

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. Кафедри

_____ Довбиш А.С.

_____ 2020 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

на тему: «**Автоматизована система сушки деревини**»

(Дипломний проект)

Керівник проекту:

асистент

Панич А.О.

Дипломник:

студент групи СУ-61

Ковальчук Б.В.

Суми – 2020

Ном.поз	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	№ екз.	Примітки
			<u>Документація загальна</u>			
			<u>Застосована</u>			
1			Завдання кафедри	2		
			<u>Новорозроблена</u>			
2		ТЗ	Технічне завдання	2		
3			Реферат	1		
4		СУ-61.6.151.07.ПЗ	Пояснювальна записка	43		
			<u>Документація конструкторська</u>			
			<u>Новорозроблена</u>			
5	A3	СУ-61.6.151.07.A2	Автоматизована система сушки деревини. Функціональна схема автоматизації	1		
6	A4	СУ-61.6.151.07.ПЕ	Автоматизована система сушки деревини. Перелік елементів	1		
7	A4	СУ-61.6.151.07.C1	Автоматизована система сушки деревини. Схема інформаційно-матеріальних потоків	1		

					<i>СУ-61.6.151.07.ДП</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Ковальчук Б.В.</i>			<i>Автоматизована система сушки деревини. Відомість проекту</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Панич А.О.</i>					2	2
<i>Реценз.</i>						<i>СумДУ, СУ-61</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Дрозденко О.О.</i>						

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. Кафедри

_____ Довбиш А.С.

_____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту
Ковальчуку Богдану Вікторовичу

1. Тема проекту: Автоматизована система сушки деревини.
Затверджено наказом ректора університету. №0543.ІІІ від “21” квітня 2020р.
2. Термін здавання студентом закінченого проекту “23” травня 2020р.
3. Вихідні дані до проекту: звіт з переддипломної практики, наукові публікації, статті, технічна документація.
4. Зміст пояснювальної записки: відомості про сушку деревини, види сушки деревини, аналіз технологічного процесу сушки деревини у вакуумній камері, функціональні задачі керування, опис контурів керування, безпека та сигналізація, розробка алгоритмів роботи, вибір засобів автоматизації, програмні засоби керування процесом сушки, охорона праці, висновок.
5. Перелік графічних матеріалів: 26 рисунків, 10 таблиць, 1 додатків.
6. Календарний план проектування

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та аналіз літератури і першоджерел.	22.04.2020 – 25.04.2020
2	Розгляд систем сушки деревини.	26.04.2020 – 01.05.2020
3	Розробка автоматизованої системи сушки деревини	02.04.2020 – 15.05.2020
4	Розробка основних схем автоматизації.	16.05.2020 – 19.05.2020

5	Оформлення дипломного проекту та супровідної документації	20.05.2020 – 23.05.2020
---	---	-------------------------

7. Дата видачі завдання “21” квітня 2020р.

Керівник проекту:

Асистент

Панич А.О.

До виконання прийняв:

Студент-дипломник

групи СУ-61

Ковальчук Б.В.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування автоматизованої системи сушки деревини

Розробник:
студент групи СУ-61

Ковальчук Б.В.

Погоджено:
асистент

Панич А.О.

1. Назва і галузь застосування: автоматизована система сушки деревини; мала та середня автоматизація, деревообробна промисловість.

2. Підстави для проектування: Наказ ректора Сумського державного університету № 0543.ІІІ від 21.04.2020;

3. Мета і призначення проекту: Проаналізувати існуючі системи автоматизації та розробити основні схеми автоматизації; Створити автоматизовану систему сушки деревини.

4. Джерела розроблення: конструкторська документація отримана під час проходження переддипломної практики, результати аналізу існуючих систем сушки деревини.

5. Режим роботи об'єкта: режим роботи за графіком, з щоденними технічними роботами та регулярним плановим технічним обслуговуванням.

6. Умови експлуатації СК: живлення блоку живлення для шафи управління – 220В; частота – 50 Гц; живлення ПЛК – 220В; 50 Гц; живлення панелі оператора – 24В; 50Гц;. Ступінь захисту складових частин обладнання автоматизації – не нижче IP 20.

7. Технічні вимоги: ДСТУ 21.404 – 85 Автоматизація технічних процесів; ДСТУ 12.2.016 – 81 Система стандартів безпеки праці. Загальні вимоги безпеки.

8. Стадії та етапи проектування:

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та аналіз літератури і першоджерел.	22.04.2020 – 25.04.2020
2	Розгляд систем сушки деревини.	26.04.2020 – 01.05.2020
3	Розробка автоматизованої системи сушки деревини	02.04.2020 – 15.05.2020
4	Розробка основних схем автоматизації.	16.05.2020 – 19.05.2020
5	Оформлення дипломного проекту та супровідної документації	20.05.2020 – 23.05.2020

9. Додатки: Додаток А: Алгоритми управління.

РЕФЕРАТ

Ковальчук Богдан Вікторович. Автоматизована система сушки деревини. Дипломний проект. Сумський державний університет. Суми, 2020 р.

Дипломний проект містить 43 аркушів пояснювальної записки, 26 рисунків, 10 таблиць, 1 додатків, 3 схеми. При виконанні дипломного проекту було використано 14 літературних джерел.

Даний дипломний проект спрямований на створення і опис системи автоматизації вакуумної сушильної камери для деревини. Розроблено технічне завдання. Розроблено основні технічні креслення та алгоритми роботи. В ході проекту була розроблена автоматизована система сушки деревини у вакуумній сушильній камері, призначена для використання підприємствами деревообробної промисловості малих та середніх розмірів.

Ключові слова: система керування, автоматизована підтримка параметрів, алгоритм, сушка деревини, вакуумна сушка.

ABSTRACT

Kovalchuk Bogdan Viktorovich. Automated wood drying system. Diploma project. Sumy state University. Sumy, 2020.

The diploma project contains 43 pages of explanatory notes, 26 figures, 10 tables, 1 appendices, 3 diagrams. 14 literary sources were used in the implementation of the diploma project.

This diploma project is aimed at creating and describing an automation system for a vacuum drying chamber for wood. The technical task has been developed. The main technical drawings and algorithms have been developed. During the project, an automated system for drying wood in a vacuum drying chamber was developed. it is intended for use by small and medium-sized woodworking enterprises.

Keywords: control system, automated parameter support, algorithm, wood drying, vacuum drying.

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломного проекту
Автоматизована система сушки деревини

Керівник проекту:
асистент

Панич А.О.

Виконав:
студент групи СУ-61

Ковальчук Б.В.

Суми – 2020

ЗМІСТ

СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ.....	4
ВСТУП.....	5
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ.....	6
1.1 Відомості про сушку деревини.....	6
1.2 Види сушки деревини	7
1.2.1 Атмосферна сушка	7
1.2.2 Інфрачервона сушка	9
1.2.3 Конденсаційна сушка	10
1.2.4 Конвективна сушка	12
1.2.5 НВЧ-сушка.....	13
1.2.6 Вакуумна сушка.....	14
2 АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМИ СУШКИ ДЕРЕВИНИ.....	17
2.1 Аналіз технологічного процесу сушки деревини у вакуумній камері.	17
2.2 Функціональні задачі керування	17
2.3 Опис контурів керування	17
2.3.1 Вакуумний контур	17
2.3.2 Нагрівальний контур	18
2.3.3 Охолоджувальний контур	19
2.3.4 Контур виведення конденсату	20
2.4 Безпека та сигналізація	23
2.5 Алгоритми роботи	23
3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	24
3.1 Вибір датчиків	24
3.2 Вибір виконавчих механізмів та допоміжних пристроїв	30
4 ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ СУШКИ.....	40
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	41

					<i>СУ-61.6.151.07.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Ковальчук Б.В.</i>			<i>Автоматизована система сушки деревини. Пояснювальна записка</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Панич А.О.</i>				2	43	
<i>Реценз.</i>						<i>СумДУ, СУ-61</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Дрозденко О.О.</i>						

ВИСНОВКИ	42
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	43

					<i>СУ-61.6.151.07.ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		3

СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

СУ – система управління

АСУ – автоматизована система управління

ПЛК – програмований логічний контролер

МК – мікроконтролер

НВЧ – надвисока частота

ПЗ – програмне забезпечення

ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач

ЧЕ – чутливий елемент

					СУ-61.6.151.07.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Деревообробна промисловість — це галузь лісової промисловості, яка займається різного виду обробкою деревини та лісоматеріалів.

Сушка деревини та пиломатеріалів необхідна для надання їм нових та покращення існуючих фізико-механічних, біологічних та експлуатаційних характеристик. Сушать деревину у різних формах, від круглих лісоматеріалів до шпону та стружки. Процес є досить складним технологічно та енергозатратним, а тому вимагає автоматизації. Використання автоматики, дозволить підвищити об'єми виготовлення та якість готових пиломатеріалів, що дозволить продавати їх за кордон, де до якості стоять високі вимоги, та використовувати на внутрішньому ринку для потреб народного господарства та інше, що позитивно вплине на економічні показники галузі та економіки країни, в цілому.

На сьогоднішній день, сушка деревини та пиломатеріалів проводиться, в своїй більшості, в камерах сушіння конвективного типу. Технологія процесу сушки та конструктивна реалізація цих камер є застарілою, вони не є енергоефективними, сушка в них займає багато часу, а якість висушених пиломатеріалів, зазвичай, не є високою, автоматизація процесів є недостатньою. Деревообробна промисловість потребує нових рішень в галузі сушки лісоматеріалів. Однією із нових технологій, яка показує перспективи розвитку, є вакуумна сушка деревини. Деревина висушена за допомогою вакуумної сушильної камери має значно вищі показники якості кінцевого матеріалу, сушіння пиломатеріалів у вакуумі вимагає менше часу та витрат енергії на процес. Більшість рішень на ринку вакуумних сушильних камер не володіють високими показниками автоматизації процесу. Саме тому, розробка автоматизованої системи сушки деревини на основі вакуумної сушильної камери, з використанням сучасних засобів автоматизації є актуальною та дозволить вагомо підвищити показники якості сушки, зменшити енерговитрати технологічного процесу та необхідний для сушки час.

Метою дипломного проекту є розробка автоматизованої системи сушки деревини в вакуумній сушильній камері, яка володітиме технічними показниками оптимального рівня, високою надійністю та простим інтерфейсом управління для користувача-оператора. Для вирішення питань контролю та автоматизації, у дипломному проекті передбачено використання різноманітних датчиків, виконавчих та допоміжних механізмів.

					<i>СУ-61.6.151.07.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		5

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Відомості про сушку деревини

Сушка — це процес обезводнення деревини та пиломатеріалів до потрібного рівня вологості, шляхом випаровування рідини із робочого матеріалу. Волога, яка знаходиться в матеріалі, шляхом контрольованого впливу, перетворюється в пар і виводиться в навколишнє середовище. Процес сушіння, в загальному випадку, супроводжується протіканням множини взаємопов'язаних процесів, впродовж яких, відбуваються найрізноманітніші перетворення матеріалу, наприклад фазових, структурних та механічних перетворень деревини, явищ внутрішнього і зовнішнього теплообміну.

Головною цілю процесу сушки та обробки деревини, за своїм змістом, є здійснення корінних змін якості матеріалів із дерева, шляхом технологічної обробки, що перетворює сировину у високоякісний промисловий матеріал, підходящий для використання у промисловості, будівництві, енергетиці й таке інше. Така зміна властивостей деревини, робить з неї високоміцний, біологічно стійкий та стабільний за формою і розмірами матеріал, органічного походження, додає деревині естетичності та підвищує її теплоізоляційні та діелектричні властивості.

Зміна фізичних та експлуатаційних властивостей, яка настає при зміні вологості деревини, визначає технологічні цілі сушіння:

- захист від уражень біологічного походження;
- зменшення фактичної ваги;
- підвищення механічної міцності;
- підвищення стійкості до впливів навколишнього середовища;
- підвищення якості деревини, як матеріалу в цілому;
- попередження майбутніх змін лінійних розмірів деревини.

В процесі сушіння, деревина знаходиться в газоподібному або рідинному середовищі, яке називається агентом сушки або ж сушильним агентом. Його роль полягає в обміні матеріалу та енергії. Він передає тепло деревині, а, утворену шляхом випаровування вологу, відводить з неї. В ролі агента сушки можуть виступати: повітря, водяний пар, інколи гідрофобні рідини чи воді розчини солей і тому подібне.

Деревину сушать у різних формах, у формі дошок та брусів, круглого лісоматеріалу, шпону, стружки та щепи, заготовок конкретної форми та інше. Зазвичай, пиломатеріали попередньо висушують природним шляхом на місці вирубки, аби зменшити їх вагу та значно знизити затрати на їх подальше транспортування та обробку в цілому. Така первинна сушка деревини, також, захищає її від прискореного гниття, ураження грибками, комахами та різними мікроорганізмами, що дозволяє зберегти деревину якісною до моменту доставки її до деревообробних підприємств, де вона обробляється штучним шляхом.

					СЧ-61.6.151.07.ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На сьогоднішній день, перед спеціалістами з сушіння та захисту деревини, виникають проблеми корінного значення. Процес сушіння деревини вимагає все більш високого технічного та технологічного рівня проведення. Задача полягає в корінному поліпшенні якості та стійкості деревини, на протязі самого виробничого процесу. Ще більш важливою, є задача значного підвищення показників кінцевої якості сушки та захисту деревини для підвищення її якісних характеристик, як матеріалу для виробництва найрізноманітнішої продукції.

