blowfish відрізняється від багатьох алгоритмів обчислювально складною фазою підготовки ключів шифрування.

Провос скористався цією особливістю, але змінили алгоритм підготовки ключів, отримавши шифр «Eksblowfish» (expensive key schedule Blowfish). Кількість раундів в підготовці ключів повинно бути ступенем двійки; конкретна ступінь може здаватися при використанні bcrypt.

Спочатку реалізовано в функції crypt в OpenBSD. Існують реалізації для Java, Python, Nim, C #, Ruby, Perl, PHP 5.3, Node.js і деяких інших

Алгоритм bcrypt використовує алгоритм настройки ключів з «Eksblowfish»:

```

EksBlowfishSetup(cost, salt, key)
state
InitState()
state

```

```

ExpandKey(state, salt, key)
    repeat (2cost)
        state
ExpandKey(state, 0, key)
    state

ExpandKey(state, 0, salt)
    return state
ExpandKey(state, salt, key)
    for(n = 1..18)
        Pn

```

Функція InitState відповідає оригінальній функції з шифру Blowfish; для заповнення масиву P і S-бок використовується дрібна частина числа π .

Функція ExpandKey:

```

key[32(n-1)..32n-1]
\oplus Pn //treat the key as cyclic
    ctext
Encrypt(salt[0..63])
    P1
    ctext[0..31]
    P2
    ctext[32..63]
    for(n = 2..9)
        ctext
Encrypt(ctext
    salt[64(n-1)..64n-1]) //encrypt using the current key schedule and treat the salt
as cyclic
    P2n-1)
    ctext[0..31]
    P2n
    ctext[32..63]
    for(i = 1..4)

```

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лам		76

```

    for(n = 0..127)
        ctext
    Encrypt(ctext
salt[64(n-1)..64n-1]) //as above
        Si[2n]
    ctext[0..31]
        Si[2n+1]
    ctext[32..63]
    return state

```

Для обчислення хешу `bcrypt` обробляє вхідні дані еквівалентно шифрування 'eksblowfish (усіленийний_ключ, input)':

```

bcrypt(cost, salt, key, input)
    state
EksBlowfishSetup(cost, salt, key)
    ctext
input
    repeat (64)
        ctext
EncryptECB(state, ctext)
    return Concatenate(cost, salt, ctext)

```

У різних ОС (linux, OpenBSD), що використовують алгоритм `bcrypt` в стандартній функції `crypt` (3), як `input` подається константа «OrpheanBeholderScryDoubt» `bcrypt` був розроблений в 1999 році і був захищений від ефективного перебору на апаратних засобах того часу. В даний час одержали широке поширення ПЛІС, в яких `bcrypt` реалізується ефективніше. У 2009 був створений алгоритм `scrypt`, що вимагає для своєї роботи значний обсяг пам'яті.

5 ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ В ПРОМИСЛОВУ ЕКСПЛУАТАЦІЮ

Обслуговування сушарки та встановлення ПЗ може проводити за сумісництвом один електротехнік і один програміст. В їх обов'язки входить:

- ведення технічної документації, яка складається в основному із: апаратного журналу; журналу заяв про пошкодження; журналу обліку роботи системи;

- повна перевірка монтажу, спаїв, кріплень ізоляційних матеріалів та блокування (раз в шість місяців) разом з ремонтно-профілактичною бригадою;

- для цілодобового чергування при ЕТУС, установлюється штат чергових електромонтерів зв'язку ремонтно-відбудовчої бригади в складі до 2 чоловік;

- для проведення вимірювально-налагоджувальних і регулювальних робіт організується виробнича лабораторія або вимірювальна група зі штатом до 2 чоловік

- поточне обслуговування апаратури покладається на обслуговуючий персонал, в обов'язки якого входить:

- заміна згорілих плавких уставок;

- контроль за функціонуванням ліній і виявлення несправних каналів;

- контроль за відновленням апаратури по світловій сигналізації;

- виявлення у випадку аварії несправного напрямку передачі і несправної ділянки системи і виклик групи по обслуговуванню.

Техніка безпеки

При монтажі, налаштуванні й експлуатації повинні дотримуватися усі вимоги, викладені в «Правилах техніки безпеки при устаткуванні й обслуговуванні телефонних і телеграфних станцій», К., «Радіо і зв'язок», 2000р.; у правилах технічної експлуатації електроустановок споживачів і правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів, К.,

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		78

«Енергоатом», 1996р. і в «Правилах техніки безпеки при роботі на лініях зв'язку і провідного віщання», К., «Зв'язок», 1999 р.

До робіт з кінцевим устаткуванням і станціями проміжними допускається технічний персонал, добре знайомий із правилами, зазначеними в п.1 дійсної інструкції, а також із пристроєм апаратури, з «Інструкцією з експлуатації БКУ1.131.001 ІЕ», з дійсною інструкцією і що має кваліфікаційну групу по техніці безпеки не нижче 3.

При грозі роботи з апаратурою забороняється.

Усі прилади, що використовуються при роботах з кінцевим устаткуванням і станціями проміжними, повинні бути перевірені і мати діюче клеймо. Проводи, використовувані для з'єднань, не повинні мати видимих порушень ізоляції.

Пошук несправностей

Визначення, відшукування несправностей в процесі ремонту будь-якого пристрою є найбільш трудомісткою операцією, що вимагає більшої уваги і майстерності. Знайти несправність, значить, знайти елемент, що відмовив, блок, модуль і так далі. В процесі ремонту можна виділити чотири етапи: встановлення факту наявності несправності; виявлення її характеру; усунення несправності і перевірка пристрою після ремонту.

Статистикою встановлено, що на виявлення наявності несправності в середньому витрачається близько 3% від загального часу на ремонт, на виявлення характеру несправності – близько 60%, на усунення несправності – 15% і на перевірку параметрів після ремонту – 22%.

Приведені дані показують необхідність скорочення часу на виявлення характеру несправності. Це можливо завдяки використанню діагностичного устаткування і пристосувань. Крім того, конструкція будь-якого радіоелектронного пристрою передбачає підключення спеціальних індикаторних пристроїв (наприклад, світлодіодів).

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		79

Будь-який фахівець, у тому числі і технік-електронщик повинен знати правила і методику пошуку несправностей.

Існує декілька способів відшукування несправностей. Вибір того або іншого способу залежить від призначення пристрою і особливостей схеми. Тому від техника-електроніка потрібна хороше знання, як мінімум принципової схеми і конструкції ремонтovanого пристрою. Всі несправності будь-якого радіо електричного пристрою можна підрозділити на механічних і електричних.

До механічних несправностей відносяться несправності в механічних вузлах пристрою (для мого випадку, до даного типу несправностей можна віднести вихід з буд перемикачів що входять до складу блоку завдання вихідній інформації і блок індикації).

До електричних несправностей відносяться такі, які приводять до зміни електричного опору ланцюгів (наприклад, до обриву ланцюга), Значного збільшення опору, значному зменшенню його або короткому замиканню. Для мого пристрою до таких несправностей можна віднести: вихід з буд резисторів, конденсаторів, мікросхем, і тому подібне.

При пошуку несправностей радіоелектричного пристрою застосовують п'ять способів:

1) Зовнішній огляд дозволяє виявити більшість механічних несправностей, а також деякі електричні. Зовнішнім оглядом перевіряється якість збірки і монтажу. При перевірці якості збірки уручну слід перевірити механічне кріплення окремих вузлів, таких як перемикачі, змінні резистори, штепсельні з'єднання (роз'єми). В разі порушення кріплення воно відновлюється. Зовнішнім оглядом перевіряють також якість електричного монтажу. При цьому виявляють: цілісність сполучних провідників, наявність набряків припою, які можуть привести до коротких замикань між окремими ділянками схеми, виявляють дроти з порушеною ізоляцією, перевіряють якість паянь і тому подібне.

Зовнішнім оглядом можна переконатися в правильності номіналів резисторів і конденсаторів (блоку живлення), виявити дефекти окремих елементів (обрив виводів, резисторів, механічне пошкодження керамічних конденсаторів та інші).

Зовнішній огляд, як правило, роблять при відключеному живленні апаратуру. При його проведенні особливу увагу необхідно звертати на те, щоб в монтаж не попали випадкові предмети, які при включенні пристрою можуть викликати коротке замикання.

Зовнішнім оглядом можна виявити несправний світлоелемент (по яскравості свічення), резисторів (по зміні кольору або обвуглюванню поверхневого шару) і інших елементів.

У включеному стані можна визначити перегрів трансформаторів, електролітичних конденсаторів, напівпровідникових елементів. Поява запахів від перегрітих обмоток, резисторів, просочувального матеріалу трансформаторів також сигналізує про наявність несправностей в схемі пристрою. Про несправність може свідчити і зміна частоти або тону звукових коливань повітряного середовища, трансформаторів, що викликаються роботою, і інших елементів, які зазвичай або взагалі не чутні під час роботи, або мають звучання іншого тону.

Для перевірки відсутності коротких замикань використовують омметр. Як опорна точка найчастіше приймають плюс або мінус джерела живлення. Інколи вхід огляду виникає сумнів в справності окремих елементів. Тоді слід випаяти елемент і перевірити його справність ретельніше.

2) Спосіб проміжних вимірів – полягає в послідовній перевірці проходження сигналу від блоку до блоку до виявлення несправної ділянки.

3) Спосіб виключення – полягає в послідовному виключенні справних вузлів і блоків.

4) Спосіб заміни окремих елементів, вузлів або блоків на свідомо справні, широко використовується при ремонті радіо електричних пристроїв.

Наприклад, можна замінити елемент (транзистор, трансформатор, мікросхему) або блок свідомо справний і переконатися в наявності несправності на цій ділянці.

5) Спосіб порівняння – полягає в порівнянні параметрів несправного апарату з параметрами справного апарату того ж типа або марки.

Використання того або іншого способу пошуку несправності залежить від здібностей схеми пристрою.

Пошук несправностей здійснюють за певним правилом (алгоритму), що дозволяє максимально скоротити час їх відшукування. Пошук проводиться поетапно, від крупніших конструктивних одиниць до дрібнішим, тобто в послідовності: Блок – Вузол (модуль) – Каскад – Несправний елемент.

При перевірці окремих елементів схеми слід переконатися в справності постійних резисторів, як зовнішнім оглядом, так і перевіркою омметром. При справному резисторі омметр повинен показати номінальне значення опору.

