

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук
Секція комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри комп'ютерних наук

А. С. Довбиш

“ “

2020 р.

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

на тему:

«Автоматизація процесу сушіння деревини»

Керівник проекту

к. т. н., доцент

Журба В. О.

Дипломник

студент гр. СУдн-61П

Кудрявцев А. О.

РЕФЕРАТ

Кудрявцев Антон Олексійович Автоматизація процесу сушіння деревини. Дипломний проект. Сумський державний університет. Суми, 2020 рік.

Дипломний проект містить 45 аркушів пояснювальної записки, з урахуванням 26 малюнків, 9 таблиць; презентацію.

Проведено технологічний аналіз процесу сушіння деревини. В результаті аналізу визначені канали керування процесом сушіння. Розроблена функціональна схема автоматизації процесу сушіння. Вибрані засоби автоматизації та програмування для реалізації програмного керування обладнанням сушильної камери. Виконана ескізна проробка SCADA-системи на основі засобів автоматизації підприємства Мікророл.

Ключові слова: технічні засоби автоматизації, калорифер, заслінка, вентилятор, зволожувач, інтерфейс, давач вологості, SCADA-система.

SUMMARY

Kudrjajtsev A.O. Automation of wood drying process Degree project. Sumy State University. Sumy, 2020.

Thesis project contains 45 sheets of explanatory note, including 26 figures, 9 tables; presentation.

The technological analysis of wood drying process is carried out. As a result of the analysis, the control channels of the drying process are determined. The functional scheme of automation of drying process is developed. Selected means of automation and programming for the implementation of software control of the drying chamber equipment. The sketch elaboration of the SCADA-system on the basis of means of automation of the Mikrol enterprise is executed.

Keywords: automation hardware, heater, damper, fan, humidifier, interface, humidity sensor, SCADA system.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук
Секція комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри комп'ютерних наук
А. С. Довбиш
“ “
2020 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту зі спеціальності 151
– Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
На тему: «Автоматизація процесу сушіння деревини»

Керівник проекту
к. т. н., доцент

Журба В. О.

Дипломник
студент гр. СУдн-61П

Кудрявцев А.О.

Зміст

Вступ	3
1 КОНСТРУКТИВНО ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ КЕРУВАННЯ	4
1.1 Аналіз технологічної структури об'єкту.	5
1.2 Визначення якості сушіння деревини.	11
1.3 Автоматизація процесу сушіння	16
2 АНАЛІЗ КАНАЛІВ КЕРУВАННЯ, СИГНАЛІЗАЦІЇ І БЛОКУВАННЯ	21
2.1 Аналіз структури розбудови АСК ТП.	21
2.2 Вибір каналів керування, сигналізації і блокування	23
3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА СИГНАЛІЗАЦІЇ	26
3.1 Давачі параметрів сушіння.	26
3.2 Виконавчі механізми	32
3.3 Вибір мікропроцесорних засобів	35
4. ПОБУДОВА SCADA СИСТЕМИ	39
4.1 Компоновка системи автоматизації сушильної камери	39
4.2 Реалізація SCADA-системи	41
ВИСНОВКИ	43
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	

					СУдн-61П 6.151.06.ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		Кудрявцев А. О.			Автоматизація процесу сушіння деревини Пояснювальна записка	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		Журба О.В.					2	40
<i>Реценз.</i>						СумДУ		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Утверд.</i>								

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АСК– автоматизована система контролю

АРМ – автоматизоване робоче місце

АЦП– аналого- цифровий перетворювач

ДВ– датчик вологи

ПВП– первинні вимірювальні перетворювачі

ПК– промисловий комп'ютер

ПЗО– пристроїв зв'язку з об'єктом

ПЛК–програмований логічнийконтролер

ПО –Панель Оператора

ТТР – температура точки роси

ТЕН– тепло електро нагрівач

МК– мікроконтролер

ФБ– функціональні блоки

Вступ.

Сушіння деревини є одним з найбільш важливих технологічних процесів у деревообробці. Правильно висушена деревина дає змогу отримувати вироби якісного рівня. Навпаки, недосушена або пересушена деревина стає чинником передчасного виходу з ладу виробів, а також втрат сировини і зайвого витрачання енергії.

Особливістю процесу сушіння є те, що на етапі сушіння температура і вологість деревини повинні змінюватися за певним часовим режимом, який є різним для різних порід деревини. Необхідність відстеження цих режимів призводить до збільшення впливу на кінцевий продукт «людського чинника».

Зменшення ролі «людського чинника» обумовлює розробку і використання сучасного сушильного обладнання, яке б дозволяло ефективно використовувати енергоресурси, відповідно, і загальні витрати на сушіння [1].