Однією з головних проблем в сушінні деревини є рівномірність її просушування, адже зовнішні шари висихають швидше внутрішніх, що викликає виникнення механічних напружень, які призводять до розриву тканин деревини. Саме тому, успішне керування процесом сушки вимагає підтримки балансу швидкості випаровування вологи з зовнішніх та внутрішніх шарів оброблюваної деревини, що в результаті дасть рівномірно просушену, високоякісну деревину. Зазвичай, в промислових масштабах, деревину обробляють в сушильних камерах з повним контролем параметрів протікання процесу сушки.

Для досягнення заданих високих показників якості при обробці деревини, обов'язково потрібно використовувати промислові інструменти та методи сушки, автоматику для високоточного контролю параметрів протікаючих технологічних процесів та кваліфіковану робочу силу.

1.2 Види сушки деревини

На сьогоднішній день, існує чимало видів та способів сушки деревини, які відрізняються між собою за:

- технологією проведення;
- фізичними принципами сушки деревини, на яких базується технологія;
- конструктивним виконанням сушильних камер;
- точністю моніторингу та регулювання параметрів процесу;
- необхідним для проведення технічним устаткуванням.

1.2.1 Атмосферна сушка

При атмосферній сушці, деревину та пиломатеріали складають в штабелі на призначених для цього відкритих складах, сушильним агентом в процесі сушіння виступає атмосферне повітря. Даний вид сушки є досить дешевим, найстарішим, він не вимагає затрат палива та електроенергії, також, не потребує використання дорогого та складного технічного обладнання. Має доволі низку собівартість в порівнянні з іншими способами сушіння. Забезпечує достатньо високу кінцеву якість продукції, при правильному виконанні. Використання атмосферної сушки характерно для деревообробних підприємств, які працюють з великими обсягами деревини.

При використанні даного методу, параметри повітря, як сушильного агента, не регулюються. Вплив на його параметри чинять клімат області, де проводиться

					СЧ-61.6.151.07.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сушка, пора року, погодні умови. На сушильних складах може утворюватися власний мікроклімат, за рахунок підвищеного рівня вологості, який виникає внаслідок випаровування вологи з деревини. Покращити процес сушки можна шляхом певної укладки пиломатеріалів в штабелі, посиленням вентиляції на складі, використовуючи промислові вентилятори.

Використання атмосферного сушіння дає змогу досягнути досить низьких значень вологості деревини. До 20% в помірній і північній кліматичних зонах, до 15% на півдні. Деревину з таким рівнем вологості можна використовувати для побудови зовнішніх конструкцій та виробів, які експлуатуються на свіжому повітрі. Задля подальшого використання в закритих приміщеннях, зазвичай, таку деревину варто досушити, використовуючи промислову сушку. Комбінуючи атмосферну сушку з іншими методами, можна значно зменшити вартість сушіння і покращити якість кінцевої сировини.

Перевагами атмосферної сушки є низька собівартість, простота організації та проведення процесу, залишкові напруження в деревині значно нижчі в порівнянні з камерним способом. При вдалому поєднанні природних умов, вибраного місця для складу та його організації, регулювання щільності укладки матеріалу і захисту торців дошок, стає можливим досягнення задовільних результатів. Тобто, при правильному виконанні технології атмосферної сушки можна отримати високоякісні матеріали. За умови, організації без порушення технології, атмосферне сушіння дозволяє зменшити вірогідність викривлень, розтріскування та деформації пиломатеріалу.



Рисунок 1.1 - Атмосферна сушка деревини

До недоліків атмосферної сушки можна віднести низьку контрольованість та прогнозованість процесу. Ключовими факторами є температура, вологість та

					СЧ-61.6.151.07.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

швидкість руху повітря, всі ці параметри постійно змінюються в залежності від часу доби, пори року, кліматичних і погодних умов. При атмосферній сушці, не можна бути впевненим в кінцевому терміні висихання. Незважаючи на простоту атмосферної сушки, при порушенні технології можна зіпсувати всю деревину, так як в сирому вигляді, вона піддається враженню грибками і шкідниками. Крім того, через свою малу інтенсивність, така сушка займає дуже багато часу, також, для проведення даного типу сушіння деревини потрібні чималі виробничі площі для складів.

Організація процесу. Деревину для сушки укладають на фундамент висотою від півметра, виготовлений з металу, бетону чи обробленої деревини. Укладка відбувається за певною методикою. Зазвичай укладають штабелі 2,5 метра ширини і 5 метрів висоти. Вдала укладка є основою успішної сушки деревини. Деревину шириною до 15 сантиметрів укладають рядами, розділяючи прокладками, для прокладок використовують заготовлені сухі рейки. Важливим, при укладанні деревини рядами, є підбір матеріалу з однаковим перерізом. Частіше, використовують пакетні штабелі. Вони є більш практичними, деревини в них сохне краще. При укладанні деревини в пакет її сортують по розміру, сорту, перерізу і тому подібне. Пакети укладають на фундамент, відстань між ними зберігають невелику. Ширина і висота пакетів є довільною. Між собою пакети розділяють прокладками, зазвичай, розміром 10×10 сантиметрів.

1.2.2 Інфрачервона сушка

Одним з найбільш ефективних способів сушіння деревини є сушка за допомогою інфрачервоного випромінювання (рис.1.2). Така методика забезпечує рівномірність просушування, високу якість кінцевого матеріалу. Виникнення деформацій та дефектів деревини при її висиханні зведено до мінімуму.

Інфрачервона сушка — це сушка деревини з використанням інфрачервоних нагрівних панелей. Такі сушарки облаштовані інфрачервоними випромінювачами, системою вентиляції та змішування повітря, датчиками температури та вологості. Принцип такого сушіння базується на нагріві води в деревині інфрачервоним випромінюванням.

Деревина складається в штабелі, між шарами пиломатеріалу прокладають інфрачервоні панелі, штабелі поміщають в камеру для сушки. На стінках камери встановлені інфрачервоні панелі, всередині давачі вологи та температури, вся електроніка підключається до ПЛК для моніторингу та контролю процесу сушіння. Вода, яка міститься в деревині, під впливом інфрачервоного випромінювання нагрівається та випаровується, пар виводиться назовні системою вентиляції та конденсується на поверхнях. Сама деревина сильно не нагрівається, адже випромінювання діє на молекули води і не нагріває повітря.

					<i>СУ-61.6.151.07.ПЗ</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

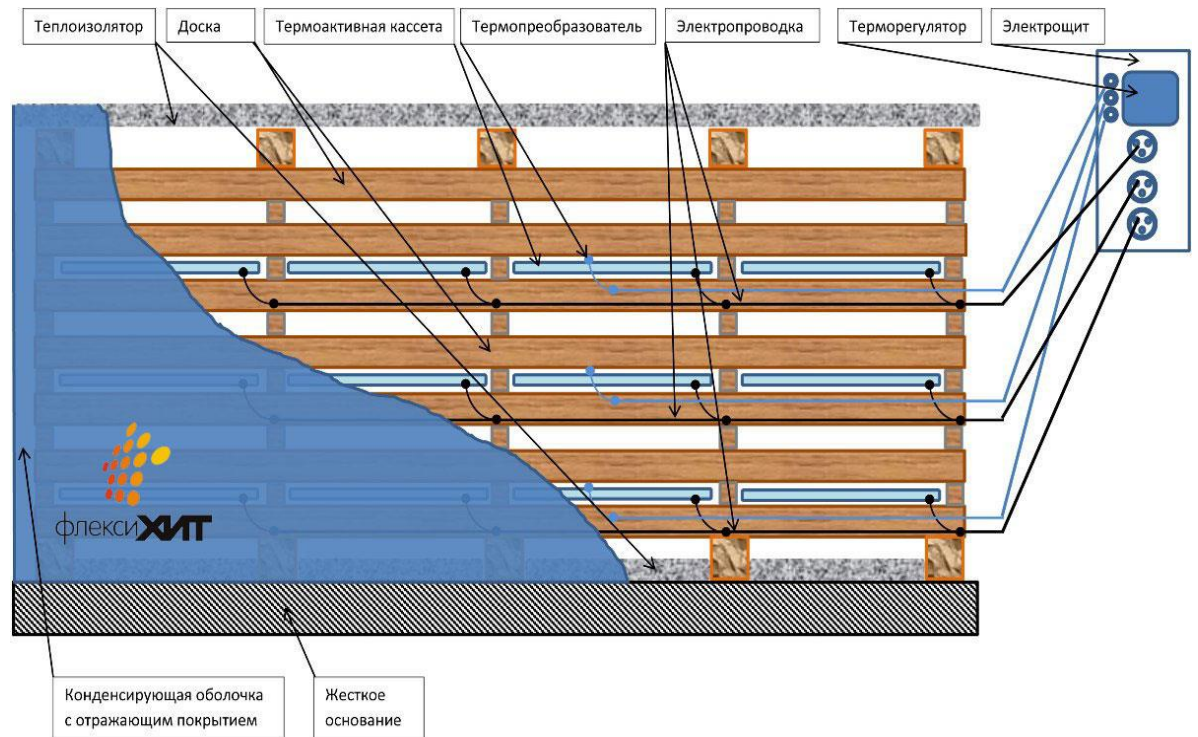


Рисунок 1.2 - Инфрачервона сушка деревини

Процес сушки проходить при температурі 65°C, що дозволяє максимально зберегти структуру деревини, не допустити розривів волокон та інших дефектів. Даний вид сушки є доволі економним, вимагає не багато часу та низьких експлуатаційних витрат. Також, існує безкамерний метод інфрачервоної сушки. Деревину складають в штабелі, шари прокладають інфрачервоними плитами та спеціальним відбивним матеріалом. Штабелі покривають відбивними плитами з усіх боків.

1.2.3 Конденсаційна сушка

При конденсаційній сушці, агентом сушіння є повітря. Головна відмінність цього методу полягає в тому, що вологе повітря не виводиться назовні з сушильної камери, а осушується в конденсаційній установці, підігрівається і подається назад в камеру, де знову бере участь в процесі сушіння. Тобто сушка відбувається закритим циклом, без вентиляції. Внаслідок такого процесу відбувається економія енергії, яка потім використовується для цілей сушки.

Всередині конденсаційної сушильної камери повітря циркулює у сталій кількості, його відносна вологість регулюється конденсаційним пристроєм. Після осушування робочого повітря, конденсат видаляється з камери, а очищене повітря нагрівається та змішується з робочим повітрям, отримана суміш підігрівається до заданої температури в нагрівачу. Зазвичай, як холодильний агент, використовують фреон.

									Арк.
									10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

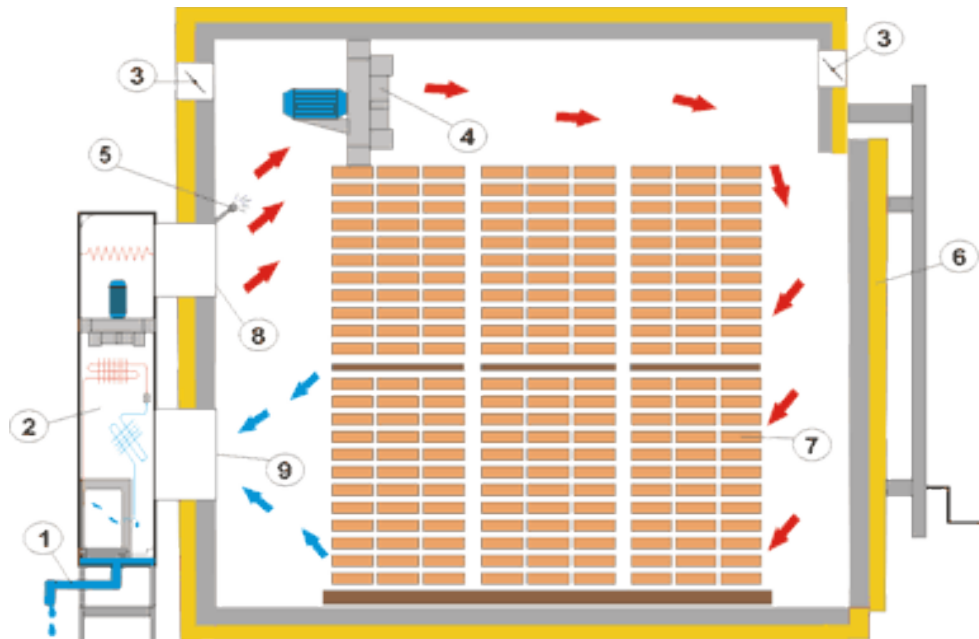


Рисунок 1.3 - Схема конденсаційної сушильної камери: 1 - дренажна трубка; 2 - конденсаційна установка зовнішня або внутрішня; 3 - система повітрообміну; 4 - панель вентиляторів; 5 - зволожувач; 6 - двері зі знімальним механізмом; 7 - штабель; 8 - випускний канал конденсаційної установки; 9 - всмоктувальний канал конденсаційної установки.

Конденсаційні сушильні камери можуть бути виконані в різних формах та відрізнятися за конфігурацією. Також, в залежності від використовуваного в конденсаційній установці холодоагенту, конденсаційні камери можуть мати різні температурні рівні сушильного середовища. Загалом, виробники конденсаційних камер встановлюють температуру на рівні 40-45°C, що обумовлено особливостями холодоагентів. В окремих випадках, використовують холодоагенти, завдяки яким температуру можна встановити на рівні 75°C .

За принципом роботи конденсаційні камери бувають періодичної та неперервної дії. Камери неперервної дії використовують доволі нечасто. Задля отримання необхідної циркуляції повітря, окрім нагрівальної поверхні та конденсаційного пристрою вимагається установка вентиляторів, які встановлюють поряд з тунелем. Повітря відбирається з вологої сторони, потім, пройшовши через конденсатор на нагрівальні пристрої, подається в суху сторону.