Неелектролітичні конденсатори можна перевірити на пробій омметром. В разі пробою омметр покаже коротке замикання. Множник омметра при перевірці конденсаторів необхідно поставити в положення «x100» або «x1000». Конденсатори при подібній перевірці дають відхилення стрілки приладу управо і швидке її повернення в початкове положення до відмітки ∞ . Електролітичні конденсатори також перевіряють омметром. Для цього перемикач омметра треба встановити на «x100» або «x1000». Подальша перевірка конденсатора аналогічна попередньому, лише стрілка в початкове положення повертатиметься повільніше.

Конденсатори при заміні вибирають по номінальній ємкості, робочій напрузі, класу точності, температурному коефіцієнту ємкості (ТКЕ). Номінальні значення ємностей конденсаторів приведені в довідниках.

Обмотки трансформатора. При обриві обмотки омметр покаже нескінченно великий опір. При заміні трансформаторів враховується

маркування їх виходів, що приводиться в довідкових даних. Несправні трансформатори замінюють на аналогічних

КБПЗ_2024

					БКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		83

6 НАУКОВА НОВИЗНА

У магістерській роботі розроблено програмне забезпечення, яке призначено для побудови системи керування сушаркою гібридного типу.

Метою розробки є дослідження та програмна реалізація системи автоматизованого керування триступеневим процесом сушіння деревини в камерній сушарці гібридного типу, що забезпечує оптимізацію енергоспоживання, скорочення часу сушіння та підвищення якості кінцевого продукту шляхом інтеграції адаптивних алгоритмів регулювання параметрів сушіння.

Об'єктом дослідження є процес триступеневого сушіння деревини у камерній сушарці гібридного типу.

Предметом дослідження є методи та алгоритми автоматизованого керування параметрами триступеневого сушіння деревини у камерній сушарці гібридного типу для забезпечення оптимального поєднання якості сушіння, енергоефективності та скорочення тривалості процесу

Методи дослідження базуються на методах теорії кодування, методах математичної статистики, методах захисту інформації, методах розробки програмного забезпечення та синтез алгоритмів управління процесом сушіння на основі багатofакторного підход.

Наукова новизна отриманих результатів. У процесі рішення завдань, обумовлених цілями дослідження, отримані наступні результати:

- розроблено алгоритм автоматизованого керування триступеневим сушінням деревини;
- запропоновано новий підхід до керування параметрами процесу сушіння у камерній сушарці гібридного типу, що забезпечує динамічну адаптацію до змін умов та зменшує вплив людського фактора;

- запроваджено інтеграцію гібридних методів сушіння;
- вперше реалізовано комбінування конвекційного та радіаційного методів у рамках тріступеневого процесу сушіння, що підвищує ефективність обробки деревини;
- розроблено математичну модель процесу сушіння;
- модель враховує залежність температури, вологості повітря, швидкості його циркуляції та теплопровідності деревини, дозволяючи оптимізувати режими сушіння для різних порід деревини;
- створено програмне забезпечення для автоматизованого моніторингу;
- вперше впроваджено програмну систему, яка в реальному часі забезпечує збір даних, аналіз параметрів процесу сушіння та їх регулювання для досягнення заданих показників;
- експериментально підтверджено ефективність гібридної сушарки;
- на основі проведених експериментів доведено, що використання запропонованої системи дозволяє скоротити тривалість процесу сушіння до 20–25% та знизити енергоспоживання на 15–18%, зберігаючи високу якість кінцевого продукту.

КБГПЗ 2024

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		85

7 МАРКЕТИНГОВЕ ТА ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ІТ-ПРОЄКТУ

7.1 Визначення цільової аудиторії кінцевого готового продукту

Результати дослідження та програмної реалізації системи керування триступневим сушінням деревини у камерній сушарці гібридного типу можуть зацікавити не тільки виробників деревини, а досить широку цільову аудиторію (рисунок 7.1).

<p>1. Виробники деревини та деревообробні підприємства</p>	<p>Проблема: Ефективне сушіння деревини є критично важливим для зменшення дефектів, таких як тріщини та деформації, що виникають через неправильну обробку.</p> <p>Інтерес: Система керування дозволяє оптимізувати процес сушіння, що знижує витрати та покращує якість кінцевої продукції.</p>
<p>2. Інженерно-технічні спеціалісти з автоматизації та розробники ПЗ для промисловості</p>	<p>Проблема: Необхідність розробки нових та ефективних систем керування для різних промислових процесів.</p> <p>Інтерес: Дослідження може стати базою для створення нових рішень у сфері автоматизації сушильних камер, вироблення гібридних систем, які поєднують декілька технологій сушіння.</p>
<p>3. Науково-дослідні інститути та університети</p>	<p>Проблема: Потреба у вдосконаленні та дослідженні нових методів сушіння деревини, які є менш енергоємними і більш ефективними.</p> <p>Інтерес: Результати можуть бути корисними для проведення подальших наукових досліджень з автоматизації та енергоефективності промислових процесів, а також для навчання студентів.</p>
<p>4. Виробники сушильного обладнання для деревини</p>	<p>Проблема: Конкуренція на ринку вимагає підвищення якості обладнання та його функціональних можливостей.</p> <p>Інтерес: Інноваційна система керування може стати конкурентною перевагою, що дозволить виробникам пропонувати більш економічні та високоякісні продукти.</p>
<p>5. Експерти у сфері енергетичної ефективності та екологічних технологій</p>	<p>Проблема: Зменшення споживання енергії у виробництві є актуальною метою для багатьох галузей.</p> <p>Інтерес: Дослідження може зацікавити тих, хто займається підвищенням енергоефективності виробничих процесів, оскільки гібридні сушильні камери здатні значно знизити витрати на енергію.</p>
<p>6. Клієнти деревообробної галузі, що шукають високоякісну продукцію</p>	<p>Проблема: Потреба в надійній і стабільній якості деревини для різних сфер, як-от будівництво та виготовлення меблів.</p> <p>Інтерес: Підприємства, що купують деревину, можуть мати вигоду від стабільної якості продукції, забезпеченої технологією гібридного сушіння.</p>

Рисунок 7.1 – Цільова аудиторія

7.2 Оцінка привабливості шляхом застосування методів експертних оцінок

Оцінка привабливості програмної реалізації системи керування триступеневим сушінням деревини у камерній сушарці гібридного типу за допомогою експертних оцінок може бути проведена за такими основними критеріями (рисунок 7.2):

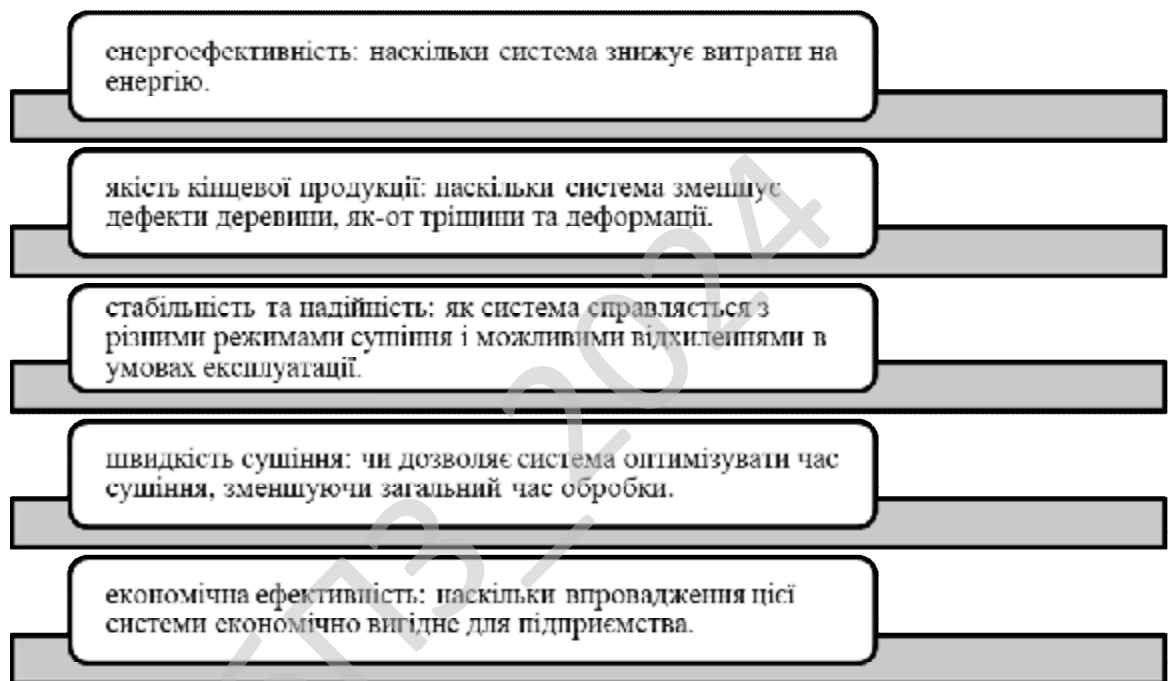


Рисунок 7.2 – Критерії оцінювання

У групу експертів вводимо: технологи сушіння, фахівці з енергозбереження, інженери з автоматизації та представники деревообробної галузі. Кожен експерт оцінює значущість кожного критерію для даного проекту.

Експерти визначають вагу кожного критерію за шкалою від 0 до 1: енергоефективність — 0.3, якість кінцевої продукції - 0.25, стабільність та надійність - 0.2, швидкість сушіння — 0.15, економічна ефективність - 0.1.

Експерти оцінюють систему за кожним критерієм, використовуючи 10-бальну шкалу: енергоефективність: 9/10, якість кінцевої продукції: 8/10,

стабільність та надійність: 7/10, швидкість сушіння: 8/10, економічна ефективність: 6/10.

Підсумкова оцінка обчислюється як сума добутків кожного показника на його ваговий коефіцієнт: $P=(0.3 \times 9)+(0.25 \times 8)+(0.2 \times 7)+(0.15 \times 8)+(0.1 \times 6)=7.9$

Загальна оцінка 7.9 з 10 означає, що система є досить привабливою для впровадження. Найвищий результат отримано за критерієм енергоефективності, що вказує на високу вигоду від зниження витрат на енергію. Низька оцінка економічної ефективності може свідчити про необхідність додаткових розрахунків чи заходів для покращення рентабельності. Такий підхід дозволяє кількісно оцінити привабливість проєкту та забезпечити обґрунтоване рішення щодо його подальшого впровадження.