Використання систем автоматизації дозволяє комплексно вирішувати завдання збереження енергоресурсів, підвищення якості продукції, надійності роботи та підвищення ефективності обладнання, що використовується при сушінні.

До теперішнього часу вирішення завдань автоматизації сушіння проводилося на базі релейно-контактних схем, які не вирішували проблеми програмного керування процесом, а також мали невисоку надійність. Недостатня точність первинних перетворювачів параметрів не могла вирішити завдання підпорядкованого керування вологості та температури, чого вимагає специфіка процесу сушіння.

Відкритість сучасного ринку та прогрес у розробці інтелектуальних засобів збору даних стимулювала появу сучасних засобів автоматизації, які б забезпечили стійке і якісне керування процесом сушіння. Проте порівняно висока вартість такого обладнання, обмежена сумісність з парком існуючого сушильного обладнання складають певні труднощі у впровадженні передових технологій.

Вирішення питання модернізації існуючого обладнання, зменшення вартості сучасних засобів автоматизації, призводить до необхідності пошуку проектних компромісів в системах автоматизації, а також розробці апаратно-програмних комплексів, які б дозволяли усунути виникаючі протиріччя. Один із варіантів здешевлення проектів є використання вітчизняної мікропроцесорної техніки.

Метою цього проекту є розробка системи автоматизації процесу сушіння деревини.

					СУдн-61П. 6.151.06.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		3

1 КОНСТРУКТИВНО – ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ОБ'ЄКТУ КЕРУВАННЯ

Конструктивний устрій обладнання для сушіння деревини залежить від ряду чинників: технологічний склад задач, фінансові можливості замовника, доступні енергетичні потужності, характеристики сировини та вибраний спосіб сушіння. Саме останній визначає можливість використання енергозберігаючих технологій. Довгий час сушіння деревини проводилося потужними деревообробними підприємствами з об'ємами 100тис.м³ умовного матеріалу в рік. Такий підхід до процесу характеризується значними побічними втратами, що пов'язані з переходами на інший сортамент та сезонністю робіт.

Зниження об'ємів партії матеріалу, що сушиться, дозволяє знизити побічні втрати, організувати програмні динамічні режими сушіння, переналаштування режимів на інший сортамент, знизити собівартість за рахунок зменшення кількості обслуговуючого персоналу. На малому підприємстві з'являється можливість використання декількох камер невеликого об'єму, де не потрібно чекати надходження наступних партій сировини для повного завантаження великої сушарки.

Модульний підхід дає змогу поступової модернізації без зупинки технологічного процесу. Заміна застарілих конструкцій сушарок, які характеризуються низькою якістю сушіння, дозволяє значно підвищити енергоефективність обладнання.

Підвищення енергоефективності можливе при використанні автоматизованих систем керування процесом. Сучасні деревосушильні камери, які оснащені відповідним комплексом устаткування та експлуатуються кваліфікованим персоналом, дозволяють отримати необхідні показники якості сушіння.

В даний момент ринок сушильних камер на 90% складається з камер класичного типу – конвективних з різними типами обладнання приточно - витяжної вентиляції та різними видами теплоносія. Переваги конвективних сушарок полягають в простій організації процесу сушіння, об'ємом капітальних витрат та прийнятним рівнем технічно-експлуатаційного обслуговування.

Завдання конструктивно технологічного аналізу полягає в оцінці ефективності існуючих схем сушіння та перспективності використання засобів автоматизації, які б забезпечили не тільки якість процесу сушіння, але й знизили експлуатаційні витрати за рахунок підвищення надійності роботи устаткування.

					СУдн-61П. 6.151.06.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		4

1.1. Аналіз технологічної структури об'єкту.

Оскільки сушіння матеріалів здійснюється за рахунок теплової енергії, що надходить до висушеного продукту, то відповідно способів передавання теплової енергії відрізняються способи сушіння [2]:

конвективне, кондуктивне, електричне, радіаційне.

Саме метод сушіння визначає результати вибору варіантів організації процесу та необхідного устаткування. Серед чинників, що визначають вибір обладнання є основні – забезпечення енергоносіями, тип сортаменту деревини, продуктивність процесу. До другорядну характеристик відносяться наявність перевантажувальної інфраструктури, забезпечення спеціалістами, розміщення складів.

Незалежно від використаних способів сушіння основним показником якості процесу є показник остатньої вологості продукту. Проте, вбачаючи те, що на ділову якість деревини впливає її міцність, до параметрів оцінки включають деформаційність деревини. Дослідження, що проводяться в наш час, визначають і причини деформацій які пов'язані з вологоутворенням [3].

Процес сушіння деревини протікає при нерівномірному розподілі вологості по всьому об'єму матеріалу. Наявність нерівномірного поля вологості, що виникає з самого початку процесу, призводить до створення неоднорідного деформованого стану через нерівномірне усушки і є першопричиною утворення внутрішніх напружень. Внутрішня напруга розглядаються як сукупність вологісних і залишкових напруг.