Завдяки тому, що зниження рівня вологості повітря в конвекційній камері можливе лише додаванням певної кількості зовнішнього повітря, виникає залежність від стану цього зовнішнього повітря. Конденсаційні сушильні камери позбавленні такої вади, на них майже не впливають зовнішні фактори, а тому, їх можна точніше налаштувати параметри процесу сушки.

Перевагами даного способу сушіння можна назвати високу якість висушеного матеріалу, відносну простоту виконання, низькі затрати. Завдяки низькій робочій температурі сушіння, деревина не піддається викривленню, не змінює кольору, в ній майже не виникають внутрішні напруження.

					СЧ-61.6.151.07.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

До мінусів відносять необхідний на сушку час, адже цей спосіб вимагає приблизно вдвічі більше часу на сушіння, та незахищеність кінцевого продукту. Через те, що деревина сушиться при досить низьких температурах, вона залишається вразливою до грибкових захворювань, адже дерево не проходить достатньої стерилізації.

1.2.4 Конвективна сушка

Конвективна або ж камерна сушка — це сушка деревини гарячим повітрям в спеціальному приміщенні – камері (рис. 1.4). Такі сушарки обладнанні котлом, калорифером, вентиляторами, шиберами та зволожувальними системами. Зазвичай, такі камери будують з теплоізоляційних плит, які складаються з профілю металевого сплаву та теплоізоляційного шару. Такі камери бувають періодичної та безперервної дії.



Рисунок 1.4 - Камерна сушка деревини

Повітря нагріте калорифером циркулює по об'єму камери, проходячи крізь штабелі з деревом. Нагріте дерево виділяє вологу в робоче повітря, яке після достатнього зволоження, виводиться назовні через шибера. Температура повітря, деревини та теплоносія в калорифері, вологість, швидкість обертання вентиляторів та інші параметри процесу контролюються ПЛК.

Камерна сушка є поєднанням виконання певних технологічних процесів у строго заданій послідовності. До технологічних процесів можна віднести: первинний прогрів деревини, сушка, обробка вологою(зволоження), кондиціонування. Для запобігання пошкоджень деревини та більш рівномірного її просушування, повітря та деревини час від часу зволожується за допомогою зволожувальної системи, цей процес є циклічним. Так вологість деревини в

					СУ-61.6.151.07.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

зовнішніх та внутрішніх шарах вирівнюється і поступово, такими циклами, досягається потрібний рівень вологості по усьому об'єму деревини. В кінці процесу сушки, проводиться кондиціонування, аби досягти рівномірного розподілу вологи у всіх штабелях.

Камерна сушка деревини виконується в одному із можливих режимів, рекомендованих стандартом. За температурним показником розрізняють м'який, нормальний, форсований та високотемпературний режими сушки. Вибір потрібного режиму базується на породі деревини, типі, розмірах пиломатеріалів та їх кінцевому призначенні. Усі дані по режимам та параметрам камерної сушки містяться в ГОСТ 19773 -74 та ГОСТ 18867 - 84.

До недоліків можна віднести можливу нерівномірність просушки деревини, найбільшим недоліком даного методу є собівартість камери та вагомі енергетичні затрати, необхідні для нагрівання теплоносія, кондиціонування та циркуляції агенту.

Перевагами є можливість усушки деревини до значно низького рівня вологості 6%, економія часу на підготовку деревини, відносно висока швидкість сушки, досить висока якість, повний контроль процесу та наявність різноманітних режимів сушки.

1.2.5 НВЧ-сушка

НВЧ-сушка — це сушка деревини за допомогою електромагнітного поля надвисоких частот (рис. 1.5). Принцип роботи базується на перетворенні електромагнітної енергії, яка проникає в деревину, в теплову і подальшому розігріві деревини, води в деревині, шляхом створення міжмолекулярного тертя, тобто електромагнітна енергія перетворюється в теплову, волога в деревині випаровується.



Рисунок 1.5 - Приклад НВЧ-сушильної камери

					СУ-61.6.151.07.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Енергія електромагнітного поля миттєво проникає в деревину, поглинання її відрізняється в різних частинах, тобто складові деревини поглинають її по-своєму, залежно від їх діелектричних властивостей. Відрізняється даний метод і розподіленням теплової енергії в матеріалі, максимальна температура досягається всередині матеріалу, а не на зовнішніх шарах. Нагрівання матеріалу в таких сушарках відбувається значно швидше, ніж в класичних, за рахунок того, що не потрібно нагрівати пару чи повітря, яке, в свою чергу, нагріватиме матеріал.

Деревина добре поглинає НВЧ-випромінювання, за рахунок високого рівня початкової вологості. При цьому, розподіл теплоти в деревині є таким, що дифузія пару з внутрішніх шарів до зовнішніх є сильно прискореною. Причиною є те, що градієнти тиску, температури та концентрації, які і визначають швидкість дифузії, є направленими в одному напрямку від центральних шарів до зовнішніх. Ця особливість підвищує ефективність сушки. Частота напруженість магнітного поля і діелектричні параметри деревини, визначають рівень створюваної теплоти. Ці параметри обираються для конкретного виду матеріалу. Рухомою сили вологи в її випаровуванні є надлишковий тиск, який утворюється у внутрішніх шарах деревини при нагрівання за допомогою НВЧ-випромінювання.

Однією з особливостей даного методу сушки є вибірковість. Причиною тому є те, що, для деревини, тангенс кута діелектричних втрат прямо пропорційний вологості. Тобто в зонах з підвищеною вологістю втрати енергії вищі, і, відповідно інтенсивніше йде нагрівання, а в зонах з пониженою вологістю — навпаки. Ця особливість досягає уникнути небажаного нагріву та перегріву деревини, що значно підвищує її якісні показники та позитивно впливає її властивості, як кінцевого продукту.

До складу камери входять магнетрони та блоки живлення до них, НВЧ-хвилеводи, випромінювальна система, реверсні вентилятори, витяжна система та інші, в залежності від конфігурації конкретної установки.

Перевагами даного методу сушки є висока швидкість сушки, можливість швидко та якісно висушити великогабаритні лісоматеріали, досить висока якість кінцевого продукту, покращення властивостей деревини, універсальність.

Недоліками є необхідність контролю зі сторони оператора, габарити сушильної камери, висока вартість обладнання та самого процесу, значні енерговитрати. Також, досить важко контролювати процес, адже звичайні давачі температури і вологості не можна поміщати в дану камеру, через фізичні особливості процесу. Низький КПД, мала продуктивність та необхідність високої кваліфікації обслуговуючого персоналу.

1.2.6 Вакуумна сушка

Вакуумна сушка — це сушка деревини у вакуумному середовищі. Така сушка проводиться у спеціальній герметичній камері (рис. 1.6), з якої відкачується повітря. За рахунок того, що деревина знаходиться у вакуумному середовищі, змінюються процеси нагрівання та випаровування рідини, процеси дифузії,

					СЧ-61.6.151.07.ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

масообміні процеси та інше, що дозволяє значно знизити часові затрати на сушку та підвищити якість висушеного матеріалу.

Деревину складають в штабель, кожен шар пиломатеріалу прокладають нагрівальною панеллю з алюмінію, по ній циркулює гаряча вода, як і нагріває масив деревини. Штабель завантажується в камеру, де сушка відбувається в три стадії. Спочатку деревину прогрівають при атмосферному тиску, потім створюється вакуум і відбувається власне сам процес сушки, останнім відбувається кондиціонування, тобто деревину охолоджують до потрібної температури, щоб уникнути появи деформацій від різниці температур. Випарена волога конденсується на стінках камери та конденсаційних панелях та виводиться назовні. Для кожного типу деревини встановлюється певний режим сушки, який визначає температуру та час кожної стадії.



Рисунок 1.6 - Приклад вакуумної сушильної камери

Сушка відбувається при постійному вакуумі 0.1 – 0.6 бар, у використанні вентиляторів, різного виду зволожувальних систем та специфічних вимірювальних пристроїв немає необхідності. Це пояснюється фізичними принципами вакуумної сушки. Під дією тиску волога прямує з внутрішніх шарів до зовнішніх, зовнішні шари після випаровування самі зволожуються водою з внутрішніх шарів, цей процес є плавним, що також зберігає деревину від пошкоджень та деформацій. За рахунок високого тиску в камері, вода в деревині закипає та починає випаровуватися при значно нижчих температурах, 45-60°C в залежності від тиску в камері, що позитивно впливає на якість деревини. Особливо часто, в силу своїх переваг та особливостей, вакуумну сушку використовують для цінних порід деревини.

					СУ-61.6.151.07.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перевагами вакуумної сушки є:

- швидкість сушіння;
- висока якість кінцевого матеріалу;
- низькі енерговитрати;
- рівномірність просушки деревини по всі довжині та ширині;
- простота встановлення та використання сушильної установки.

До недоліків можна віднести:

- високу вартість обладнання;
- невеликий об'єм разового завантаження камери, тобто порівняно невеликі робочі об'єми виробництва.

					<i>СУ-61.6.151.07.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		16

2 АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМИ СУШКИ ДЕРЕВИНИ

В результаті проведеного аналізу предметної області, розгляду видів сушки деревини та їх реалізації, було прийняте рішення, об'єктом автоматизації вибрати вакуумну сушильну камеру для деревини. Технологія проведення сушки деревини в середовищі пониженого тиску володіє рядом вагомих переваг та незначною кількістю недоліків, в порівнянні з іншими, як відомо з аналізу предметної області.

2.1 Аналіз технологічного процесу сушки деревини у вакуумній камері.

Проаналізувавши технологічний процес сушіння деревини в вакуумній сушильній камері, складаємо схему інформаційно-матеріальних потоків СУ-61.6.151.07.С1

2.2 Функціональні задачі керування

Складемо список основних задач керування на основі аналізу схеми інформаційно - матеріальних потоків. Функціональні задачі керування процесом сушки:

- підтримка заданих параметрів температури та вологості;
- керування циркуляційними насосами;
- керування вакуумним насосом;
- керування виведенням конденсату;
- контроль температури теплоносія та охолоджувальної рідини;
- контроль тиску в камері;
- контроль тиску в нагрівальному та охолоджуючому контурах;
- контроль часу проведення режимів сушки.

2.3 Опис контурів керування

2.3.1 Вакуумний контур

Задачею вакуумного контуру (рис. 2.1) є створення та контроль вакууму в сушильній камері. Керування здійснюється за допомогою датчика тиску – вакуумметра РТ, електромагнітного клапана нормально-закритого НЕ та вакуумного насоса, підключеного через пристрій плавного пуску NS. Після закриття камери герметичними дверима, проводиться відкачування повітря з камери, за допомогою вакуумного насоса, до заданого режимом сушки значення. В процесі сушки тиск у камері регулюється відповідно до встановлених режимом значень, контроль відбувається на протязі усіх етапів. На початку сушіння середовище низького тиску в камері не створюється, відбувається прогрів

					СУ-61.6.151.07.ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

штабелю при звичайному тиску, потім слідує основний етап нагрівання в середовищі вакууму, в кінці процесу в камеру запускається повітря, шляхом відкриття клапану.