7.3 Вибір методу оцінки вартості ПЗ

Для оцінки вартості програмної реалізації системи керування триступеневим сушінням деревини у камерній сушарці гібридного типу доцільно розглянути метод аналогії. Даний метод заснований на порівнянні з вартістю аналогічних раніше виконаних проєктів. Використовується, якщо є дані про реалізацію подібних систем автоматизації або аналогічних проєктів у деревообробній галузі. Перевагами методу є те, що він простий метод, який дозволяє швидко визначити приблизну вартість на основі попередніх проєктів, що схожі за технологічним або функціональним призначенням. Метод підходить, якщо в компанії вже існують подібні рішення для інших сушарок або автоматизованих процесів, що дозволяє адаптувати попередній досвід.

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		88

7.4 Розрахунок економічної ефективності від впровадження реалізованого ПЗ як фактору його привабливості

Таблиця 7.1 – Основні показники впровадження проєкту

<p>1. Зниження витрат на енергію</p> <p>Початкові витрати: Середні витрати на електроенергію для традиційної сушарки становлять 10 000 грн на місяць.</p> <p>Очікуване зниження: Завдяки впровадженню нової системи керування енергоефективність підвищується на 30%.</p> <p>Розрахунок: Зекономлені витрати=10,000×0.3=3,000 грн/місяць</p> <p>Річна економія: 3,000 грн/місяць × 12 місяців = 36,000 грн на рік.</p>
<p>2. Підвищення якості продукції</p> <p>Проблеми традиційного сушіння: Часто виникають дефекти деревини (тріщини, деформації), що призводить до втрат у доходах через браковану продукцію.</p> <p>Очікуване зниження дефектності: За оцінками, дефектність зменшиться на 20%, що збільшить кількість якісного продукту.</p> <p>Вартість бракованої продукції: Якщо раніше втрати становили 50,000 грн на рік, то зниження дефектності призводить до: Зниженнявтрат=50,000×0.2=10,000 грн/рік</p>
<p>3. Зменшення витрат на обслуговування</p> <p>Попередні витрати на обслуговування: 20,000 грн на рік.</p> <p>Очікуване зниження витрат: Завдяки автоматизації і вдосконаленій системі контролю витрати зменшуються на 15%.</p> <p>Розрахунок: Зекономлені витрати=20,000×0.15=3,000 грн/рік</p>
<p>4. Загальна економічна ефективність</p> <p>Сумарна економія від усіх аспектів: Сумарна економія=36,000 (енергія)+10,000 (якість)+3,000 (обслуговування)=49,000 грн/рік</p>
<p>5. Витрати на впровадження системи</p> <p>Первісні витрати на впровадження: 100,000 грн (придбання обладнання, налаштування, навчання персоналу).</p>
<p>6. Окупність інвестицій</p> <p>Час окупності ≈ 2.04 роки</p>

Економічна ефективність впровадження системи керування триступеневим сушінням деревини у камерній сушарці гібридного типу може проявлятися в кількох аспектах. Результати розрахунку економічної ефективності внесено в таблицю 7.1.

Впровадження системи керування триступеневим сушінням деревини у камерній сушарці гібридного типу має потенціал суттєво підвищити економічну ефективність підприємства завдяки зниженню витрат на енергію, поліпшенню якості продукції та зменшенню витрат на обслуговування. Загалом, інвестиції можуть бути виправдані за відносно короткий період, що робить проєкт вигідним для реалізації.

7.5 Пропозиція алгоритму просування проєкту розробки ПЗ

Ось алгоритм просування проєкту програмної реалізації системи керування триступеневим сушінням деревини у камерній сушарці гібридного типу. Цей алгоритм складається з кількох ключових етапів, які допоможуть успішно просунути проєкт на ринку (рисунок 7.3).

					БКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		90

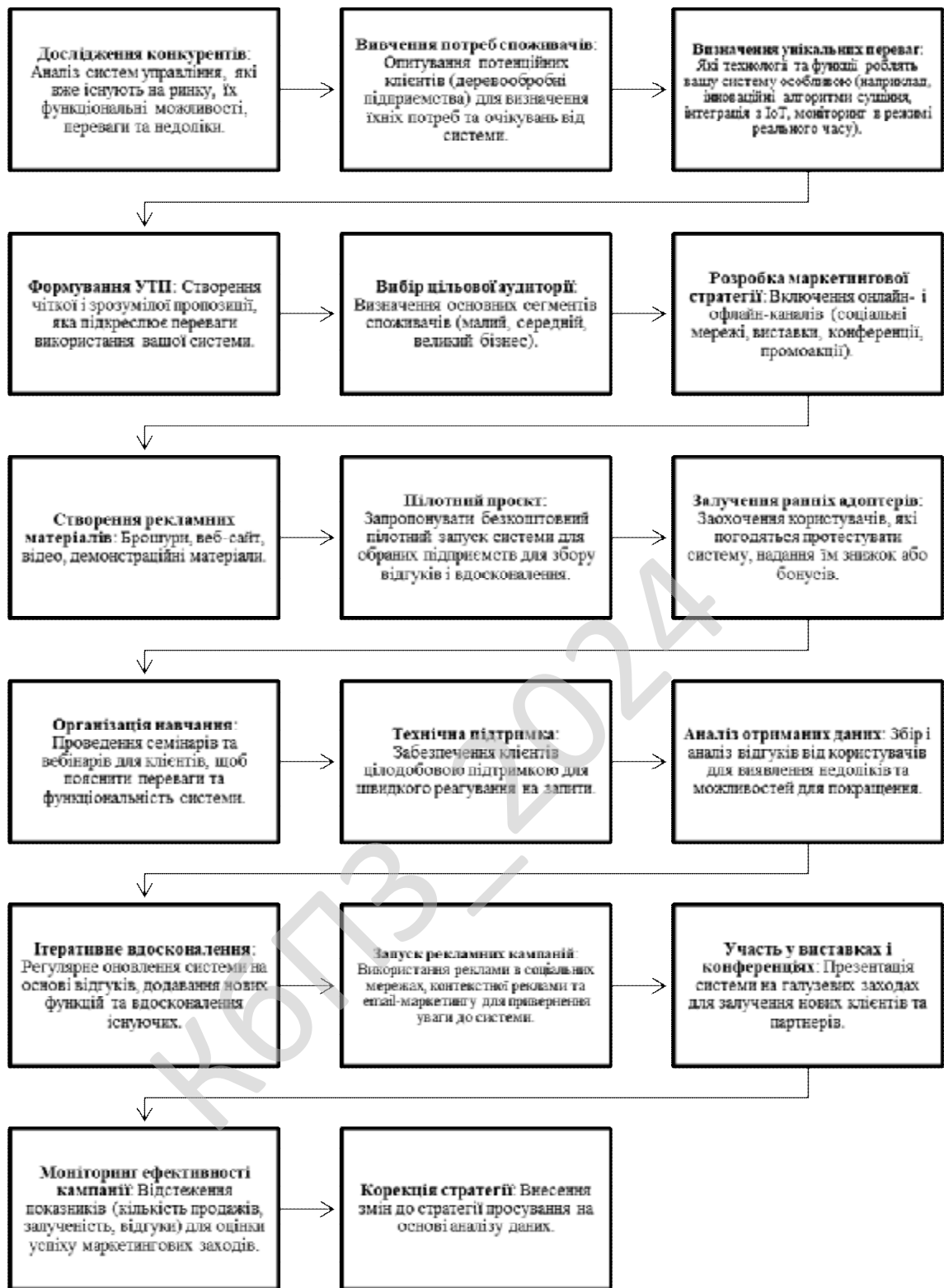


Рисунок 7.3 – Алгоритм просування проєкту

Цей алгоритм просування допоможе систематизувати підходи до реалізації проєкту програмної системи керування триступеневим сушінням

деревини. Важливо адаптувати кожен з етапів до специфіки ринку і потреб клієнтів, щоб забезпечити успіх проєкту.

7.6 Оптимізація каналів збуту та шляхів реалізації ПЗ

Оптимізація каналів збуту та шляхів реалізації проєкту програмної реалізації системи керування триступеневим сушінням деревини у камерній сушарці гібридного типу є важливим етапом для досягнення успіху. Даний процес має передбачати розвиток онлайн продажів, співпрацю з дистриб'юторами, проведення рекламних компаній (рисунок 7.4).

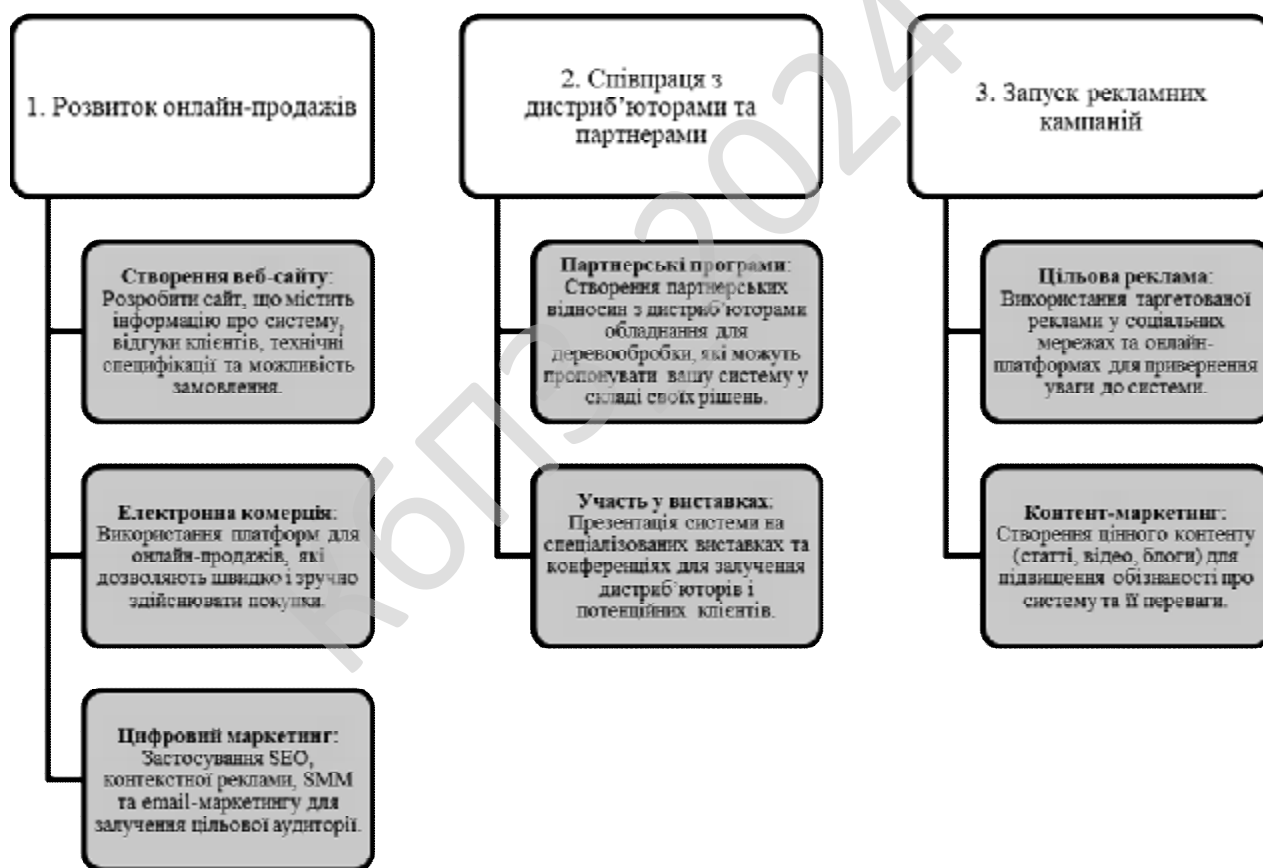


Рисунок 7.4 – Оптимізація каналів збуту

Оптимізація каналів збуту та шляхів реалізації проєкту системи керування триступеневим сушінням деревини передбачає комплексний підхід, що включає