Напруги вологості виникають внаслідок нерівномірного розподілу в деревині гігроскопічної вологи. Ці напруги відносяться до пружних деформацій, що проявляються тимчасово, тому зникають в режимах вирівнювання вологості по перерізу матеріалу.

Але після остаточного завершення сушіння можуть проявлятися залишкові напруги, які pojawiaються внаслідок неоднорідних залишкових деформацій. Тому організація процесу сушіння повинна передбачати циркуляцію вологого повітря.

Найбільш поширеними сушарками є конвективні, в яких використовується потік нагрітого газу, що «обгортає» предмет сушіння. Оскільки тиск в камері в процесі сушіння - атмосферний, то температура в центрі матеріалу нижче у порівнянні

					СУдн-61П. 6.151.06.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		5

з поверхневою. Відповідно до розподілу температур, вологість матеріалу розподіляється навпаки, що сприяє переміщенню вологи до поверхні. Описаний принцип циркуляції теплового потоку використовується в аеродинамічних сушильних камерах. В результаті турбулізації потоку повітря на лопатках ротора відцентрового вентилятор досягається не тільки переміщення потоку, але й нагрівання повітря. В якості іншого джерела теплової енергії використовують спалювання відходів деревини. Конструкція камери дозволяє передавати тепло від спалюваних відходів через стінки топки до повітря, що циркулює всередині камери.

Загальні недоліки конвективного способу сушіння:- висока тривалість циклу (5-45 днів в залежності від сортаменту пиломатеріалу). Затягування процесу призводить до значних енерговитрати. Другим недоліком є низька якість результатів сушіння - яка пов'язана з наявністю мікротріщин. Поява тріщин викликається внаслідок використання теплоносія з високою температурою.

Менш поширеним методом є *кондуктивне сушіння*. Процес сушіння здійснюється за рахунок теплопровідності між нагрітою поверхнею і матеріалом, що сушиться. При кондуктивному методі розподіл вологовмісту має нерівномірний та несиметричний характер. Це проявляється в тому, що у відкритій поверхні вологомісткістю нижче, ніж в центральних шарах, але вище, ніж в контактному шарі. Саме нерівномірний розподіл вологовмісту по товщині пиломатеріалу викликає утворення тріщин і короблення, тому кондуктивні сушарки вимагають чіткого дотримання технологічного режиму.

В кондуктивних сушарках нагрівальними елементами є металеві плити, які можуть нагріватися електрикою або парою. Спроби використання простих або компактних нагрівачів показують, що забезпечити рівномірний нагрів деревини проблематично. До того ж використання кондуктивних камер пов'язана із значним об'ємом вантажно-розвантажувальних робіт, що істотно впливає ефективність їх експлуатації.

Виключити використання водяної пари при сушінні дозволяє метод «імпульсних» режимів. [4]. Сутність цього методу полягає в тому, що сушіння деревини здійснюється циклами, кожен з яких має дві стадії.

					СУдн-61П. 6.151.06.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		6

Перша стадія циклу проходить в умовах подачі повітря підвищеної температури і низької вологості в камеру. Для акумулювання тепла деревиною запускається інтенсивна циркуляція сушильного агента і проходить повітрообмін з навколишнім повітрям. За рахунок різниці вологості утворюється процес обміну, що характеризується високою інтенсивністю. Цей процес створює умови для розвитку поверхневих напруг, що розтягують матеріал.

Умови другої стадії характеризуються припиненням теплопостачання та повітрообміну. В цей проміжок часу відбувається наступне:

- 1) триває процес випаровування з деревини вологи, за рахунок тепла, акумульованого матеріалом на першій стадії;
- 2) збільшується насиченість повітря за рахунок вологи, що надходить із матеріалу;
- 3) підвищується вологість на поверхні матеріалу, оскільки зростає величина рівноважної вологості. Вирівнюється вологість по перерізу матеріалу, внаслідок чого зменшуються сушильні напруги, аж до повного їх зникнення;
- 4) знижується температура на поверхні матеріалу, що пов'язано з витратами енергії на випаровування води;
- 5) з'являється позитивна різниця температури, що викликає інтенсивний переміщення вологи до поверхні, що компенсує зниження інтенсивності процесу із-зі зменшення різниці вологості.

Використання «імпульсних» режимів з певними співвідношеннями тривалості стадій процесу дозволяє зменшити залишкові деформації, відповідно залишкові напруження завдяки зменшеним перепадам вологості по перерізу деревини.

Імпульсні режими в конвективних сушильних камерах дозволяють економити енергетичний ресурс за рахунок відключення вентиляторів на другій стадії сушіння деревини.