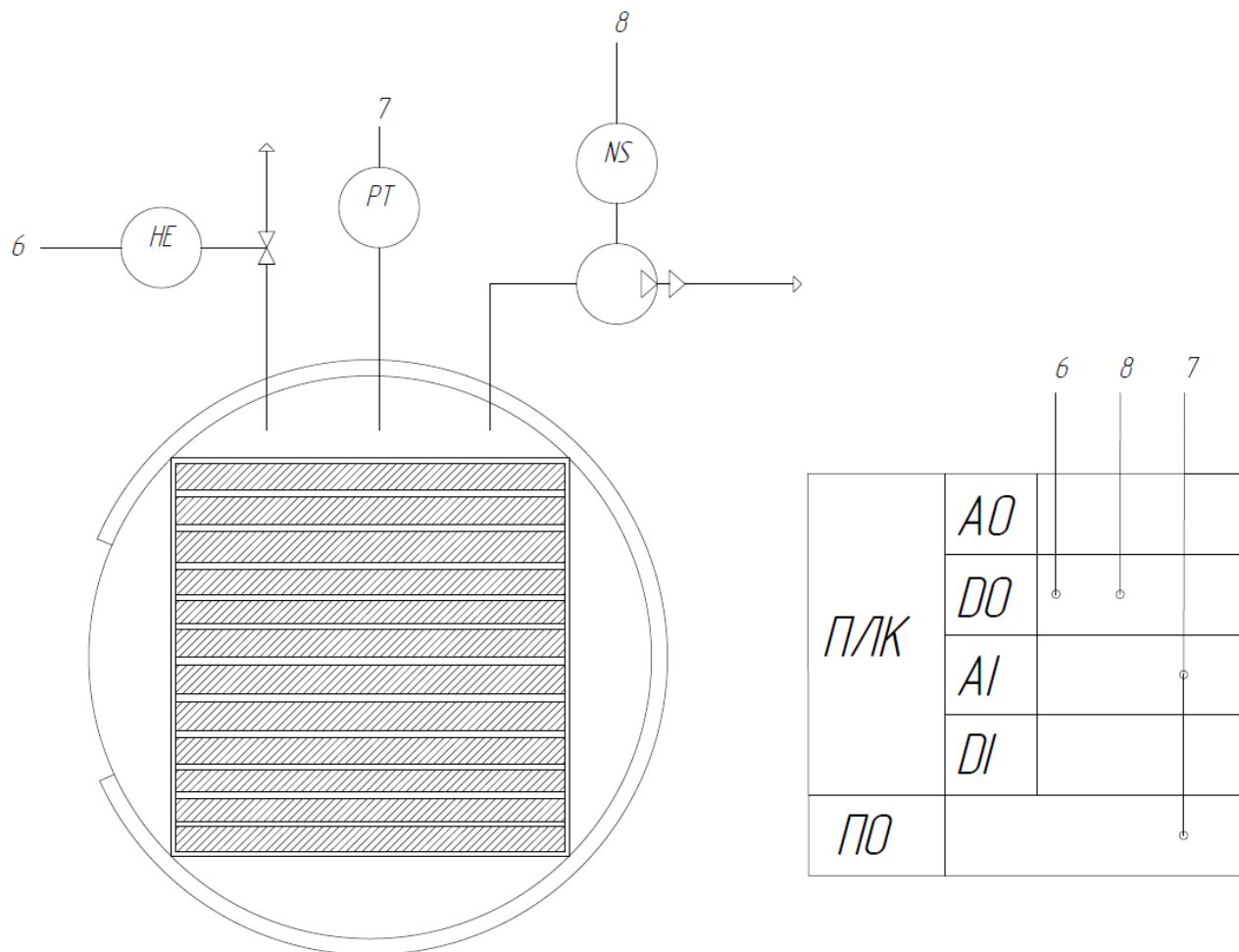
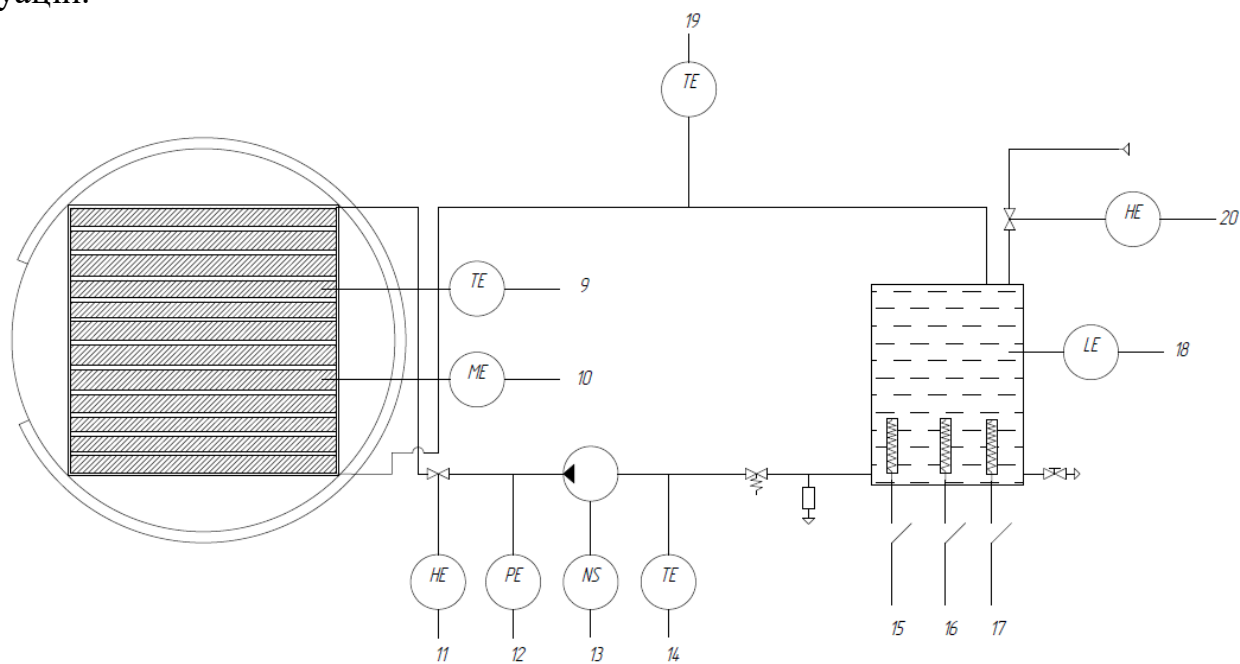


Рисунок 2.1 – Вакуумний контур

2.3.2 Нагрівальний контур

Задачею нагрівального контуру (рис. 2.2) нагрівання штабелю деревини до заданої температури та контроль температури на протязі процесу. Керування здійснюється за допомогою датчиків температури деревини TE та теплоносія в контурі TE, вологоміра з поправкою на температуру ME, циркуляційного насоса, підключеного через пристрій плавного пуску NS, електромагнітних клапанів HE, які керують подачею та циркуляцією води, котла. Котел являє собою резервуар з можливістю подачі та зливу води, нагрівальними елементами є ТЕН, підключені через напівпровідникові реле. Управління нагрівом здійснює ПЛК, в залежності від заданого температурного режиму та показань температури води на подачі та на звороті. Контур є закритим та заощаджує воду. Планово або при необхідності, в резервуар подається вода із зовнішнього джерела, шляхом відкриття клапану, джерелом якої може бути як автономна система водопостачання, так і

підключення до централізованої. Рівень води в резервуарі контролюється поплавковим датчиком рівня. Лишній тиск виводиться через запобіжний клапан. При недостатньому тискові, він створюється за допомогою циркуляційного насоса та клапана. Також в контурі встановлена група безпеки для запобігання аварійних ситуацій.



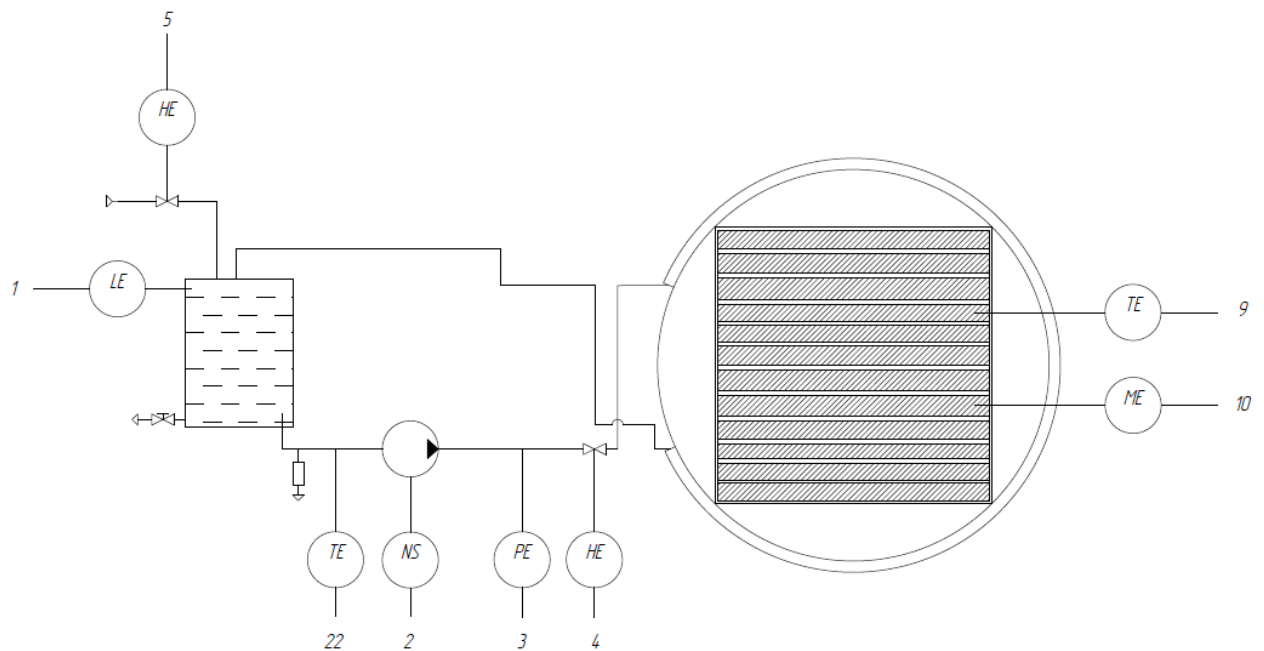
		9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ПЛК	AO												
	DO												
	AI												
	DI												
ПО													

Рисунок 2.2 – Нагрівальний контур

2.3.3 Охолоджувальний контур

Задачею охолоджувального контуру (рис. 2.3) є охолодження камери та конденсація парів води, які виникають та циркулюють в камері, під час активної фази сушки. На камері встановлена охолоджуюча сорочка, по якій циркулює вода, таким чином стінки камери охолоджуються і на них конденсується волога, яка по стінкам стікає на дно. Вода для охолодження знаходиться в резервуарі, її рівень визначається датчиком рівня поплавковим. Подається вода в резервуар із зовнішнього джерела, автономної або централізованої системи водопостачання. Циркуляція та подача води в контурі керуються за допомогою циркуляційного

насоса, підключеного через пристрій плавного пуску NS, та електромагнітних клапанів HE. Температура контролюється відповідним датчиком. Також у контурі встановлений автоматичний клапан відводу повітря, який виводить повітря з потоку та видаляє повітряні пробки, які можуть виникати в процесі циркуляції.



		1	2	3	4	5	9	10	22
ПЛК	AO								
	DO		•		•	•	•		•
	AI	•		•			•	•	
	DI								
ПО		•	•			•	•		

Рисунок 2.3 – Охолоджувальний контур

2.3.4 Контур виведення конденсату

Задачею контуру (рис. 2.4) є видалення, виробленого в процесі сушки, конденсату назовні. Керування відбувається за допомогою вакуумного насоса, підключеного через пристрій плавного пуску NS, електромагнітних клапанів HE та вакуумметра PT. На відповідній стадії сушки, тиск у камері відновлюється до атмосферного, після цього накоплена вода виводиться з камери в навколишнє середовище або ж прийомний бак, після відкриття електромагнітного клапану.

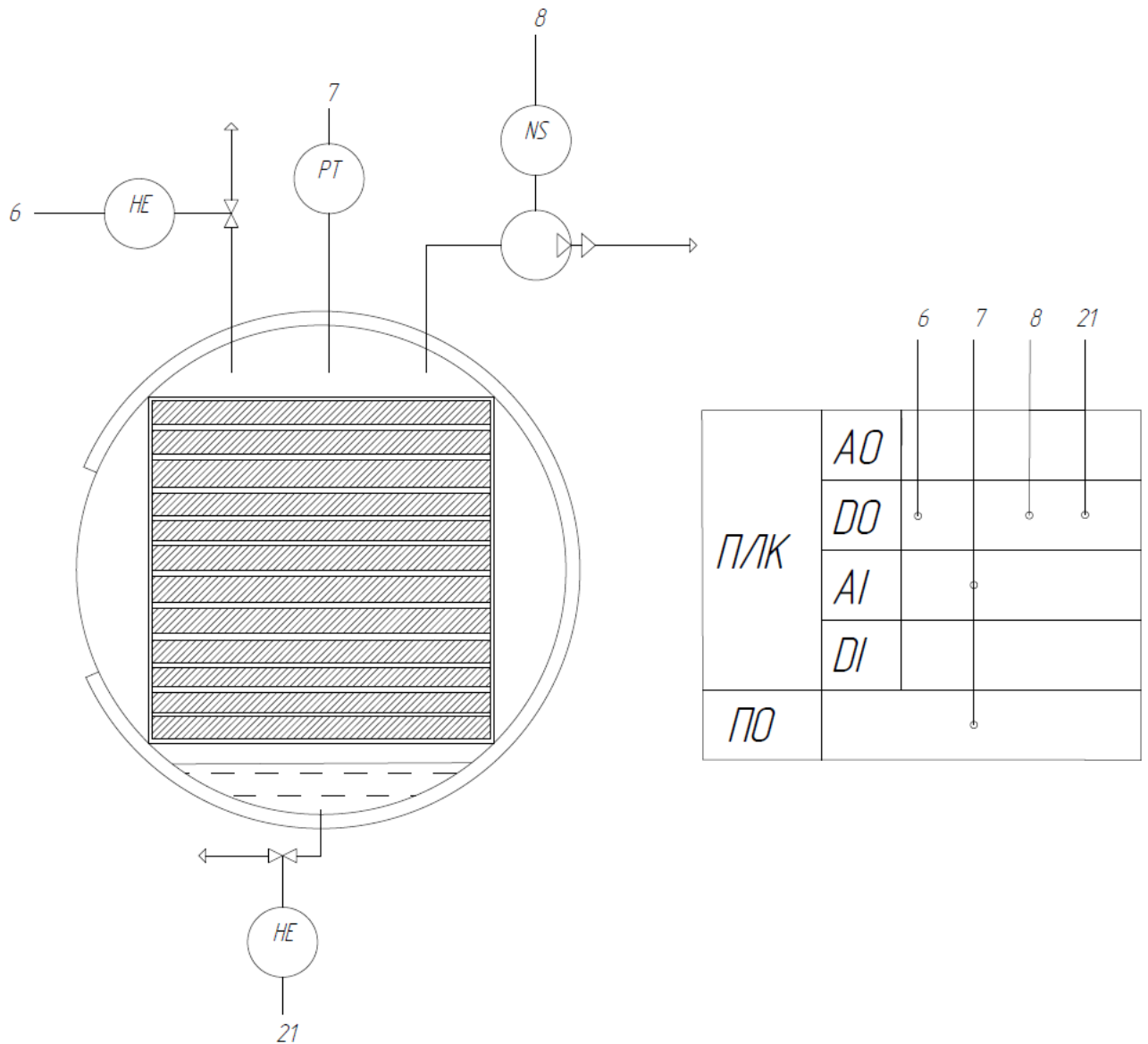


Рисунок 2.4 – Контур виведення конденсату

За результатами проведеного аналізу розроблених контурів керування, складаємо таблиці вхідних та вихідних сигналів див. табл. 2.1 та табл. 2.2.