дослідження ринку, розвиток онлайн-продажів, партнерство, пілотні проекти, покращення обслуговування клієнтів і використання аналітики. Це допоможе не лише збільшити продажі, а й побудувати довгострокові стосунки з клієнтами.

7.7 Визначення ключових факторів успіху конкретного проєкту

Ключові фактори успіху проєкту програмної реалізації системи керування триступеневим сушінням деревини у камерній сушарці гібридного типу включають різні аспекти, які впливають на ефективність, прийнятність та успішність впровадження системи (рисунок 7.5).

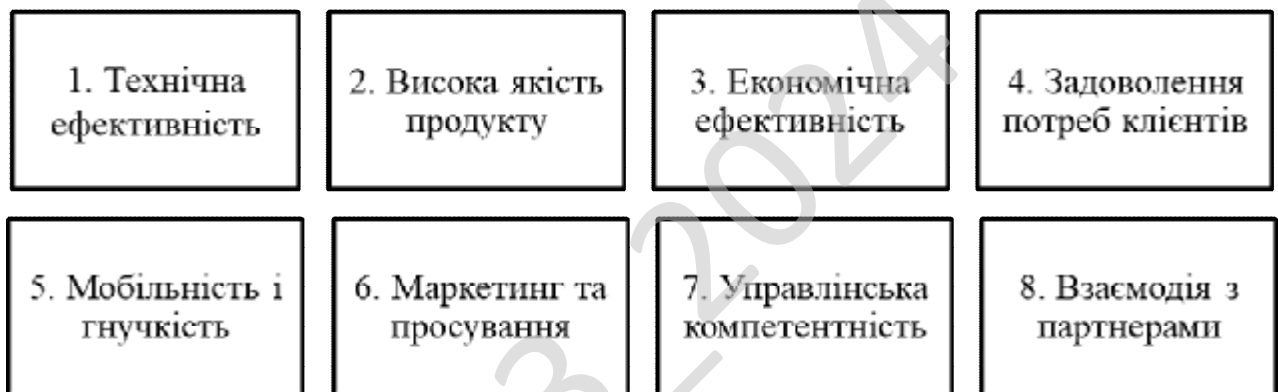


Рисунок 7.5 – Ключові фактори успіху проєкту

Успіх проєкту програмної реалізації системи керування триступеневим сушінням деревини залежить від багатьох факторів, включаючи технічні, економічні, маркетингові, управлінські та партнерські аспекти. Забезпечення балансу між цими факторами допоможе досягти цілей проєкту та задовольнити потреби кінцевих користувачів.

8 ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

8.1 Вступ

Протягом усієї історії людство приділяє прискіпливу увагу безпеці життя. Охорона праці є складовою частиною безпеки життя.

Законом України “Про охорону праці” регламентуються загальні положення державної політики в галузі охорони праці, а конкретизуються ці положення нормативно-правовими актами про охорону праці, зокрема Наказом Міністерства соціальної політики України 14.02.2018 № 207, який зареєстровано в Міністерстві юстиції України 25 квітня 2018 р. за №508/31960 «Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями», НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин», та ДСанПіН 3.3.2-007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин».

Програмісти у процесі роботи мають негативний вплив на органи зору, а також мають значну розумову напругою і нервово-емоційне навантаження. Руки (суглоби пальців та м'язи рук) при роботі з клавіатурою мають теж істотне навантаження. До шкідливих факторів, які впливають на робітників галузі інформаційних технологій (ІТ) спеціалісти відносять високочастотні електромагнітні коливання (випромінювання) роботи апаратної частини ЕОМ та виділення шкідливих газів.

Ці шкідливі фактори можуть привести до професійних захворювань.

При розгляді шкідливих чинників роботи програмістів та інших спеціалістів ІТ будемо керуватись наступними нормативно-правовими актами: «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» ДСанПіН 3.3.2-007-98, та

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		94

«Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин» НПАОП 0.00-1.28-10,

Умови праці програміста включають наступні фактори:

- параметри повітряного середовища в приміщенні;
- вентиляція приміщення;
- освітлення приміщення;
- параметри повітряного середовища в приміщенні, тощо.

Щоб запропонувати заходи щодо зменшення впливу комп'ютера на організм програміста визначимо фактори, які можуть викликати професійне захворювання і впливають на працездатність програміста.

8.2 Шкідливі і небезпечні фактори при роботі з комп'ютером

Програміст працює з електронно-обчислювальною машиною (ЕОМ) та іншим обладнанням, яке є джерелом небезпеки ураження електричним струмом. Так як робота програміста характеризується істотним зоровим навантаженням, то вимагає належного освітлення. Так як програміст постійно перебуває в приміщенні, тому для комфортних умов праці в цьому приміщенні необхідно створити належний мікроклімат.

При роботі з використанням ЕОМ відзначають наступні небезпечні та шкідливі фактори:

- ризик виникнення надзвичайних ситуацій природного або штучного характеру на об'єкті або території.
- ризик виникнення пожежі;
- негативний вплив на органи зору людини;
- ризики ураження електричним струмом;
- недостатня, або надмірна освітленість робочого місця;
- монотонність праці;

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		95

- електромагнітні електромагнітні (у т.ч. високочастотні) випромінювання (коливання);
- несприятливі мікрокліматичні умови;
- нервово-емоційна напруженість праці;
- інтелектуальні навантаження;
- невідповідність ергономічних показників робочого місця діючим вимогам;
- шуми;
- статичні навантаження на кістково-м'язовий апарат;

8.3 Аналіз санітарно-гігієнічних умов праці на робочому місці програміста

Розглянемо умови праці у приміщенні, в якому працюють програмісти. Геометричні розміри приміщення наведено у таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 - Розміри приміщення

Найменування	Значення, м
Ширина	2,4
Довжина	3
Висота	2,8

Таблиця 8.2 - Площа та обсяг приміщення, на одного працюючого

Геометрич на характеристика	Одиниц я виміру	Норматив не значення*	Фактичне значення
Площа, S	м ²	не менше 6.0	7,2
Обсяг, V	м ³	не менше 20.0	20,1

* Згідно ДСанПіН 3.3.2.007-98 (Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин).

У зазначеному приміщенні працює 1 людина. За даними, які наведено у табл. 8.1 та табл. 8.2, можна зробити висновок, що площа та об'єм приміщення у розрахунку на одно робоче місце програміста відповідають нормативним вимогам (Наказу Міністерства соціальної політики України № 207, від 14.02.2018 «Про затвердження Вимог щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями», ДСанПіН 3.3.2-007-98 «Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин» та НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації електронно-обчислювальних машин»).

Температура повітря в приміщенні визначається впливом температури зовнішнього повітря і тепловою енергією, яка виділяється всередині приміщення. Джерелами виділення теплоти в даному приміщенні є електроустаткування, освітлювальні прилади, а також люди. У світлий час доби джерелом надлишкового тепла є сонячна радіація. Згідно Постанови № 42 від 01.12.1999 Головного державного санітарного лікаря України, робота, яка виконується в даному приміщенні, відноситься до категорії Іа. В цьому випадку людина витрачає енергії до 120 ккал у годину. Вологість повітря у приміщенні визначається впливом багатьох факторів, серед яких: вологість атмосферного повітря, виділення вологи людьми (при диханні та випарами з поверхні шкіри).

Мікроклімат повітряного середовища в приміщенні характеризується запиленістю та загазованістю повітря. Мікроклімат приміщення визначається діючим на організм людини поєднанням, вологості, температури, швидкості руху повітря та інтенсивності теплового випромінювання. Аналіз мікроклімату

складається з визначення зазначених вище факторів і порівняння результатів із встановленими нормами.

Таблиця 8.3 - Оптимальні і фактичні значення параметрів мікроклімату

Пора року	Оптимальні для Ia			Фактичні		
	Температура, °C	Вологість, %	Швидкість повітря, м/с	Температура, °C	Вологість, %	Швидкість повітря, м/с
Холодна	22-24	40-60	0,1	22-23	41-59	0,1
Тепла	23-25	50-70	0,1	23,5-24	53-70	0,13

У таблиці 8.3 наведено оптимальні та фактичні значення параметрів мікроклімату як для категорії ваги робіт Ia, так і розглянутого приміщення. У приміщеннях, де встановлено ЕОМ, рекомендується застосування тільки оптимальних значень показників мікроклімату.

Проведений аналіз показує, що показники мікроклімату в приміщенні відповідають установленим нормам. Штучне опалення застосовується у холодний період року.

В літню пору застосовується кондиціонер.

Для боротьби з пилом робляться регулярні провітрювання та вологі прибирання приміщенні.

У приміщенні знаходяться наступні джерела шуму: принтер *HP LaserJet 1018*, електродвигуни вентиляторів ЕОМ.

Одним з найважливіших факторів, які впливають на ефективність трудової діяльності людини, та попереджають травматизм і професійні захворювання програмістів є освітлення на робочому місці.