Описана технологія імпульсних режимів придатна для користування в парових сушарках завдяки зниженню витрат електроенергії та економії на водяного пара. Ця економія створюється за рахунок виключення кінцевої і проміжної вологотеплообробок, а також кондиціонування середовища сушіння. Додатковою перевагою імпульсних режимів є спрощення системи автоматизації.

					СУдн-61П. 6.151.06.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		7

Більш прогресивна *вакуумна сушка* почала використовуватись для сушіння деревини з початку минулого століття. Різновиди вакуумного сушіння деревини класифікуються за способом нагрівання: струмопровідний вакуум нагрівання, циклічний вакуум, перегрітий паровий вакуум та діелектричний вакуум.

Сушіння деревини нижче атмосферного тиску дає змогу сушити матеріал при більш низьких температурах. При використанні тиску в камері 0, 1-0, 15 бар температура випаровування знижується до 45-50 °С, в результаті чого утворюються умови зменшення розвитку дефектів сушіння [5]. Крім покращання якості сушіння, скорочується час сушіння, збільшується його енергоефективність, а також з'являється можливість сушити дуже великі перерізи.

Дослідження по досягненню високої якості продукту сушіння [6] поєднуються з дослідженнями в напрямку оцінки різних джерел тепла.

Конденсаційний спосіб сушіння деревини є лідером в порівнянні з іншими методами сушіння. Він полягає у охолодженні повітря, яке циркулює в камері сушіння без виходу у навколишнє середовище. Суть метода полягає у досягненні температурою потоку значення температури точки роси (ТТР). При досягненні потоком ТТР, волога, що вийшла з деревини в повітря, конденсується в агрегаті охолодження, який є тепловим насосом. Завдяки зневодненню тепловий насос повертає у камеру тепло, що витратилося на випаровування вологи. В агрегаті охолодження в якості охолоджуючого агента може використовуватись фреон. (Рис.1)

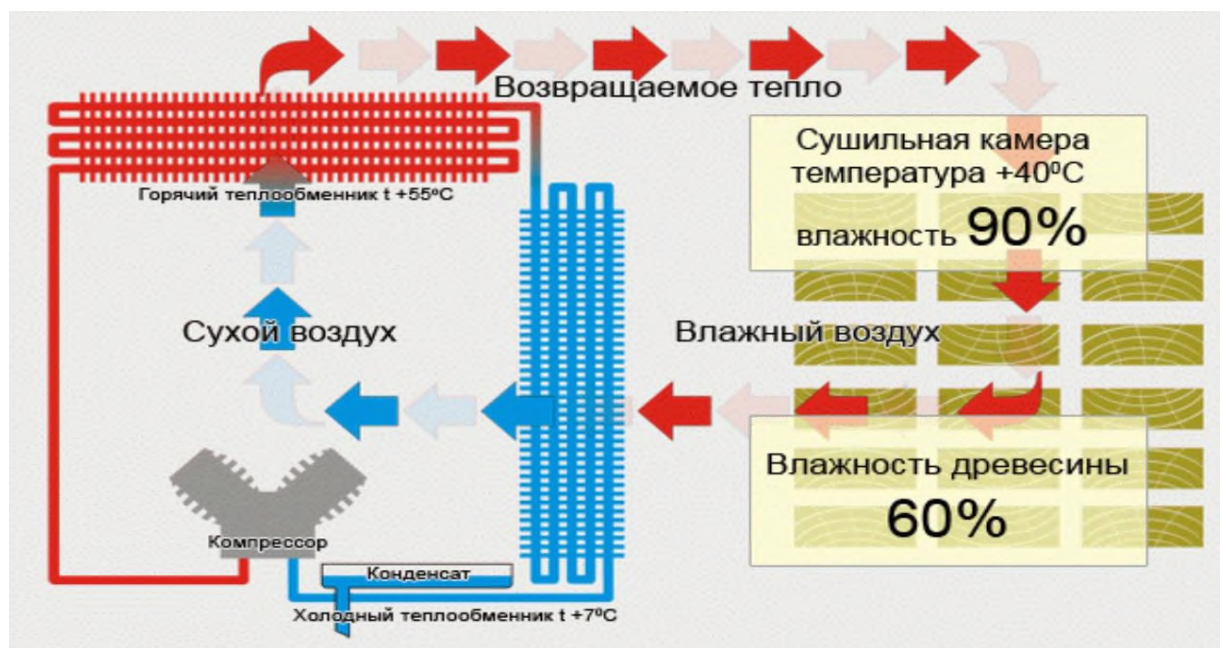


Рис.1 Схема конденсаційної сушарки

					СУДН-61П. 6.151.06.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		8

Витрати електроенергії йдуть на прогрів деревини, а також на електропривод компресора і вентиляторів.