Таблиця 2.1 – Таблиця вхідних сигналів

№ п/п	Сигнал	Діапазон вимірювань	Кількість точок	Тип сигналу
1	Температура штабеля деревини	0 – 85°C	1	4 – 20мА
2	Температура води в контурі	1 – 90°C	2	4 – 20мА
3	Вологість штабеля деревини	4 – 90%	1(4)	4 – 20мА /RS – 485

Продовження таблиці 2.1

№ п/п	Сигнал	Діапазон вимірювань	Кількість точок	Тип сигналу
4	Рівень води в резервуарі	0 – 2м	2	4 – 20мА
5	Рівень вакууму	1400 – 1 мбар	1	4 – 20мА
6	Тиск у водяному контурі	0 – 16 бар	2	4 – 20мА

Таблиця 2.2 – Таблиця вихідних сигналів

№ п/п	Сигнал	Діапазон сигналу	Кількість точок	Тип сигналу	Виконавчий механізм
1	Подача води	0..1	4	Дискретний	Електромагнітний клапан
2	Створення вакууму	0..1	1	Дискретний	Вакуумний насос(5.5кВт) через пристрій плавного пуску(7.5кВт)
3	Нагрів води	0..1	3	Дискретний	ТЕН через напівпровідникове реле
4	Циркуляція води	0..1	2	Дискретний	Циркуляційний насос(0.5кВт) через пристрій плавного пуску(0.75кВт)
5	Виведення конденсату	0..1	1	Дискретний	Електромагнітний клапан
6	Керування тиском в контурах	0..1	2	Дискретний	Електромагнітний клапан та циркуляційний насос(0.5кВт) через пристрій плавного пуску(0.75кВт)
7	Нагрівання води	0..1	3	Дискретний	Напівпровідникове реле

На основі розроблених контурів управління, складемо функціональну схему автоматизації СУ-61.6.151.07.А2 та перелік її елементів СУ-61.6.151.07.ПЕ.

2.4 Безпека та сигналізація

На опалювальному контурі встановлено групу безпеки, яка включає в себе захисний клапан тиску, відвідник повітря. Вони не потребують окремого управління, тобто самі по собі є автоматичними.

Захисний або ж запобіжний клапан автоматично виводить назовні певну кількість води з контуру, коли тиск у контурі перевищує гранично допустимий, таким чином, він захищає елементи контуру від руйнування під впливом перевищеного тиску.

Відвідник повітря автоматично видаляє з контуру циркуляції води повітря та повітряні пробки, чим позитивно впливає якість процесів циркуляції, рівномірного нагріву та охолодження, також уберігає складові контуру від руйнування.

При перевищенні гранично допустимого значення температури в опалювальному контурі, штабелі деревини або камері, коли виконавчі механізми або датчики не відповідають (на реагують на вплив, не подають показання), система зупиняється, вмикається аварійна сигналізація та виводиться повідомлення на панель оператора з інформацією щодо можливого місця виникнення поломки чи збою.

2.5 Алгоритми роботи

Розроблені алгоритми роботи відповідних контурів наведені у додатку А.

					СУ-61.6.151.07.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1 Вибір датчиків

Для вимірювання температури деревини в процесі сушки, був обраний датчик серії ОВЕН ДТСхх4, а саме, ДТС184-50М.ВЗ.40/20.ЕХІ-Т4. Він буде поміщений в захисну гільзу, а електричний кабель — в захисний кожух, що дозволить використовувати його для вимірювань у середовищі вакууму, високої вологості та температури, адже оброблювальний блок сигналу знаходиться поза агресивним середовищем, на відмінну від чутливого елемента. Датчик підключається до ПЛК через нормувальний перетворювач, задля зчитування та обробки його показань через уніфікований сигнал, з яким працює ПЛК. Сам давач, монтується в зроблений в деревині отвір.

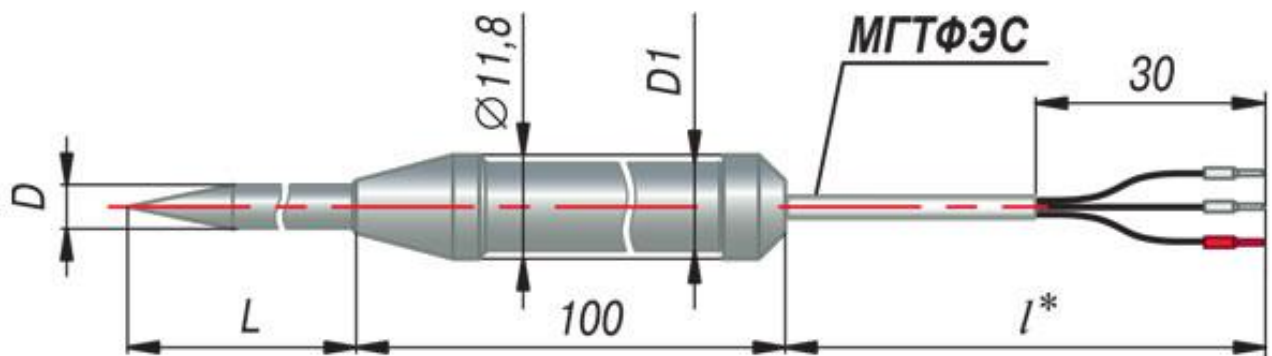


Рисунок 3.1 - Конструктивне виконання ДТС184

Таблиця 3.1 - Характеристики ДТС184

Характеристики	Значення
Діапазон вимірювання	від - 100 до +250°C
Умовний тиск	0,1 – 6,3 МПа
Показник теплової інерції	10 – 30м
Опір ізоляції	100 МОм +
Чутливі елементи	1
Схема підключень	тридротова
Сенсор відносно корпусу	ізольований
Довжина кабелю	довільна, під замовлення
Матеріал захисної арматури	латунь, сталь
ГОСТ 14254	IP54
Параметри іскро безпечних електричних кіл	$U_i=10,2$ В; $I_i=200$ мА; $L_i=0,75$ мГц; $C_i=2,75$ мкФ

Для вимірювання вологості деревини в процесі сушки було вибрано датчик СВД-02. Призначений для безперервного вимірювання вологості деревини за допомогою кондуктометричних давачів, передає дані вимірювань через порт RS-485. Завдяки своєму конструктивному виконанню та технічним характеристикам і властивостям, дуже часто використовується для вимірювання вологості у вакуумних сушильних камерах, загалом, він рекомендується саме для вакуумних сушильних камер. За класифікацією ГОСТ 29027-91 вологомір відноситься до потокових, цифрових, багато діапазонних, з виносними датчиками, безперервної дії, кондуктометричних вологомірів з автоматичною температурною корекцією.



Рисунок 3.2 – Зовнішній вигляд вологоміру СВД-02

Вологомір є автоматичним приладом, що складається з електронного блоку з термометром опору і чотирьох виносних датчиків вологості деревини. Режим роботи-безперервний, з періодичним технічним обслуговуванням. Електронний блок виконаний в корпусі, призначеному для кріплення на вертикальну стіну. Ступінь захисту від попадання всередину сторонніх тіл і води IP23 згідно з ГОСТ 14254-96. ЕБ є працездатним при температурі, відносній вологості навколишнього середовища і атмосферному тиску, що знаходяться в межах нормальних значень кліматичних фак-торів відповідно до ГОСТ 15150-69, кліматичного виконання УХЛ 4.2. При цьому робоча температура від плюс 5°С до плюс 40°С і вологість повітря не більше 80% при температурі плюс 25°С.

Таблиця 3.2 – Основні технічні характеристики вологоміру СВД-02

Характеристика	Значення величини
Діапазон показань вологості	6 – 90 %
Інструментальна складова абсолютної похибки	±0,2 %

Продовження таблиці 3.2

Характеристика	Значення величини
Основна абсолютна похибка при вимірюванні вологості	±2%
Час встановлення робочого режиму	Менше 15 хв
Час повного циклу вимірювань	менше 120
Час безперервної роботи	не обмежено
Номінальна напруга живлення	24 В
Допустима напруга живлення	22,5 – 26,5 В
Потужність, Вт, не більше	2
Розміри вимірювального блоку	60×242×216 мм
- діаметр робочої частини електрода кондуктометричного датчика	4 мм
- довжина робочої частини електрода кондуктометричного датчика	25 мм
Вага	
вимірювального блоку	0,6 кг
електрода кондуктометричного датчика	0,15 кг
Повний середній термін служби	10 років

Таблиця 3.3 – Склад вологоміру СВД-02

Назва	Кількість
Електронний блок-ЕБ	1 шт.
Термометр опору 100М	1 шт.
Електроди кондуктометричних датчиків	8 шт.
Кабель для електродів кондуктометричних датчиків	4 шт.

Для вимірювання вакууму в камері був вибраний вакуумметр VSC43MA4 (рис. 3.3). Призначенням п'єзо-перетворювача VSC43MA4 є вимірювання абсолютного тиску в діапазоні низького вакууму. Зносостійкий керамічний датчик, який захищений від впливу бруду.

Типове застосування п'єзокерамічного вакуумного датчика VSC43MA4:

- інженерне обладнання;
- хімічна промисловість;
- медицина;
- техніка для пакування;
- різноманітне технологічне обладнання;
- контроль параметрів і реєстрація даних на вакуумних установках і насосах;
- вакуумна сушка.

Таблиця 3.4 – Характеристики давача VSC43MA4

Принцип вимірювання вакуумного датчика	П'єзо резистивний, незалежний від типу газу
Діапазон вимірювання	1400 - 1 мбар
Точність вимірювання	± 0,3% від повної шкали
Швидкість вимірювання	20 мс
Електричне живлення	9 - 30 В DC
Підключення до електромережі	M12 A, 5-полюсна вилка
Робоча температура	від +5 до + 110°C
Температура зберігання	від - 40 до + 70°C
Вихідний сигнал	4 - 20 мА
Вакуумний з'єднувач	фланець з нержавіючої сталі з різьбленням G1/4
Ступінь захисту	IP54
Вага	125 г



Рисунок 3.3 – Зовнішній вигляд вакуумметра VSC43MA4

Переваги п'єзокерамічного вакуумного датчика VSC43MA4:

- стійкий до хімічних впливів керамічний датчик з ущільненням;
- надійність і стійкість
- тривалий термін служби;
- швидкість відгуку;
- стійкий до бруду;
- незалежне від типу газу вимірювання;
- температурна компенсація;
- точне регулювання рівня нульового тиску і межі вимірювань;
- вихідний сигнал 4-20 мА;

- просте підключення до ПЛК;
- надзвичайно компактний;
- ступінь захисту ip54.

В якості датчика тиску рідини було обрано Danfoss MBS 1700 (рис. 3.4). До складу перетворювача тиску MBS 1700 входить первинний перетворювач і електронний вимірювальний пристрій.



Рисунок 3.4 – Зовнішній вигляд Danfoss MBS 1700

Таблиця 3.5 – Характеристики Danfoss MBS 1700

Характеристика	Значення
Вид робочого середовища	рідина, газ
Тип вимірюваного тиску	відносний
Діапазони вимірювань	0 – 6 бар
Діапазон допустимих температур робочого середовища	-40 – 85°C
Діапазон допустимих температур при транспортуванні і зберіганні	-50 – 85°C
Діапазон компенсованих температур	0 – 90°C
Час реакції	4 мс
Граничний тиск перевантаження	до 1500 бар
Тиск розриву чутливого елемента	до 2000 бар
Технологічне з'єднання	G 1/4, G 1/2
Матеріал контактуючих частин	нержавіюча сталь
Ударостійкість	500 g
Вага	0,25 кг
Електричні характеристики	
Тип вихідного сигналу	4 – 20 mA

Таблиця 3.6 – Технічні характеристики ОВЕН ДТС145М-РТ100.0,5.60.И

Характеристика	Значення
Номінальна напруга живлення	24 В
Допустима напруга живлення	12 – 36 В
Максимальна споживана потужність	0,8 Вт
Вихідний сигнал	4 – 20 мА
Залежність струму від температури	лінійна
Нелінійність перетворення	±0,2%
Розрядність ЦАП	12 біт
Опір дроту перетворювача з термометром опору	до 30 Ом
Опір лінії зв'язку перетворювача	до 100 Ом
Номінальний опір навантаження (при 24 В)	500 Ом
Максимальний допустимий опір навантаження (при 36 В)	1250 Ом
Пульсації вихідного сигналу	0,006

Датчик складається з первинного перетворювача (чутливого елемента), поміщеного в захисну арматуру, і вбудованого в комутаційну головку нормуючого перетворювача. Комутаційна головка складається з корпусу, кришки і кабельного вводу. Комутаційна головка може бути пластмасовою або металевою. ЧЕ в залежності від діапазону вимірюваних температур може бути виконаний у вигляді ТЗ або ТП. Нормуючий перетворювач перетворює сигнал, отриманий від ЧЕ, в уніфікований сигнал 4-20 мА по ГОСТ 13384. Живлення датчика здійснюється від лінії зв'язку «Струмова петля»[14].