Працю працівника, який постійно працює за комп'ютером, згідно ДБН В.2.5 – 28 – 2006 р. можна віднести до роботи з малою точністю (найменший розмір об'єкта розрізнення від 1 до 5 мм) V-го розряду зорової роботи, з великою контрастністю об'єкта розрізнення (символів на екрані дисплея), з

темним тлом (під розряд зорової роботи В). Приміщення можна віднести до 1-ої групи приміщень, у яких проводиться розрізнення об'єктів зорової роботи при фіксованому напрямку лінії зору того, що працює на робочу поверхню. Для такого типу приміщень і розряду зорової роботи нормоване значення коефіцієнта природної освітленості (КПО) робочої поверхні (при поєднаному, спільному освітленні), повинен становити не більше 1,5%, освітленість при штучному висвітленні повинна становити 300 лк. Крім того все поле зору повинне бути освітлено достатньо рівномірно - ця основна гігієнічна вимога. Так як яскраве світло на ділянці периферійного зору значно збільшує напруженість очей і, як наслідок, призводить до їх швидкої стомлюваності, ступінь освітлення приміщення і яскравість екрану комп'ютера повинні бути приблизно однаковими.

8.4 Розробка заходів з умов поліпшення охорони праці

Згідно аналізу умов праці в розглянутому приміщенні, ми одержали наступні результати:

- розмірі приміщення, у розрахунку на одному працюючого, відповідають нормативам;
- мікроклімат відповідає нормативному значенню;
- акустичні умови роботи не перевищують нормативних значень;

Таким чином можна припустити, що основною причиною можливого зниження працездатності програміста є психофізіологічний фактор, тому основна пропозиція буде така: дотримання позитивної психологічної атмосфери в колективі та регламентованого режиму праці та відпочинку, організація робочого місця з урахуванням ергономічних вимог.

Рекомендовані заходи: регулярні періодичні наочні огляди персоналом шляхів для евакуації людей із приміщення, відповідно до плану евакуації (який повинен розташовуватись на видному місці у приміщенні), включення до

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		99

колективного договору мінімально можливого вмісту аптечок з обов'язковою наявністю масок-клапанів, або іншого спорядження для штучного дихання. Регулярна періодична перевірка параметрів заземлення та занулення (вимірювання опору розтіканню електричного струму на землю).

Так як при ураженні електричним струмом у людини може статися фібриляція шлуночків серця, в організації бажано мати дефібрилятор і підготовлений персонал для роботи з ним.

Розрахункова частина

Початкові дані для розрахунку штучного захисного заземлення:

Тип заземлення: робоче заземлення нульової точки трансформатора. Напруга — 220/380 В. Розташування заземлюючих електродів — по контуру.

Розрахунок проводиться за допустимим опором розтіканню струму заземлювача методом коефіцієнта використання заземлювачів.

Початкові дані для розрахунку захисного заземлення: тип верхнього шару ґрунта — чорнозем, нижнього шару ґрунта — глина. Умовна товщина верхнього шару ґрунта: $H=0,8$ м. Для захисного заземлення: застосовуються вертикальні електроди — прутки довжиною $L=2$ м. Відстань між вертикальними заземлювачами (електродами) $A=2$ м. Діаметр вертикального електрода (прутка) $D=60$ мм, Тип горизонтального заземлювача: металева полоса. Розміри перетину з'єднуючої полоси: 60×6 мм. ($b=60$ мм.). Опір заземлювача, який нормується: $R_{3H} = 4$ Ом. Глибина закладення горизонтального контура заземлення $t=0,6$ м.

Розрахунок захисного заземлення можна автоматизувати за допомогою програми, сирцевий код якої опублікован на стр.13-16 Метододичних вказівок до виконання розрахунків з викор. персон. ЕОМ IBM сумісного типу / Охорона праці. Ч. 1. Захисне заземлення / Кіровоград. ін-т с.-г. Машинобуд.; URL : <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/4358>, або будь якої відповідної іншої.

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		100

Розрахунок

Відстань від центра вертикального заземлювача до поверхні землі:

$$T=t+L/2=0,6+2/2=1,6 \text{ м.}$$

Еквівалентний питомий опір ґрунта:

$$\rho_{екв} = \psi \rho_1 \rho_2 L / [\rho_1 \psi(L-H+t) + \rho_2 \psi(H-t)] = 93,75 \text{ Ом}$$

де $\psi = 1,2$ - табличне значення коефіцієнта сезонності для відповідної кліматичної зони у багатошаровому ґрунті (джерело: http://ftemk.mpei.ac.ru/bgd/_private/Grunt/_t_goda.htm);

$\rho_1 = 50 \text{ Ом*м.}$ - табличне значення питомого опору верхнього шару ґрунта (джерело: https://el-line.ru/udelnoe_soprotivlenie_grunta.shtml);

$\rho_2 = 100 \text{ Ом*м.}$ - табличне значення питомого опору нижнього шару ґрунта (джерело: https://zandz.com/ru/udelnoe_soprotivlenie_grunta).

Опір розтіканню електричного струму одного електрода вертикального заземлювача:

$$R_0 = [\rho_1 / (2\pi * L)] * [\ln(2L/D) + 0,5 \ln(4T+L)/(4T-L)] = 40,6 \text{ Ом.}$$

Опір розтіканню електричного струму заземлювача, який нормується, $R=1$ якщо $\rho_{екв} < 100$ (у нас $\rho_{екв} = 93,75 < 100$), та $R = R_{зН} * \rho_{екв} / 100$, якщо $\rho_{екв} > 100$.

Опір розтіканню електричного струму горизонтального заземлювача (полоси):

$$R_{П} = 0,366(\rho_{екв} \psi / L_{П} \cdot \eta_{П}) \lg(2 / L_{П} * L_{П} / bt) = 35,7 \text{ Ом.}$$

де $\eta_{П} = 0,3$ - табличне значення коефіцієнта використання горизонтального

заземлювача, залежить від розташування (в ряд або по контуру) та співвідношення A/L ;

довжина горизонтального заземлювача (полоси) при розташуванні заземлювачів по контуру:

$$L_{П} = A * n = 2 * 16 = 32 \text{ м.};$$

де n – ітераційна кількість вертикальних заземлювачів.

									Арк.
									101
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат	ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ				

Загальний опір штучного заземлюючого пристрою розтіканню електричного струму на землю:

$$R_B = R_{II} R / (R_{II} - R) = 4,5 \text{ Ом.}$$

Враховуючи, що значення ρ_1 та ρ_2 по факту можуть бути меншими, розрахункове значення R_B цілком прийнятне.

Кількість вертикальних заземлювачів:

$$n = R_O / R_B * \eta_B = 16 \text{ шт.}$$

де $\eta_B = 0,6$ - табличне значення коефіцієнта використання вертикального заземлювача, залежить від розташування (в ряд або по контуру).

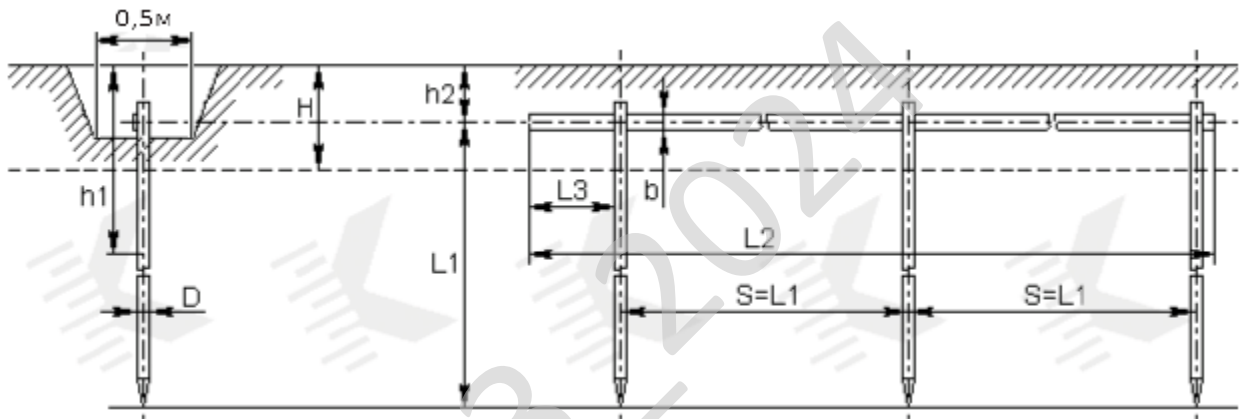


Рисунок 8.1 - Штучний заземлювач

Висновки до розділу

Дотримання всіх необхідних умов праці не лише сприяє збереженню здоров'я працівників, а також підвищує ефективність виробництва в цілому.

З цих міркувань було здійснено аналіз приміщення, призначеного для праці програмістів, проведено розгляд небезпечних та шкідливих факторів, що негативно впливають на програмістів під час роботи. Виконано розрахунок штучного освітлення, як одного з ключових факторів впливу на працездатність та здоров'я програміста. Розроблено заходи з охорони праці.

9 ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній магістерській роботі мною було розроблена автоматизована система управління процесом сушіння деревини з використанням мікроконтролерних засобів та розробкою програмного забезпечення для візуального управління процесом сушки.

Також розроблено і спроектовано схеми: функціональна, схема зовнішніх з'єднань, принципова електрична схема, схема монтажу електрокомпонентів,

Запроектована мікроконтролерна система на базі сучасного мікроконтролера PIC16F877 здійснює збір всіх основних показників роботи сушарки та регулювання протіканням процесу за наперед заданою програмою. При регулюванні процесом застосовано принцип двопозиційного регулювання.

Для якісного збору технологічних параметрів використані сучасні давачі температури, вологості в камері та вологості пиломатеріалів. Що дає змогу точніше, і головне швидше реагувати на зміну стану об'єкта автоматизації. Також відбулися зміни у вимірюванні температури, після автоматизації значення температури знімаються цифровими давачами, значення яких обробляється мікроконтролером, що дає високу швидкість та точності обробки інформації.

Побудована на базі сучасних технічних засобів мікроконтролерна система, разом з комплексом давачів збору технологічних параметрів, дозволить проводити сушіння різних порід деревини по визначеним програмам, що вносяться оператором, та мають високу ступінь гнучкості. Також не виключена можливість адаптації програм в залежності від потреб що виникають при сушінні різних порід деревини.