Процес висушування починається прогріву матеріалу до певної температури електроТЕНОм. Включення агрегату сушіння здійснюється після насичення повітря до критичного значення вологості. Тоді, після випаровування, проходить подальша конденсація вологи з циркулюючого агента.

Оскільки процес сушіння деревини у камері проходить при низьких температурах 40°C, то час сушіння збільшується в 2-3 рази в порівнянні з камерним обладнанням [7]. До переваг конденсаційної сушарки (теплового насосу) слід віднести високий рівень якості сушіння та економічність процесу.

Вибираючи в якості об'єкта керування камерну сушарку, розглянемо основні параметри, що визначають напрямки модернізації обладнання процесу.

Процес камерного сушіння складається із послідовних технологічних операцій, до яких належать: попередня теплообробка, сушіння за певним режимом, фінішна волого -теплообробка та кондиціонування.

Перераховані операції виконуються в результаті проходження температурних та аеродинамічних процесів.

Одна з типових конструкцій пароповітряної камери наведені на рис. 2. У при-торцовому вентиляторному приміщенні розміщені один над іншим два вісьових реверсивних вентилятора 1. Наявність двох вентиляційних труб 2, що встановлені в верхній частині камери, дозволяє організувати їх почергове включення—на приплив і витяжку повітря, що сприяє кращому перемішуванню потоків сушіння.

Калорифери 3 із вертикально розташованими ребристими трубами розміщені між штабелями, а також уздовж бічних стін. У каналах, що утворюються між бічними стінками камери та послідовністю калориферів, змонтовані екрани 4. Ці екрани забезпечують вирівнювання швидкості потоку сушильного агента продольного напрямку. Зволоження камери здійснюється шляхом подачі холодної води через зволожувальні труби 5.

Вентилятори забезпечують надходження сушильного агенту до штабельного каналу. Циркуляція агенту утворюється траєкторією: вентилятор – калорифер– штабеля деревини –другий околштабельний канал –вентилятор.