3.2 Вибір виконавчих механізмів та допоміжних пристроїв

В якості електромагнітного клапана було вибрано клапан нормально-закритий, 8616 NBR 230V 50Hz, соленоїдний. Електромагнітний клапан - електромеханічний пристрій, призначенням якого є регулювання потоку будь-якого типу рідини чи газу. У його корпусі встановлений соленоїд з сердечником, на якому встановлений поршень або ж диск, регулюючий потік. Електромагнітні клапани призначені для систем водопостачання та опалення, систем очистки води та кондиціонування, а також використовуються в різних галузях промисловості і сільському господарстві.

					СЧ-61.6.151.07.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.6 – Зовнішній вигляд клапана

Таблиця 3.7 – Характеристики електромагнітного клапану

Характеристика	Значення
Потужність	16 Вт
Робоче середовище	Повітря, рідини
Діаметр умовного проходу	25 мм
Діаметр умовного проходу	1 дюйм
Максимальна робоча температура	90°C
Мін. робочий тиск	0.3 бар
Макс. робочий тиск	10 бар
Макс. температура навколишнього середовища	80°C
Принцип дії	НЗ
Вид клапана	Мембранний
Напруга живильної мережі	220 В
Частота мережі	50 Гц

В якості вакуумного насоса було вибрано насос ВВН 1-1,5 вакуумний водокільцевий (рис. 3.7). Вакуумний насос необхідний для створення середовища вакууму та понижено тиску в камері, що дозволяє зменшити температуру кипіння води. Завдяки чому, знижуються витрати на підігрів теплоносія, зберігається механічна структура та властивості деревини в процесі сушки, зменшується час сушки, підвищується її ефективність.



Рисунок 3.7 – Зовнішній вигляд ВВН 1-1.5

Технічні характеристики насоса ВВН1-1,5:

- частота обертання - 1450 об/хв ;
- напруга мережі - 380 В;
- частота струму - 50 Гц;
- вид струму - змінний;
- номінальна продуктивність - 0,260 м³/с;
- зменшення номінальної продуктивності - % м³/с 40;
- витрата води - до 0,18 м³/год;
- питома потужність на номінальному режимі – 4 кВт/м³;
- потужність двигуна - 5,5 кВт.

В якості пристрою плавного пуску для вакуумного насоса було вибрано ОВЕН УПП1-7К5-В (рис. 3.8). Призначенням пристрою плавного пуску ОВЕН УПП1 є плавний пуск та зупинки трифазних двигунів змінного струму, пониження значення величини пускового струму та уникнення цілком можливих наслідків негативного характеру через високий пусковий момент. Завдяки цифровому керуванню пристрою плавного пуску, стає можливим виконання точного його налаштування. Також, це робить його легким у налаштуванні. Оскільки пристрій володіє функціями регулювання пускового моменту та «імпульсного старту», пристрій плавного пуску може використовуватися для вирішення широкого діапазону задач. ОВЕН УПП1 рекомендується застосовувати з пристроями потужність яких, не перевищує 11 кВт: конвеєрами, вентиляторами, насосами, компресорами[10].

					СЧ-61.6.151.07.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 3.8 – Зовнішній вигляд УПП1-7К5-В

Переваги ОВЕН УПП1:

- надійний компактний корпус;
- кріпиться на din-рейку;
- володіє широким діапазоном робочих температур;
- має імпульсний старт для запускання навантажених двигунів.

Таблиця 3.8 – Характеристики пристрою плавного пуску

Параметр	Значення
Пусковий крутний момент	0 – 85 %
Час розгону	0,4 – 10 с
Час гальмування	0,4 – 10 с
Управляюча напруга	24 – 480 В АС/DC
Напруга мережі	400 – 480 В
Ступінь захисту	IP20
Макс. потужність	7,5 кВт
Макс. струм двигуна	15 А
Тиристорне керування за двома фазами	

В якості циркуляційного насоса було вибрано AQUATICA 0,5 кВт (рис. 3.9). Циркуляційний насос необхідний для забезпечення стабільної подачі теплоносія або охолоджувальної рідини до контурів нагріву та охолодження. За його допомогою, забезпечується рівномірна циркуляція води, як носія, по контру.



Рисунок 3.9 – Зовнішній вигляд насоса

Основні характеристики насоса:

- двигун: асинхронний;
- матеріал обмотки статора: мідь;
- матеріал гільзи статора: нержавіюча сталь;
- матеріал підшипника: кераміка;
- робоча напруга: 220 В;
- робоча частота струму: 50 Гц;
- клас ізоляції: H;
- клас захисту: IP44;
- потужність двигуна: 0,5 кВт;
- гранична робоча потужність: до 190 л/хв;
- гранична робоча температура рідини: до +110 °С;
- гранична температура навколишнього середовища: до +40 °С;
- граничний тиск у системі: 10 бар;
- чиста вода, без абразивних домішок;
- рН: 6.5 - 8.5;
- мінералізація води: до 1500 г/м³;

В якості пристрою плавного пуску для циркуляційного насоса було вибрано АВВ PSR3-600-70 1,5 кВт (рис. 3.10).

Технічні параметри насоса:

- номінальний струм - 3,9 А;
- номінальна робоча напруга - 208 – 600 В;
- номінальна напруга управління - 100 – 240 В АС.

					СЧ-61.6.151.07.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34



Рисунок 3.10 – Зовнішній вигляд ABB PSR3-600-70

Для управління ТЕН було вибрано напівпровідникове реле Fotek SSR-40DA 40A 24-380В АС. Призначенням напівпровідникових або ж твердотільних є безконтактна комутація потужних електричних кіл за допомогою низької напруги. В даному проекті реле використовуються для комутації нагрівальних елементів – ТЕН. Твердотільні реле мають ряд переваг перед електромеханічними, а саме:

- не потребують профілактичних робіт в процесі експлуатації;
- висока швидкість комутації;
- відсутність іскріння та електричної дуги при комутації;
- значно більший ресурс роботи;
- нижчий рівень електромагнітних завад при комутації
- безшумність;
- стійкість до ударів та вібрації.

Технічні характеристики реле:

- напруга управління: 3-32 В DC;
- напруга, що комутується: 24-380В АС ;
- макс. значення струму: 40А (15 кВт);
- рівень робочої напруги: 250 В;
- падіння напруги: 1 В;
- операційний час: 10 мс;
- струм режиму очікування: 2 мА;
- опір ізоляції: більше 50 МОм, 500 В;
- розмір: 60x45x23 мм;
- міцність ізоляції (вх/вих) - 2.5 кВ;
- струм управління: 7.5 мА, 12 В.

					СЧ-61.6.151.07.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

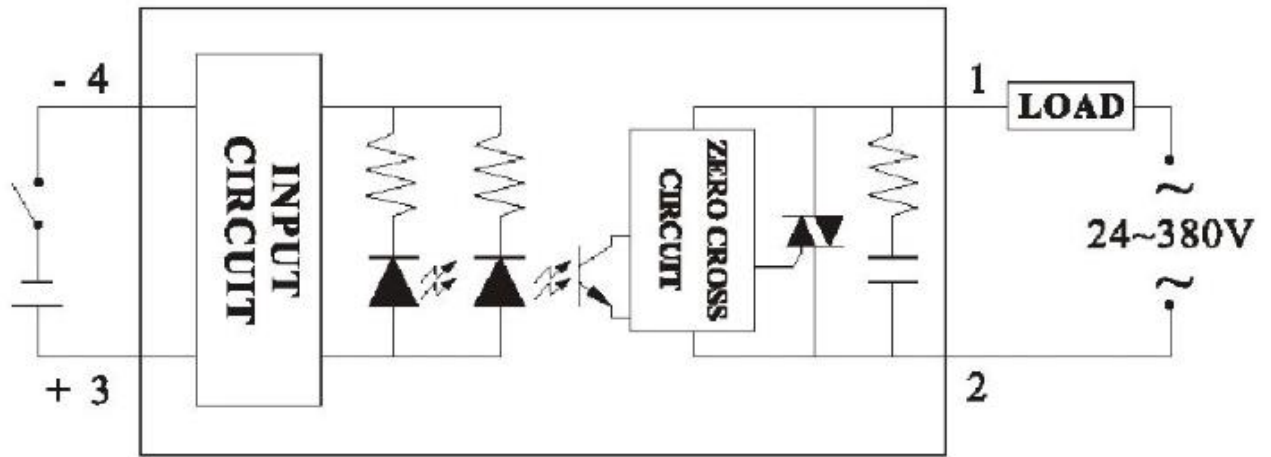


Рисунок 3.11 - Принципова схема напівпровідникового реле

В якості нагрівального елементу для системи нагріву води було вибрано ТЕН мідний потужністю 4 кВт, номінальною напругою 220 В.



Рисунок 3.12 – Зовнішній вигляд ТЕН

В якості ПЛК для системи автоматизації було вибрано ОВЕН 160(МО2). Обрання даного ПЛК ґрунтується на проведеному аналізі вимог до пристрою та представлених ринком рішень. Дана модель задовільнила усі технічні вимоги, привабила адекватною ціною та високим рівнем технічної підтримки покупців компанією-виробником.

					СУ-61.6.151.07.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Переваги ОВЕН ПЛК160 (M02):

- швидкісні входи для обробки енкодерів;
- наявність вбудованих дискретних та аналогових входів виходів;
- можливість роботи за попередньо обговореними сценаріями у випадку підключення до контролера USB-накопичувачів та архівації роботи обладнання;
- можливість просто і зручно запрограмувати у системі CODESYS через інформаційні порти USB, Ethernet та RS-232;
- можливість передачі даних до верхніх рівнів через Ethernet чи мережу GSM.
- три послідовних порти RS-232, RS-485;
- живлення: 220 В і 24 В[9].

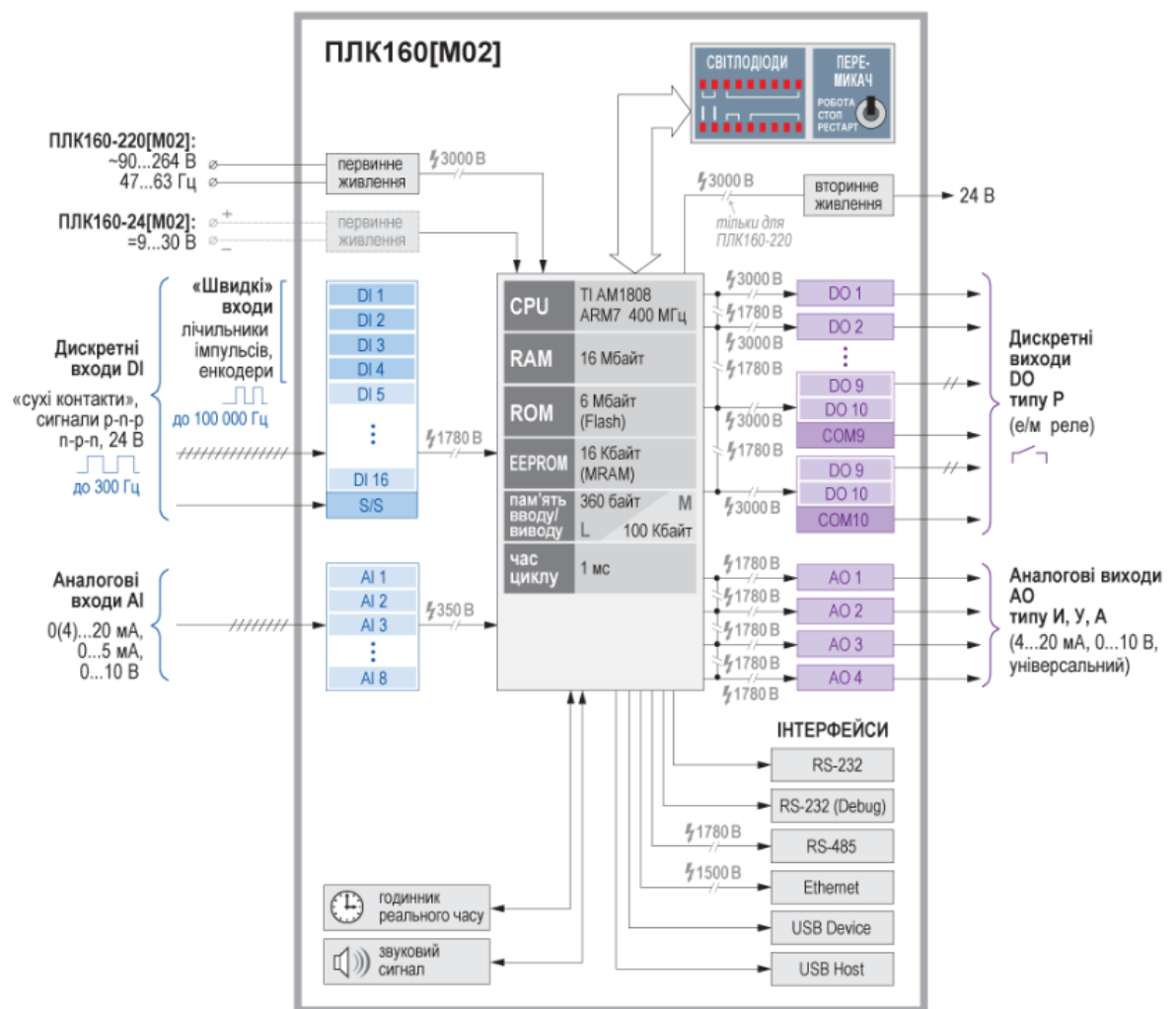


Рисунок 3.13 – Функціональна схема ПЛК160(M02)