Слід також зауважити, що при розробці системи було застосовано давачі, які дозволяють здійснювати вимірювання значень параметрів в широких межах

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		103

та з високою точністю, що забезпечує якісне керування процесом та вищу якість отримуваної продукції, що фактично неможливо здійснити за допомогою застарілих приладів та впливу на процес оператором вручну.

В цілому створене програмне забезпечення підтверджує правильність використаних проектних рішень та повністю відповідає вимогам технічного завдання. Створене програмне забезпечення має потенційну можливість для подальшого вдосконалення і застосування у різних галузях.

Так в роботі отримано наступні результати:

- розроблено та обґрунтовано алгоритм автоматизованого керування триступеневим сушінням деревини у камерній сушарці гібридного типу, що забезпечує оптимальне регулювання температури, вологості та швидкості циркуляції повітря для покращення якості сушіння;
- встановлено переваги використання гібридного методу сушіння, який поєднує конвекційне та радіаційне сушіння, що дозволяє підвищити енергоефективність процесу та забезпечити рівномірне висушування деревини різних порід;
- розроблено математичну модель сушіння деревини, яка описує взаємозв'язок між параметрами процесу (температура, вологість, швидкість повітряного потоку) та якісними характеристиками кінцевого продукту;
- запропоновано адаптивну систему керування процесом сушіння, що враховує зміну фізико-хімічних характеристик деревини під час сушіння та дозволяє в реальному часі регулювати параметри сушарки;
- розроблено програмне забезпечення для моніторингу та управління сушінням, яке забезпечує автоматизоване налаштування режимів роботи сушарки, контроль параметрів та візуалізацію даних для оператора.

Еспериментально підтверджено ефективність запропонованої системи, яка забезпечує:

- скорочення тривалості сушіння на 20–25%;
- зниження енергоспоживання на 15–18%;

- збереження фізико-механічних властивостей деревини без дефектів, спричинених нерівномірним сушінням;
- запропонована методика може бути використана в деревообробній промисловості для підвищення якості продукції та економії ресурсів, сприяючи розвитку автоматизованих систем керування технологічними процесами.

КБПЗ_2024

					БКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		105

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бородин І.Ф., Кирилин Н.І. Основи автоматики и автоматизації виробничих процесів.-К.:Колос,2001.-328 с.
2. Довідник по автоматизації с/г виробництва //За ред. І.І. Мартиненка.-К.:Урожай,1985.-212 с.
3. Романенко В.Д.Методи автоматизації прогресивних технологій.-К.:Вища школа,1995.-519 с.
4. Шило В.Л. Популярні цифрові мікросхеми: Довідник.,-Х.:Радіо і зв'язок , 1989.-352 с.
5. Люк Веллинг, Лора Томсон. Розробка Web -додатків за допомогою PHP і MySQL : Вільямс, 2012р., - 880 с.
6. Городецька О. С. Комп'ютерні мережі / О. С. Городецька, В. А. Гикавий, О. В. Онищук. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 129 с.
7. Хорошко В. А., Чекатков А.А. Методи і засоби захисту інформації – К.: Юніор, 2003. – 501 с.
8. А. Філд, П. Харрісон Функціональне програмування. / А. Філд, П. Харрісон. – К: Москва "Мир", 1993. – 55 с.
9. Романенко В.Д. Методи автоматизації прогресивних технологій.-К.:Вища школа, 2005.-519 с
10. Закон України «Про захист інформації в інформаційно-телекомунікаційних системах» [Електронний ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2594-15>
11. Люк Веллинг, Лора Томсон. Розробка Web -додатків за допомогою PHP і MySQL : Вільямс, 2012р., - 880 с.
12. Пасічник О. Г., Пасічник О. В., Стеценко І. В. Основи веб-дизайну: Навч. посіб. -К.: Вид. група ВНУ. 2011р. -336 с:

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ПЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		106

13. Офіційний сайт AngularJS. – Режим доступу <https://angularjs.org/> – Дата доступу : 27.04.2016.
14. Toigo, J.W. The holy Grail of enterprise data storage. / Toigo, J.W. // Prentice-Hall, 1999 – pp. 64 – 69.
15. Rao, K., Yip P. (eds.), The Transform and Data Compression Handbook, CRC Press, Baton Rouge, 2001.
16. Правила пожежної безпеки в Україні, затверджених наказом МНС України від 19.10.2004 № 126, зареєстрованих в Міністерстві юстиції України 4.11.2004 за № 1410/10009 (НАПБ А.01.001 - 04).
17. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку: ДСН 3.3.6.037-99- 2000
18. Агропромисловий комплекс України: стан та перспективи розвитку (1990-2000) (за ред. П.Т. Саблука, М.Я. Дем'яненка, М.Ф. Кропивка.– К.:ІАЕ УААН, 1999.– 335 с.)
19. Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Дубиняк С.Г. Теорія технічних систем .- К.: Тернопіль, 1998.-310с
20. Шендрик Є.В. Інформаційна модель оцінки маси об'єкта при обмеженому часі зважування: Дис...канд. техн. наук. – Одеса, 2003. – 128 с.
21. Блохін Л.М., Буриченко М.Ю. Статистична динаміка систем управління: Підручник. – К.: НАУ, 2003. – 208 с.
22. Соболев И.М. Метод Монте-Карло. – М.: Наука, 1968. – 64 с.
23. Офіційний сайт компанії Samsung — Режим доступу: <http://developer.samsung.com/smart-home>.
24. Офіційний сайт компанії Amazon — Режим доступу: https://aws.amazon.com/ru/pricing/?nc2=h_ql_ny_livestream_blu
25. Tesla Nikola. Method of and apparatus for controlling mechanism of moving vessels and vehicles//Patent 613809
26. Датчики вологості DHT11 и DHT22. – Режим доступу : <http://homesmart.ru/index.php/oborudovanie/datchiki/datchiki-vlazhnosti-dht11-i-dht22> .

38. Linux [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://en.wikipedia.org/wiki/Linux>

39. npm-audit [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://docs.npmjs.com/cli/audit>

40. TypeScript [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.typescriptlang.org/>

41. SQL [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://uk.wikipedia.org/wiki/SQL>

42. MongoDB Compass [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.mongodb.com/products/compass>

43. Postman [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.postman.com/>

44. SQL [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:
<https://uk.wikipedia.org/wiki/SQL>

КБПЗ – 2024

Додаток А
(обов'язковий)

Технічне завдання

Зміст

1 Найменування та область застосування.....	2
2 Підстава для розробки.....	2
3 Мета та призначення розробки.....	2
4 Джерела розробки.....	2
5 Технічні вимоги.....	2
5.1 Вміст проекту.....	2
5.2 Показники призначення.....	3
5.3 Вимоги до функціональних характеристик.....	3
5.4 Вимоги до архітектури.....	3
5.5 Вимоги до надійності.....	3
5.6 Умови експлуатації.....	4
5.7 Вимоги до складу та параметрів технічних засобів.....	4
5.8 Вимоги до інформаційної і програмної сумісності.....	4
5.8.1 Обладнання.....	4
5.8.2 Мова програмування.....	4
5.8.3 Вхідні дані.....	5
5.8.4 Вихідні дані.....	5
6 Вимоги до програмної документації.....	5
7 Економічні вимоги.....	5
8 Вимоги щодо охорони праці.....	5
9 Перелік документів, що розробляються.....	6
10 Етапи розробки.....	6
11 Порядок контролю та приймання.....	6

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ТЗ			
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата				
Розробив	Суббота А.В				Дослідження та програмна реалізація керування триступневим сушінням деревини у камерній сушарці гібридного типу	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Марченко К.М					Б	1	6
Н. Контр.	Коваленко А.С				ЦНТУ КІ-23М			
Затв.	Смірнов О.А.							

1 Найменування та область застосування

Це технічне завдання розповсюджується на розробку програмного забезпечення мікропроцесорної системи управління сушарки гібридного типу.

2 Підстава для розробки

Підставою для розробки служить завдання на магістерську роботу, видане на кафедрі кібербезпеки та програмного забезпечення (нак. № 19-13 від 07.08.2024 року).

3 Мета та призначення розробки

Метою роботи є дослідження та програмна реалізація мікропроцесорної системи управління сушарки гібридного типу.

4 Джерела розробки

Джерелом цієї магістерської роботи є відносна до теми література і існуючі аналоги.

5 Технічні вимоги

5.1 Склад продукції

Складниками розробки є:

- вибір і обґрунтування методів реалізації проекту;
- розробка програмної частин системи, а також розробка взаємодії системи з ОС та з користувачем;

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ТЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		2

– розробка програми, що реалізує спроектовані алгоритми роботи системи.

5.2 Показники призначення

Система повинна забезпечувати:

- розробка додатку;
- розробка програми для мікропроцесора керування;
- систему підключення та тестування баз даних ;
- цілісність даних у процесі роботи та при зберіганні;
- простий, інтуїтивно зрозумілий інтерфейс.

5.3 Вимоги до функціональних характеристик

Розроблене програмне забезпечення не повинно мати обмежень на версію драйверів та операційної системи.

5.4 Вимоги до архітектури

Компонент, що розробляється повинен використовувати системні засоби та апаратні засоби, що на даному етапі розвитку обчислювальної техніки найбільше поширені.

5.5 Вимоги до надійності

Програмні модулі написані по всім правилам, які стосуються стандартних викликів процедур, функцій, методів і форм, визначених технічною документацією на середовище розробки.

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ТЗ	Арк.
						3
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

5.6 Умови експлуатації

Робочі місця користувачів ПЗ повинні задовольняти наступним умовам експлуатації:

- температура повітря: 19-20 град. по Цельсію;
- відносна вологість повітря до 80%;
- атмосферний тиск 107 кПа.

5.7 Вимоги до складу та параметрів технічних засобів

Програмне забезпечення повинно бути реалізоване на ПЕОМ архітектури IBM PC, працювати в ОС Windows XP/Vista/7/8/10/11 і з сумісними з цією платформою пристроями і прикладним програмним забезпеченням.

5.8 Вимоги до інформаційної і програмної сумісності

Переносність програмного забезпечення повинна бути забезпечена за рахунок його реалізації стандартного інтерфейсу взаємодії з ОС, що працюють під управлінням ОС Windows XP/Vista/7/8/10/11.

5.8.1 Обладнання

Комп'ютер Intel® Celeron/8 Mb/1.2 Gb/SVGA 14" 1Mb або сумісні з ним.

5.8.2 Мова програмування

C++

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ТЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		4

5.8.3 Вхідні дані

Опис алгоритму роботи запропонованої системи.