					СУдн-61П. 6.151.06.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		9

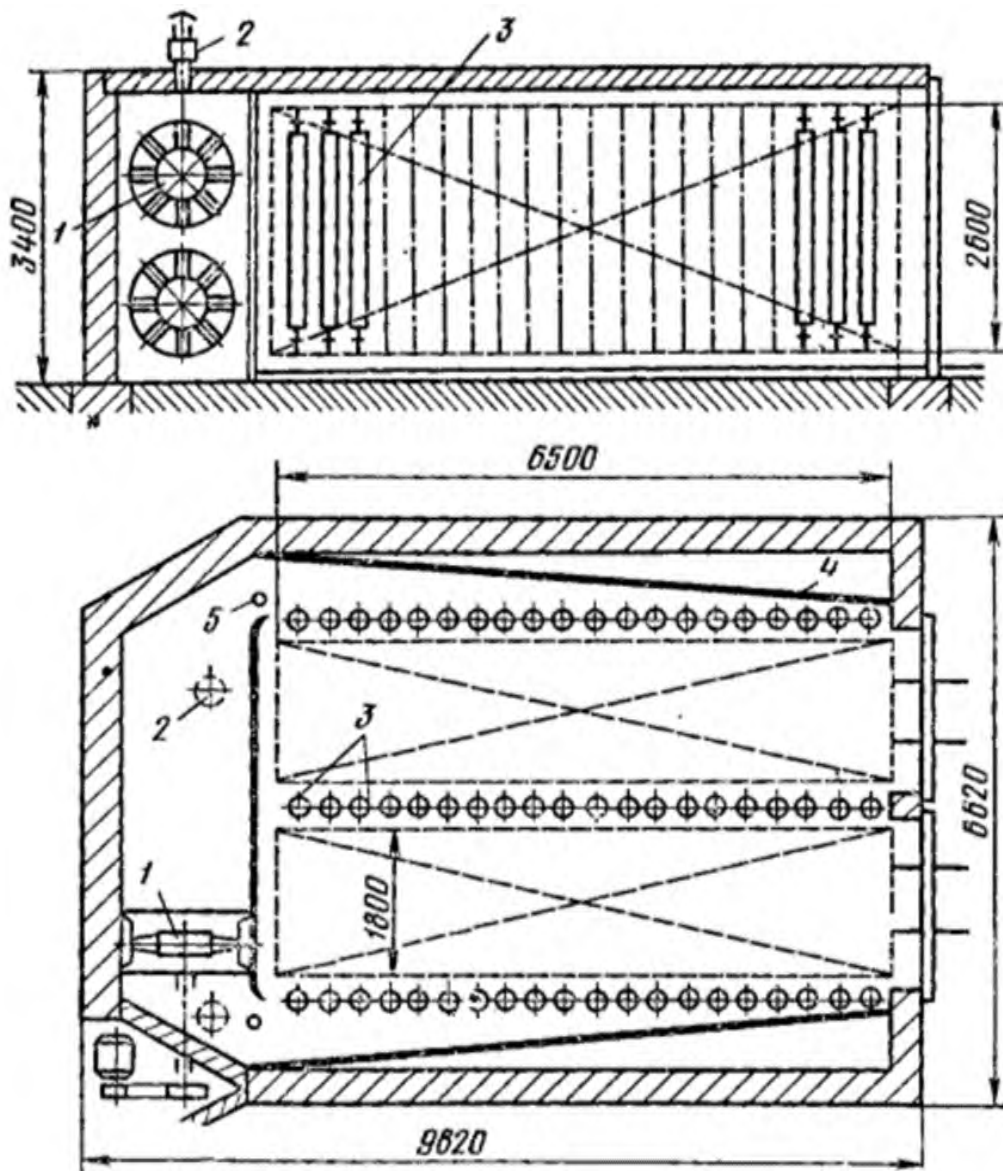


Рис. 2– Камера СПЛК-2:

1–вентилятор, 2 – вентиляційні труби, 3 – калорифери, 4 – екран, 5 – зволожуюча труба.

Значення температур та вологи задається відповідно до породи й сортаменту деревини. тривалість етапу залежить від початкової вологості матеріалу. На рис. 3 показано як в залежності від етапу сушіння змінюються у часі температура в камері, вологість сушильного агенту та вологість деревини.

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

СУдн-61П. 6.151.06.ПЗ

Арк

10

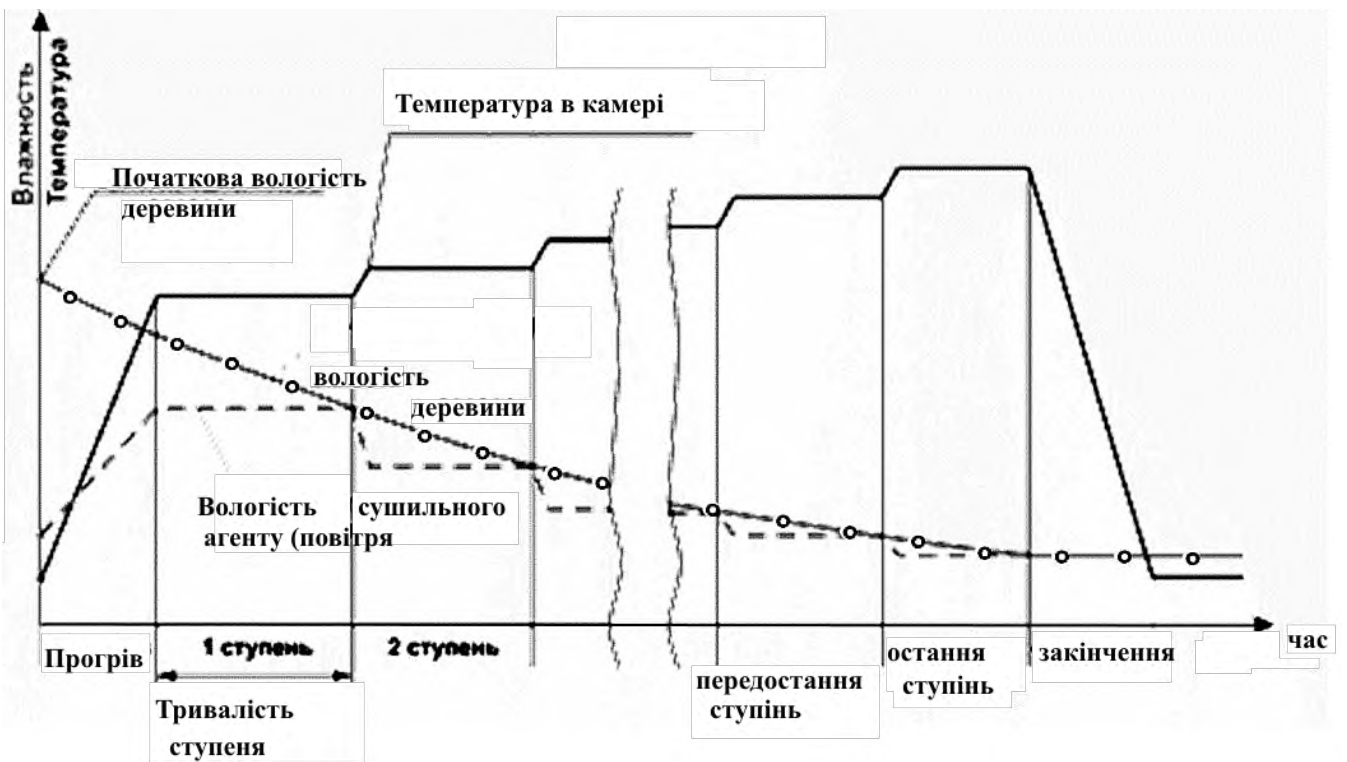


Рис. 3 – Діаграма ступеневого процесу сушіння деревини в сушильній камері

1.2. Визначення якості сушіння деревини.