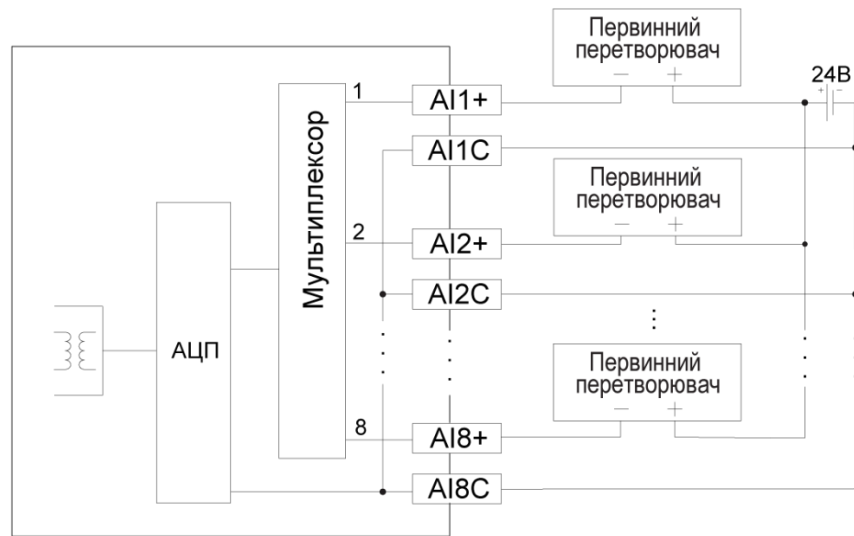


Рисунок 3.14 – Схема підключення аналогових входів

В якості панелі оператора було вибрано ОВЕН СПК 107, функціональна схема (рис. 3.15). Вибрана ПО відповідає поставленим технічним вимогам, є досить простою в налаштуванні та використанні, сумісна з вибраним ПЛК. Переваги ОВЕН СПК 107:

- можливість розробки алгоритмів керування та візуалізації в єдиному середовищі програмування;
- компактні розміри;
- зниження загальної вартості автоматизованої системи керування;
- об'єднання функцій програмованого контролера і панелі оператора в одному корпусі (ПЛК+HMI);
- сенсорний резистивний дисплей на 7 дюймів;
- широкий набір комунікаційних інтерфейсів: Ethernet, 3×RS-485, 2×RS-232, USB Host, USB Device, підтримка SD-карт пам'яті;
- програмування в середовищі CODESYS;
- підтримка протоколів обміну Modbus (RTU, ASCII, TCP), ОВЕН, можливість реалізації нестандартних протоколів;
- підтримуються протоколи NTP, FTP;
- можливість оновлення проєктів і вбудованого ПЗ USB- і SD-накопичувачів;
- присутня підтримка web-візуалізації;
- Linux в якості вбудованої операційної системи;
- сторожовий таймер з можливістю налаштування;

- можливість збільшити кількість точок вводу/виводу шляхом підключення зовнішніх модулів вводу/виводу через будь-який із вбудованих інформаційних інтерфейсів;
- реалізована повна сумісність з попередніми версіями та модифікаціями (за габаритними розмірами, можливістю імпорту проектів та інше);
- ступінь захисту IP65[8].

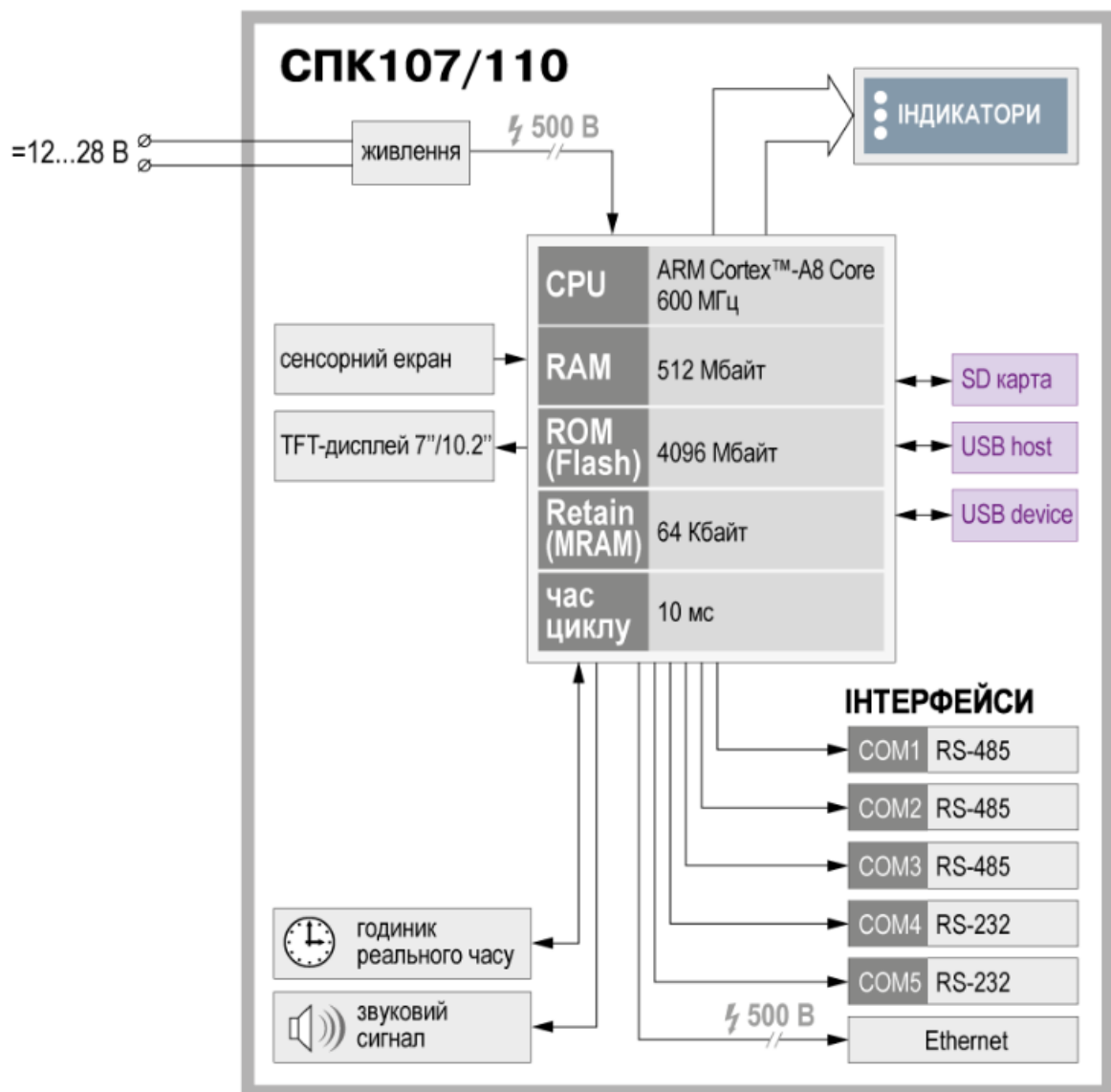


Рисунок 3.15 – Функціональна схема СПК107

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

Перед початком роботи з лісосушильною установкою усі працівники зобов'язані пройти відповідні інструктажі з техніки безпеки та бути ознайомленими з правилами та принципами безпечного використання відповідного обладнання. Питання з охорони праці в деревообробній промисловості, до якої відноситься наша установка, регламентовані та описані в НПАОП 20.0-1.02-05[12].

Під час виконання технологічних процесів в деревообробній промисловості необхідно враховувати небезпечні й шкідливі виробничі чинники відповідно до вимог державного стандарту "Небезпечні та шкідливі виробничі чинники. Класифікація" із зміною (ГОСТ 12.0.003-74), які можуть діяти на працівників[12].

Фізичні небезпечні та шкідливі виробничі чинники:

- машини і механізми, що рухаються; рухомі частини виробничого обладнання; рухомі вироби, заготовки, матеріали; конструкції, які руйнуються;
- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена чи знижена температура повітря робочої зони;
- підвищена температура поверхонь обладнання, матеріалів;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищений рівень інфразвуку;
- підвищений рівень ультразвуку;
- підвищена чи знижена вологість повітря;
- підвищена чи знижена рухомість повітря;
- підвищена чи знижена іонізація повітря;
- високий рівень напруги в електричному ланцюгу, замикання якого може пройти через тіло людини;
- підвищений рівень статичної електрики;
- підвищений рівень електромагнітних випромінювань;
- відсутність або недостатність природного світла;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищена яскравість світла;
- знижена контрастність;
- прямий та відбитий блискіт;
- підвищена пульсація світлового потоку;
- підвищений рівень ультрафіолетової радіації;
- підвищений рівень інфрачервоної радіації;
- гострі краї, задирки, шорсткість на поверхнях заготовок, інструменту та обладнання[12].

					СЧ-61.6.151.07.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

Автоматизація виробничих процесів в деревообробній промисловості залишається актуальною по сьогоднішній день. Використання новітніх підходів до автоматизації процесів та актуального технічного забезпечення дозволить підвищити показники продуктивності та якості об'єктів автоматизації.

В дипломному проекті було проведено огляд та опис існуючих методів та типів сушки деревини, розроблено схеми інформаційно-матеріальних потоків та функціональну схему автоматизації з переліком елементів до неї, реалізовано вибір давачів та виконавчих механізмів, описано автоматизовану систему сушки деревини в вакуумній камері. Проведено опис контурів керування. В ході роботи було розроблено алгоритми функціонування відповідних контурів.

					СУ-61.6.151.07.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. A Decade of Improved Lumber Drying Technology [Електронний ресурс] // Springer Link. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40725-016-0034-z>.
2. Anton G. Selected Processes of Wood Processing / Geffert Anton. – Dudince, Slovacia: Trans Tech Publications, 2015. – 242 с.
3. Hans J. B. Timber Engineering - Principles for Design Paperback / Joachim Blass Hans., 2017. – 658 с.
4. John D. Drying Wood with a Solar Kiln - Plans Included / Davidson John., 2016. – 55 с.
5. Vacuum contact drying kinetics of Jack pine wood and its influence on mechanical properties: industrial applications [Електронний ресурс] // Springer Link. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00231-014-1476-0>
6. Vasile M. Industrial Heat Pump-Assisted Wood Drying / Minea Vasile. – New York: CRC Press, 2018. – 705с.
7. Відомості про датчик температури води [Електронний ресурс]. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://owen.ua/ua/datchyky/dtsxx5mi-yermpoperetvorjuvachi-oporu-z-vyhidnym-sygnalom-4...20ma>.
8. Відомості про панель оператора [Електронний ресурс]. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://owen.ua/ua/sensorni-panelni-kontrolery/spk1xx-sensorni-panelni-kontrolery-z-ethernet>.
9. Відомості про ПЛК [Електронний ресурс]. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://owen.ua/ua/programovani-logichni-kontrolery/plk160-m02-programovanyj-logichnyj-kontroler>.
10. Відомості про пристрій плавного пуску [Електронний ресурс]. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://owen.ua/ua/pryvidna-tehnika/upp1-prystrojji-plavnogo-pusku>.
11. Кречетов И. В. Сушка и защита древесины / И. В. Кречетов. – Москва: Лесная промышленность, 1987. – 328 с.
12. НПА ОП 20.0-1.02-05. Правила охорони праці в деревообробній промисловості [Електронний ресурс]. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: https://dnaop.com/html/32398_3.html.
13. Расаев А. И. Сушка древесины / А. И. Расаев. – Москва: Высшая школа, 1980. – 181 с.
14. Руководство по эксплуатации ОВЕН ДТС-И [Електронний ресурс]. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: https://owen.ru/uploads/159/re_dth-i_1-ru-18399-1.4.pdf

					<i>СУ-61.6.151.07.ПЗ</i>	Арк. 43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А
(довідковий)
Алгоритми управління