5.8.4 Вихідні дані

Робоча програма.

6 Вимоги до програмної документації

Програмна продукція повинна бути представлена у виді опису структури даних, схем та опису алгоритму, а також текстів вихідних модулів програмного забезпечення згідно ЄСПД .

7 Економічні вимоги

7.1 Маркетингове та економічне обґрунтування ІТ-проєкту

7.2 Виконати розрахунок витрат показників економічного ефекту з урахуванням цін на 3 вересня 2024 року.

8 Вимоги щодо охорони праці

В частині охорони праці та техніки безпеки в магістерській роботі повинні бути розглянуто заходи покращення умов праці та розрахунок захисного заземлення.

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ТЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		5

9 Перелік документів, що розробляються

- Наукова новизна – 1 аркуш.
- Структурна схема системи – 1 аркуш.
- Функціональна схема системи – 1 аркуш.
- Діаграма процесів – 1 аркуш.
- Блок-схема алгоритму роботи програми – 2 аркуша.
- Маркетингове та економічне обґрунтування ІТ-проєкту – 1 аркуш.
- Пояснювальна записка - 108 аркушів.

10 Етапи розробки

10.1 Збір і обробка інформації по темі випускної роботи. Постановка задачі на виконання кваліфікаційної роботи (складання ТЗ).

10.2 Проведення досліджень або експериментальних робіт для уточнення основних положень випускної магістерської роботи.

10.3 Розробка функціональних схем, блок схем алгоритмів роботи програмного забезпечення.

10.4 Побудова схем взаємодії даних.

10.5 Створення прототипу ПЗ.

10.6 Відналадження ПЗ, аналіз отриманих результатів.

10.7 Оформлення пояснювальної записки і виконання робіт по графічній частині.

11 Порядок контролю та приймання

11.1 Подання випускної роботи на попередній захист 04.12.2024 р.

11.2 Подання магістерської роботи на захист 10.12.2024 р.

					ВКРМ-123.24.0043.00.00.ТЗ	Арк.
Вим.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		6

Додаток Б
(обов'язковий)

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет

ЗАТВЕРДЖУЮ
Керівник випускної кваліфікаційної роботи
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
_____ Марченко К.М.

*Дослідження та програмна реалізація керування триступеневим
сушінням деревини у камерній сушарці гібридного типу*

Лістинг програми

Код документу 12

Носій: CD/DVD-диск

Загальна кількість аркушів: 15

Літера: РП

Кропивницький – 2024 року

Програмний код для програмування мікроконтролера

```

.include "tn26def.inc" ;файл описань імен регістрів

    .def    tmp=r16      ;робоча змінна
    .def    hrs=r20      ;кількість годин
    .def    num=r18      ;робоча змінна
    .def    m=r21        ;m=0, якщо таймер працює.
                        ;m використовується для
                        ;запобігання режиму BLINK
                        ;в режимі "ТАЙМЕР"

rjmp    RESET          ;перехід після сбросу
rjmp    EXT_INT0       ;перехід поіля зовнішнього
                        ;переривання

RESET:                  ;головна програма

    ldi    tmp, RAMEND  ;ініціалізація стека
    out    sp, tmp

    ldi    tmp, 0b01000000
    out    GIMSK, tmp   ;дозволяємо зовнішнє переривання
    ldi    tmp, 0b00000010
    out    MCUCR, tmp   ;переривання по задньому
                        ;фронту імпульса

    ldi    tmp, 0b01111111 ;настройка портів
    out    ddra, tmp    ;PA0..PA6 - на вивід, PA7 - на ввід
    ldi    tmp, 0b00000110 ;PB4, PB6, PB5, PB3 - на ввід,
    out    ddrb, tmp    ;PB2, PB1 - на вивід

    clr    tmp          ;tmp = 0
    clr    hrs          ;hrs = 0
    rcall  INDICATE

START:
    clr    tmp
    clr    hrs
    rcall  INDICATE

```

```

sei                                ;дозволяємо переривання
STRT: sbis   pina,7                 ;чекаємо натиску кнопки "ПУСК"
      rjmp   STRT
      rcall  del_s                 ;затримка 1 сек
      rcall  del_s
      sbis   pina,7                 ;якщо "ПУСК" ще замкнений - працюємо
      rjmp   STRT                 ;інакше - знову чекаємо

      sbi    portb,1               ;сповіщаємо
      rcall  del_s                 ;користувача
      cbi    portb,1               ;про початок
      rcall  del_s                 ;виконання
      sbi    portb,1               ;алгоритма
      rcall  del_s                 ;блиманням
      cbi    portb,1               ;світлодіода

      sbis   pinb,3                 ;якщо PB3 = 1, то йдемо
      rjmp   REPEAT               ;на режим "ТАЙМЕР", інакше - "ПОВТОР"
      rcall  INDICATE

TIMER: cli                          ;режим "ТАЙМЕР"
      rcall  INDICATE
      tst    hrs                   ;якщо hrs = 0, то відкачуємо воду
      breq   IMMEDIATE            ;якщо необхідно почекати, то
      dec    hrs                   ;інкрементуємо hrs та
      rcall  del_h                 ;чекаємо (якщо hrs <> 0)
      rjmp   TIMER

IMMEDIATE: rcall  IND_LS
          sbis   pinb,5
          rjmp   START
          rcall  PUMPING
          clr    hrs
          rjmp   START

```

```
INDICATE:                                ;показуємо hrs на 7-сегментнику
                                           ;порівнюємо hrs із одиницею, і якщо
                                           ;hrs <> 1, то перевіряємо чи не дорівнює
                                           ;hrs двійці. Якщо hrs = 1, то
cpi    hrs,1
brne   TWO                                ;пишемо в num число, для "1"
ldi    num,0b00000110
out    porta,num                          ;і виводимо на індикацію
ret                                         ;виходимо із підпрограми

TWO:   cpi    hrs,2
brne   THREE
ldi    num,0b01011011
out    porta,num
ret

THREE: cpi    hrs,3
brne   FOUR
ldi    num,0b01001111
out    porta,num
ret

FOUR:  brne   FIVE
ldi    num,0b01100110
out    porta,num
ret

FIVE:  cpi    hrs,5
brne   SIX
ldi    num,0b01101101
out    porta,num
ret

SIX:   cpi    hrs,6
brne   SEVEN
ldi    num,0b01111101
out    porta,num
ret

SEVEN: cpi    hrs,7
brne   EIGHT
ldi    num,0b00000111
out    porta,num
ret
```

```

EIGHT:      cpi      hrs,8
             brne     NINE
             ldi      num,0b01111111
             out      porta,num
             ret

NINE:       cpi      hrs,9
             brne     ZERO
             ldi      num,0b01101111
             out      porta,num
             ret

ZERO:       ldi      num,0b00111111
             out      porta,num
             ret

REPEAT:     cli                          ;режим "ПОВТОР"
             rcall   INDICATE
             tst     hrs
             breq    PUMP
             rcall   del_h
             dec     hrs
             rcall   INDICATE
             rcall   REPEAT

PUMP:       mov      hrs,tmp              ;відновлюємо дані

             rcall   IND_LS
             sbis    pinb,5              ;перевіряємо, якщо ДР=0, то
             rjmp    REPEAT
             rcall   PUMPING
             rjmp    REPEAT

PUMPING:    ;підпрограма відкачки

             ldi     m,1
             sbi     portb,1              ;оповіщаємо користувача
             sbi     portb,2              ;та вмикаємо насос

CONT:       com     m                      ;затримка 1 хв з анімацією

```

```
mov    num,m
inc    num
andi   num,1
breq   INV

ldi    num,0b00000001 ;горить сегмент A
out    porta,num
rcall  del_s
rcall  del_s
ldi    num,0b00000011 ;B
out    porta,num
rcall  del_s
rcall  del_s
ldi    num,0b00000111 ;C
out    porta,num
rcall  del_s
rcall  del_s
ldi    num,0b00001111 ;D
out    porta,num
rcall  del_s
rcall  del_s
ldi    num,0b00011111 ;E
out    porta,num
rcall  del_s
rcall  del_s
ldi    num,0b00111111 ;F
out    porta,num
rcall  del_s
rjmp   CHK
```

```
INV:   ldi    num,0b00111110 ;горить сегмент A
out    porta,num
rcall  del_s
rcall  del_s
ldi    num,0b00111100 ;B
```

```

out    porta,num
rcall  del_s
rcall  del_s
ldi    num,0b00111000 ;C
out    porta,num
rcall  del_s
rcall  del_s
ldi    num,0b00110000 ;D
out    porta,num
rcall  del_s
rcall  del_s
ldi    num,0b00100000 ;E
out    porta,num
rcall  del_s
rcall  del_s
ldi    num,0b00000000 ;F
out    porta,num
rcall  del_s

```

CHK:

```

rcall  del_s
sbic   pinb,5           ;якщо рівень високий, то
rjmp   CONT           ;відкачуємо й надалі

                               ;якщо рівень став низьким, то
cbi    portb,1         ;відключаємо насос
cbi    portb,2         ;та сигналізацію відкачки
clr    hrs
rcall  INDICATE
ret

```

IND_LS:

```

                               ;сповіщаємо щодо перевірки ДР:
                               ;два рази блимає "d"

clr    num
out    porta,num
rcall  del_s
ldi    num,0b01011110

```

```

        out     porta,num
        rcall  del_s
        clr     num
        out     porta,num
        rcall  del_s
        ldi     num,0b01011110
        out     porta,num
        rcall  del_s
        clr     num
        out     porta,num
        ret

EXT_INT0:                                ;зовнішнє переривання

        cpi     hrs,9                      ;якщо hrs <> 9, то
        brne   SKIP                       ;не змінюємо його
        clr     hrs                        ;інакше - hrs=0
        rjmp   S

SKIP:    inc     hrs                       ;hrs = hrs - 1
S:       mov     tmp,hrs                   ;tmp = hrs
        rcall  INDICATE
        reti

del_s:                                       ;затримка 0.5 сек

        push   r16
        push   r17
        push   r18
        ldi    r18,65
del11:   ldi    r17,49
del12:   ldi    r16,52
del13:   dec    r16
        brne   del13
        dec    r17
        brne   del12
        dec    r18
        brne   del11