Головним завданням процесу сушіння довести – деревину до середнього значення вологості, що забезпечить мінімальну деформацію дерев'яних конструкцій, які перебувають в експлуатації. Важливість точного вимірювання вологості деревини обумовлена тим, що деревина схильна до циклічних коливань вмісту води (день-ніч, зима-літо). Крім того, якість сушіння деревини характеризується рядом показників [8], пов'язаними з нерівномірністю розподілу вологи в матеріалі. Тому визначення параметрів, які характеризують розподіл вологості в продуктах сушіння, дозволяє сформулювати завдання і критерії керування процесом сушіння.

Найбільш відомими методами вимірювання вологості в пиломатеріалах сушильний і електричний методи [9].

Єдиною перевагою сушильного методу, який базується на ГОСТ 164837–1, є його точність. Цей метод використовується при градуїровання та повірці вологомірів. Для промислових цілей використовуються давачі, принцип дії яких базується на залежності електричного опору від кількості вологи, що міститься у вимірюваному матеріалі. Голчасті електроди, що імплементуються в деревину, з'єднуються з вимірювальною частиною з допомогою провідників з силіконовою

										Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	СУДН-61П. 6.151.06.ПЗ					11

або тефлоновою ізоляцією, що має мінімальні струми витікання.

Оскільки голчасті електроди забезпечують тільки локальне вимірювання вологості, то для більшої достовірності, відповідно до розмірів штабеля, що знаходиться у камері, необхідно здійснювати вимірювання одразу в декількох місцях досліджуваного матеріалу.

Для обробки даних, що характеризують вміст води по перерізу вимірюваного зразка, використовується схема, приведена на рис. 4. [10]

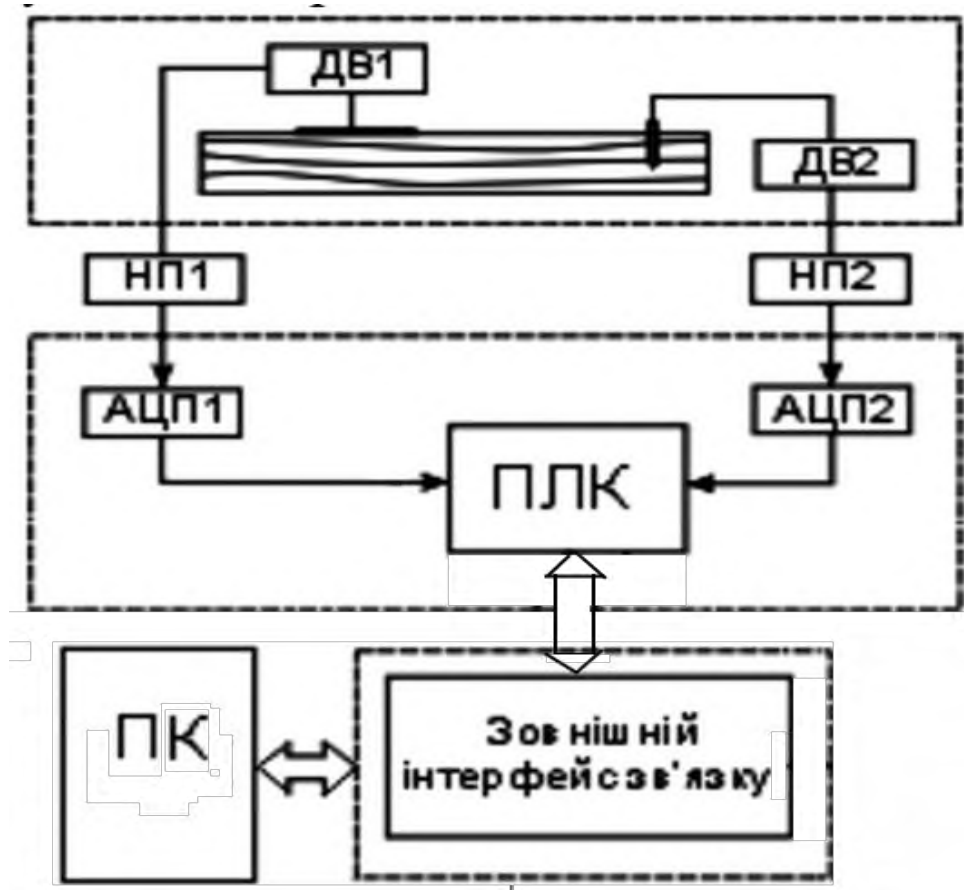


Рис. 4 – Функціональна схема контролю вологи
«ДВ– датчик вологи; НП– нормуючий перетворювач;
АЦП– аналого-цифровий перетворювач»

Сигнали із давачів вологи ДВ надходять до нормуючих перетворювачів НП, що зв'язані з АЦП. Обробка даних, що надійшли з АЦП, здійснюється за програмним забезпеченням, розміщеним у ПК. Алгоритм програмного забезпечення представлений на рис. 5. До складу програми входить підпрограма взаємодії із зовнішнім ПК, підпрограма оброблення даних вимірювань, забезпечення взаємодії з системою керування.