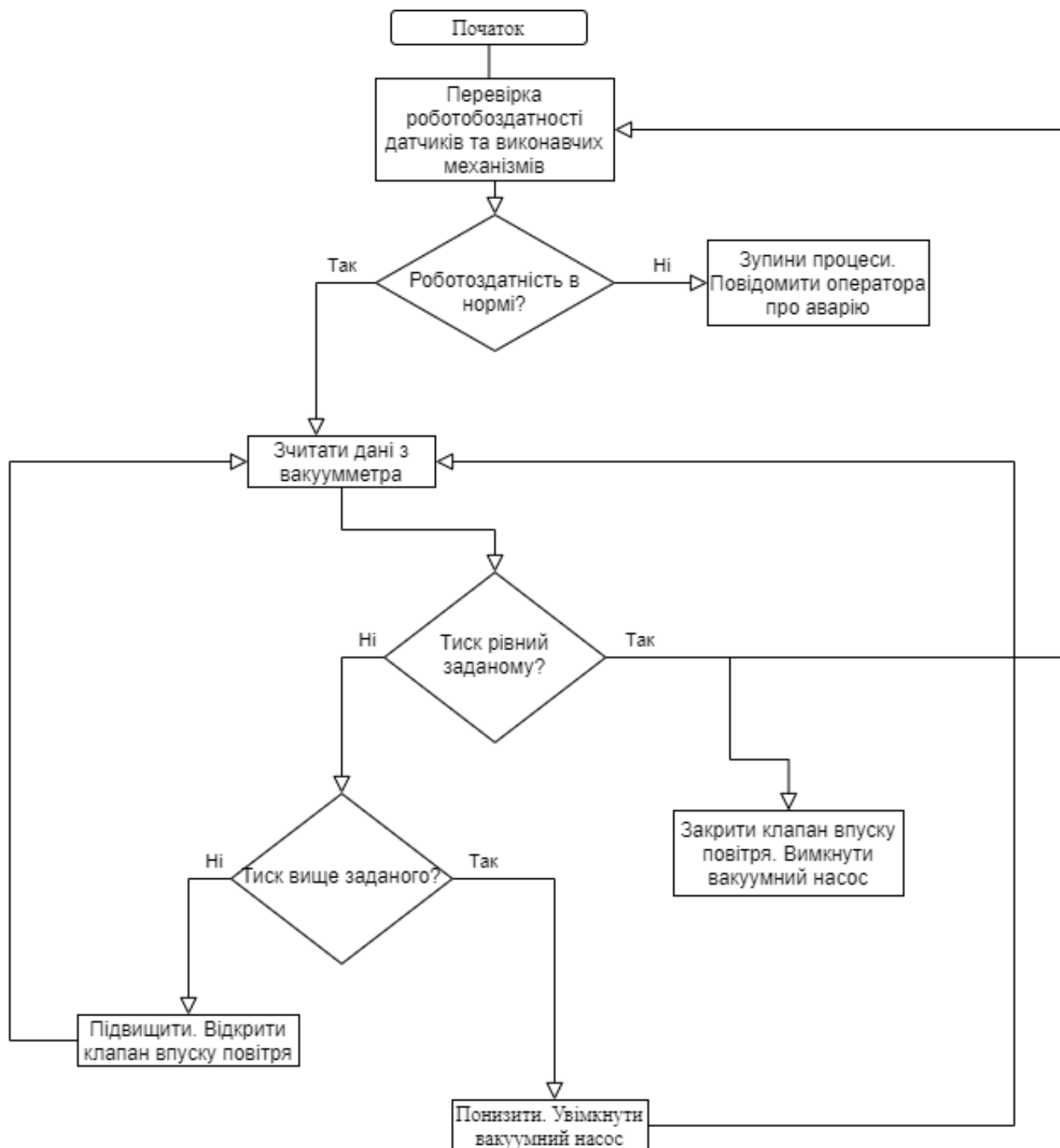


Рисунок А.1 – Алгоритм управління вакуумним контуром

Продовження додатка А

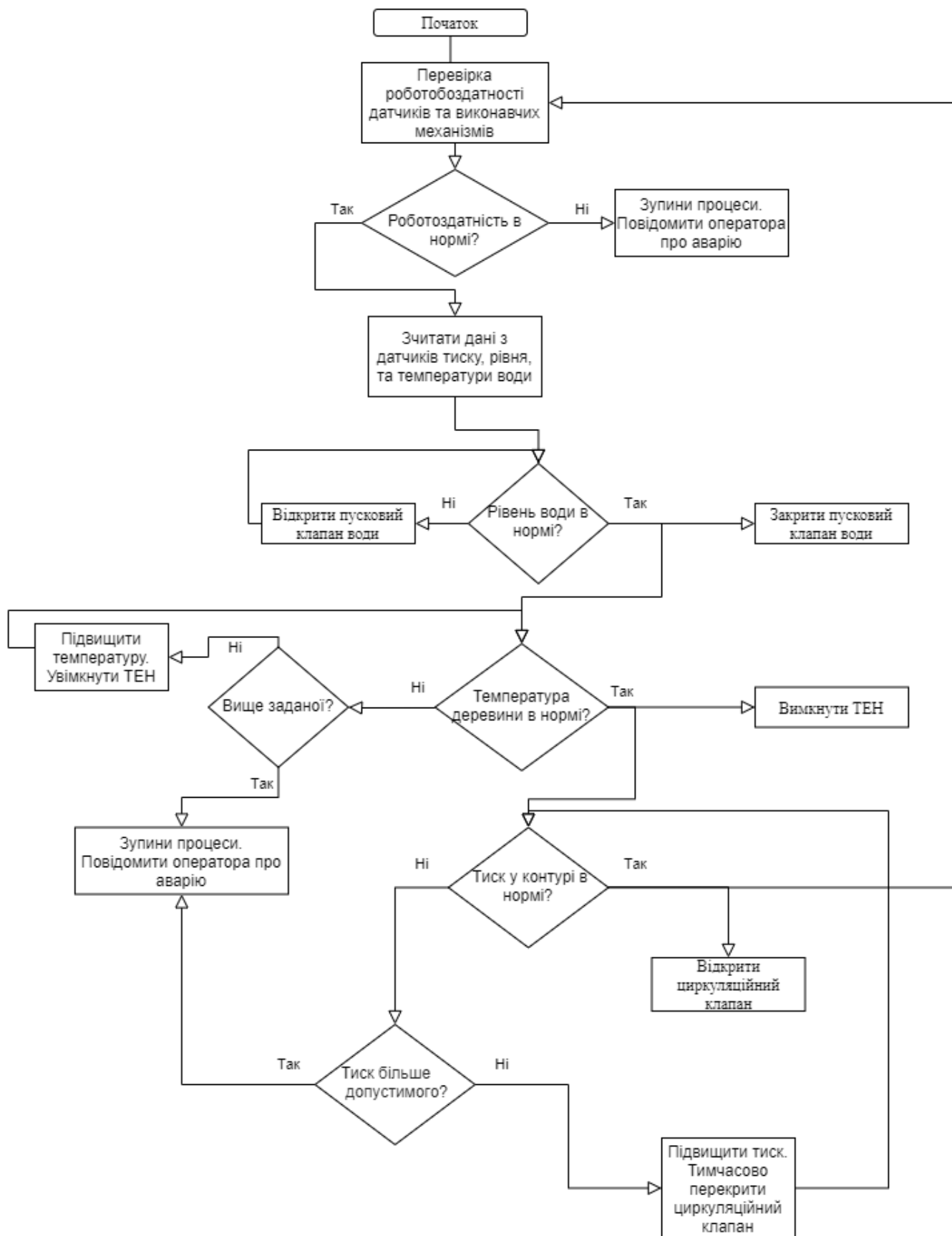


Рисунок А.2 – Алгоритм управління нагрівальним контуром

Продовження додатка А

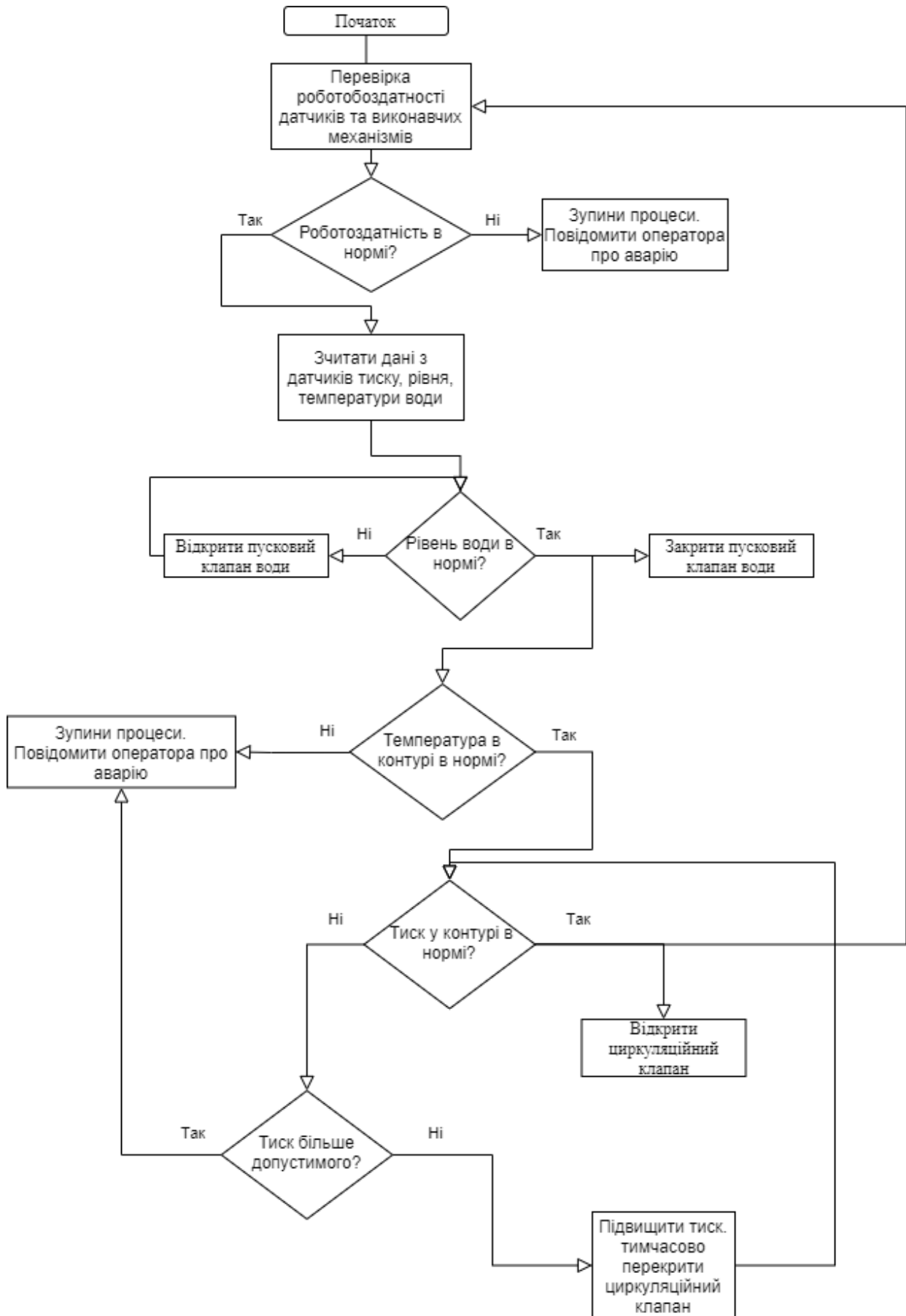


Рисунок А.3 – Алгоритм управління охолоджувальним контуром

Продовження додатка А

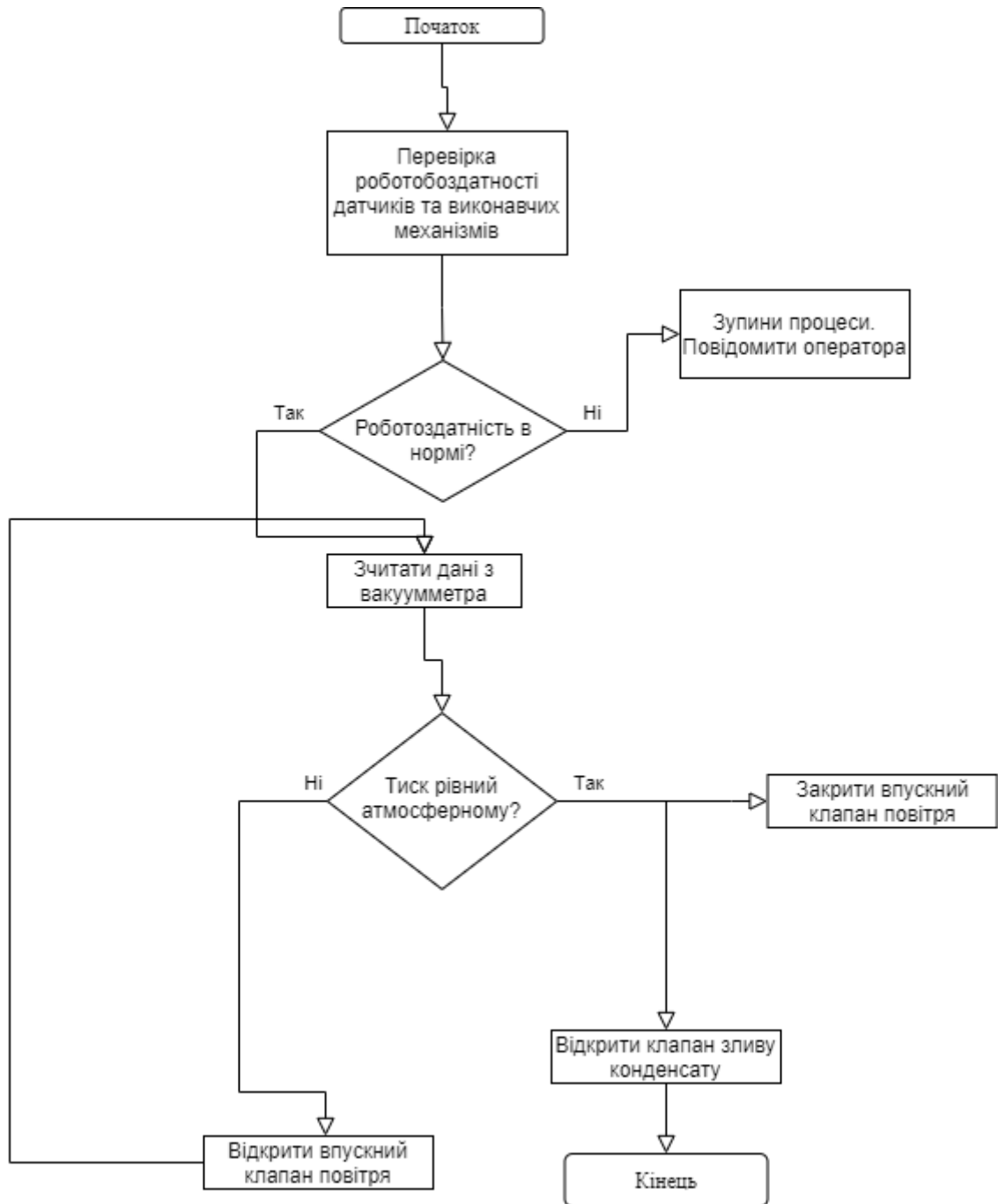


Рисунок А.4 – Алгоритм управління контуром виведення конденсату