```

```
        pop     r18
        pop     r17
        pop     r16
        ret

del_h:                                     ;затрима 1 година

        push   r16
        push   r17
        push   r18
        push   r19

        ldi    r19,246                    ;246 (109 для 5 сек)
del34:   ldi    r18,140                    ;140 (150 для 5 сек)
del33:   ldi    r17,180                    ;180 (10 для 5 сек)
del32:   ldi    r16,195                    ;195 (10 для 5 сек)
del31:   dec    r16

        brne   del31
        dec    r17
        brne   del32
        dec    r18
        brne   del33
        dec    r19
        brne   del34

        pop    r19
        pop    r18
        pop    r17
        pop    r16

        ret

    }

#include "stm32f1xx_hal.h"

// GPIO для реле
#define RELAY_PIN GPIO_PIN_0
#define RELAY_PORT GPIOA

// Датчик температуры (використовується вбудований АЦП)
#define TEMP_SENSOR_ADC_CHANNEL ADC_CHANNEL_1
```

```
ADC_HandleTypeDef hadc;

void SystemClock_Config(void);
void MX_GPIO_Init(void);
void MX_ADC_Init(void);

int main(void) {
    HAL_Init();
    SystemClock_Config();
    MX_GPIO_Init();
    MX_ADC_Init();

    uint32_t tempValue;
    while (1) {
        HAL_ADC_Start(&hadc);
        if (HAL_ADC_PollForConversion(&hadc, HAL_MAX_DELAY) == HAL_OK) {
            tempValue = HAL_ADC_GetValue(&hadc);
        }
        HAL_ADC_Stop(&hadc);

        // Простий контроль нагрівача
        if (tempValue > 2000) { // Порогове значення
            HAL_GPIO_WritePin(RELAY_PORT, RELAY_PIN, GPIO_PIN_RESET); //
Вимкнути нагрівач
        } else {
            HAL_GPIO_WritePin(RELAY_PORT, RELAY_PIN, GPIO_PIN_SET); //
Увімкнути нагрівач
        }
    }

    // Ініціалізація GPIO
    void MX_GPIO_Init(void) {
        __HAL_RCC_GPIOA_CLK_ENABLE();

        GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStruct = {0};
```

```
GPIO_InitStruct.Pin = RELAY_PIN;
GPIO_InitStruct.Mode = GPIO_MODE_OUTPUT_PP;
GPIO_InitStruct.Pull = GPIO_NOPULL;
GPIO_InitStruct.Speed = GPIO_SPEED_FREQ_LOW;
HAL_GPIO_Init(RELAY_PORT, &GPIO_InitStruct);
}

// Ініціалізація АЦП
void MX_ADC_Init(void) {
    __HAL_RCC_ADC1_CLK_ENABLE();
    hadc.Instance = ADC1;
    hadc.Init.ScanConvMode = ADC_SCAN_DISABLE;
    hadc.Init.ContinuousConvMode = DISABLE;
    hadc.Init.DiscontinuousConvMode = DISABLE;
    hadc.Init.DataAlign = ADC_DATAALIGN_RIGHT;
    hadc.Init.NbrOfConversion = 1;
    HAL_ADC_Init(&hadc);

    ADC_ChannelConfTypeDef sConfig = {0};
    sConfig.Channel = TEMP_SENSOR_ADC_CHANNEL;
    sConfig.Rank = ADC_REGULAR_RANK_1;
    sConfig.SamplingTime = ADC_SAMPLETIME_1CYCLE_5;
    HAL_ADC_ConfigChannel(&hadc, &sConfig);
}

// Налаштування системного годинника
void SystemClock_Config(void) {
    RCC_OscInitTypeDef RCC_OscInitStruct = {0};
    RCC_ClkInitTypeDef RCC_ClkInitStruct = {0};

    RCC_OscInitStruct.OscillatorType = RCC_OSCILLATORTYPE_HSE;
    RCC_OscInitStruct.HSEState = RCC_HSE_ON;
    RCC_OscInitStruct.PLL.PLLState = RCC_PLL_ON;
    RCC_OscInitStruct.PLL.PLLSource = RCC_PLLSOURCE_HSE;
    RCC_OscInitStruct.PLL.PLLMUL = RCC_PLL_MUL9;
    HAL_RCC_OscConfig(&RCC_OscInitStruct);
```

```

        RCC_ClkInitStruct.ClockType = RCC_CLOCKTYPE_HCLK | RCC_CLOCKTYPE_SYSCLK
| RCC_CLOCKTYPE_PCLK1 | RCC_CLOCKTYPE_PCLK2;

        RCC_ClkInitStruct.SYSCLKSource = RCC_SYSCLKSOURCE_PLLCLK;
        RCC_ClkInitStruct.AHBCLKDivider = RCC_SYSCLK_DIV1;
        RCC_ClkInitStruct.APB1CLKDivider = RCC_HCLK_DIV2;
        RCC_ClkInitStruct.APB2CLKDivider = RCC_HCLK_DIV1;
        HAL_RCC_ClockConfig(&RCC_ClkInitStruct, FLASH_LATENCY_2);
    }

#include "stm32f4xx_hal.h"

// Параметри роботи
#define TEMP_THRESHOLD_HIGH 50.0f // Гранична температура (макс)
#define TEMP_THRESHOLD_LOW 30.0f // Гранична температура (мін)

// Піни для управління
#define HEATER_PIN GPIO_PIN_0
#define HEATER_PORT GPIOA
#define FAN_PIN GPIO_PIN_1
#define FAN_PORT GPIOA

// Прототипи функцій
void SystemClock_Config(void);
void GPIO_Init(void);
void ADC_Init(void);
float Read_Temperature(void);
void Control_Heater(float temperature);

ADC_HandleTypeDef hadc1;

int main(void) {
    HAL_Init();
    SystemClock_Config();
    GPIO_Init();
    ADC_Init();

```

```
while (1) {
    // Зчитування температури
    float temperature = Read_Temperature();

    // Управління нагрівачем та вентилятором
    Control_Heater(temperature);

    HAL_Delay(1000); // Затримка 1 секунда
}

void GPIO_Init(void) {
    __HAL_RCC_GPIOA_CLK_ENABLE();

    GPIO_InitTypeDef GPIO_InitStructure = {0};

    // Налаштування пінів для нагрівача та вентилятора
    GPIO_InitStructure.Pin = HEATER_PIN | FAN_PIN;
    GPIO_InitStructure.Mode = GPIO_MODE_OUTPUT_PP;
    GPIO_InitStructure.Pull = GPIO_NOPULL;
    GPIO_InitStructure.Speed = GPIO_SPEED_FREQ_LOW;
    HAL_GPIO_Init(GPIOA, &GPIO_InitStructure);
}

void ADC_Init(void) {
    __HAL_RCC_ADC1_CLK_ENABLE();

    hadc1.Instance = ADC1;
    hadc1.Init.Resolution = ADC_RESOLUTION_12B;
    hadc1.Init.ScanConvMode = DISABLE;
    hadc1.Init.ContinuousConvMode = DISABLE;
    hadc1.Init.DiscontinuousConvMode = DISABLE;
    hadc1.Init.DataAlign = ADC_DATAALIGN_RIGHT;
    hadc1.Init.ExternalTrigConv = ADC_SOFTWARE_START;
    HAL_ADC_Init(&hadc1);
}
```

```
float Read_Temperature(void) {
    HAL_ADC_Start(&hadc1);

    if (HAL_ADC_PollForConversion(&hadc1, HAL_MAX_DELAY) == HAL_OK) {
        uint32_t adc_value = HAL_ADC_GetValue(&hadc1);
        // Перетворення ADC-значення в температуру
        return ((float)adc_value / 4095.0f) * 100.0f; // Наприклад, для датчика з
діапазоном 0-100°C
    }
    return 0.0f;
}

void Control_Heater(float temperature) {
    if (temperature < TEMP_THRESHOLD_LOW) {
        HAL_GPIO_WritePin(HEATER_PORT, HEATER_PIN, GPIO_PIN_SET); // Увімкнути
нагрівач
        HAL_GPIO_WritePin(FAN_PORT, FAN_PIN, GPIO_PIN_RESET); // Вимкнути
вентилятор
    } else if (temperature > TEMP_THRESHOLD_HIGH) {
        HAL_GPIO_WritePin(HEATER_PORT, HEATER_PIN, GPIO_PIN_RESET); // Вимкнути
нагрівач
        HAL_GPIO_WritePin(FAN_PORT, FAN_PIN, GPIO_PIN_SET); // Увімкнути
вентилятор
    } else {
        HAL_GPIO_WritePin(HEATER_PORT, HEATER_PIN, GPIO_PIN_RESET); // Вимкнути
нагрівач
        HAL_GPIO_WritePin(FAN_PORT, FAN_PIN, GPIO_PIN_RESET); // Вентилятор
теж вимкнено
    }
}

void SystemClock_Config(void) {
    // Налаштування системного годинника (приклад)
    RCC_OscInitTypeDef RCC_OscInitStruct = {0};
    RCC_ClkInitTypeDef RCC_ClkInitStruct = {0};

    RCC_OscInitStruct.OscillatorType = RCC_OSCILLATORTYPE_HSI;
    RCC_OscInitStruct.HSISState = RCC_HSI_ON;
```

```
RCC_OscInitStruct.HSICalibrationValue = RCC_HSICALIBRATION_DEFAULT;
RCC_OscInitStruct.PLL.PLLState = RCC_PLL_ON;
RCC_OscInitStruct.PLL.PLLSource = RCC_PLLSOURCE_HSI;
RCC_OscInitStruct.PLL.PLLM = 16;
RCC_OscInitStruct.PLL.PLLN = 336;
RCC_OscInitStruct.PLL.PLLP = RCC_PLLP_DIV4;
RCC_OscInitStruct.PLL.PLLQ = 7;
HAL_RCC_OscConfig(&RCC_OscInitStruct);
```

```
RCC_ClkInitStruct.ClockType = RCC_CLOCKTYPE_HCLK | RCC_CLOCKTYPE_SYSCLK
                          | RCC_CLOCKTYPE_PCLK1 | RCC_CLOCKTYPE_PCLK2;
RCC_ClkInitStruct.SYSCLKSource = RCC_SYSCLKSOURCE_PLLCLK;
RCC_ClkInitStruct.AHBCLKDivider = RCC_SYSCLK_DIV1;
RCC_ClkInitStruct.APB1CLKDivider = RCC_HCLK_DIV2;
RCC_ClkInitStruct.APB2CLKDivider = RCC_HCLK_DIV1;

HAL_RCC_ClockConfig(&RCC_ClkInitStruct, FLASH_LATENCY_2);
```

```
}
```

КБПЗ_2024