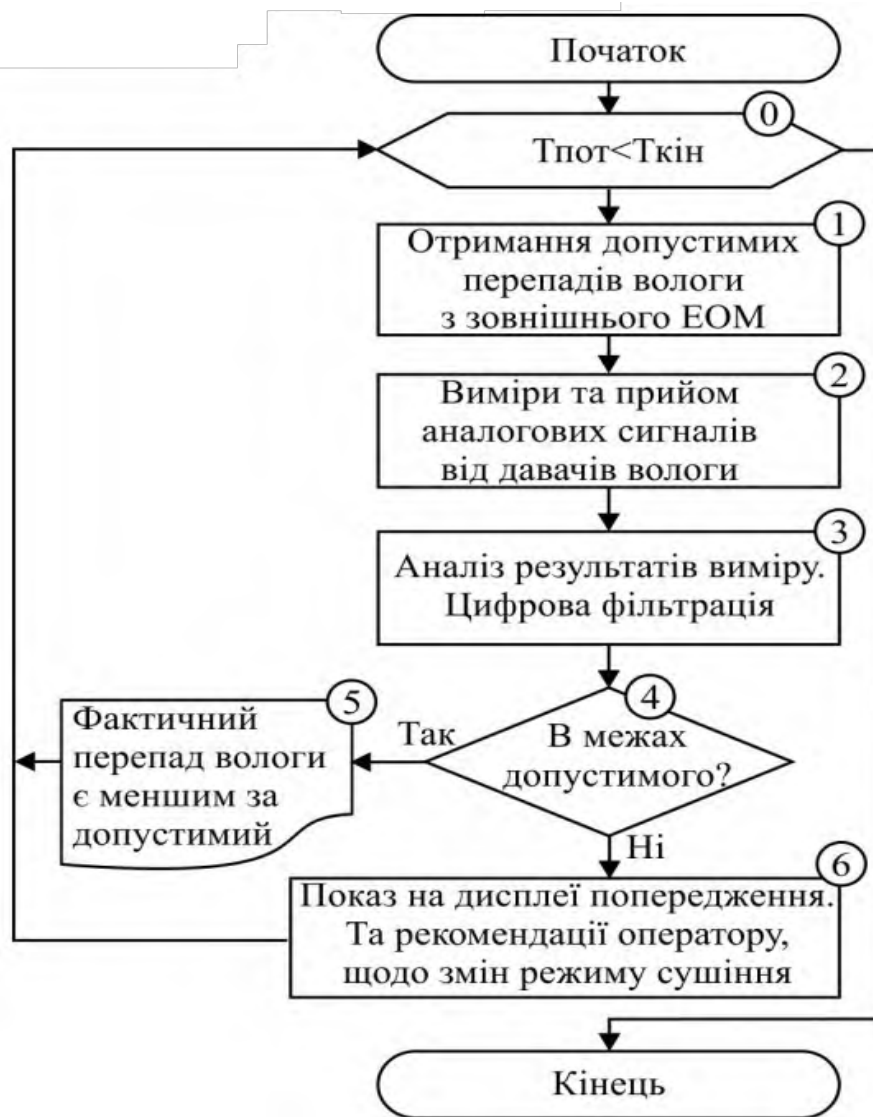


Рис. 5 – Алгоритм вимірювань вмісту вологи

Альтернативою для давачів вологи, що базуються на вимірюванні електричного опору (кондуктивних), існують давачі, що використовують залежність діелектричної проникності деревини від вологовмісту. Такі прилади дозволяють вимірювати вологість, не пошкоджуючи структуру, оскільки не передбачають використання голчастих електродів. Давачі такого типу мають більшу чутливість, ніж кондуктивні давачі. Проте, із принципу їх дії витікає можливість похибок за рахунок поверхневої вологості та різних сторонніх включень. Якщо розмістити електроди давача вологи, що базується на вимірюванні провідності деревини, на рівні 20-25% товщини вимірюваного зразка, то результат оцінки буде дорівнювати середньому значенню вологості.

На рис. 6 показані результати порівняння вимірювань вологомірів деревини різних типів.

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

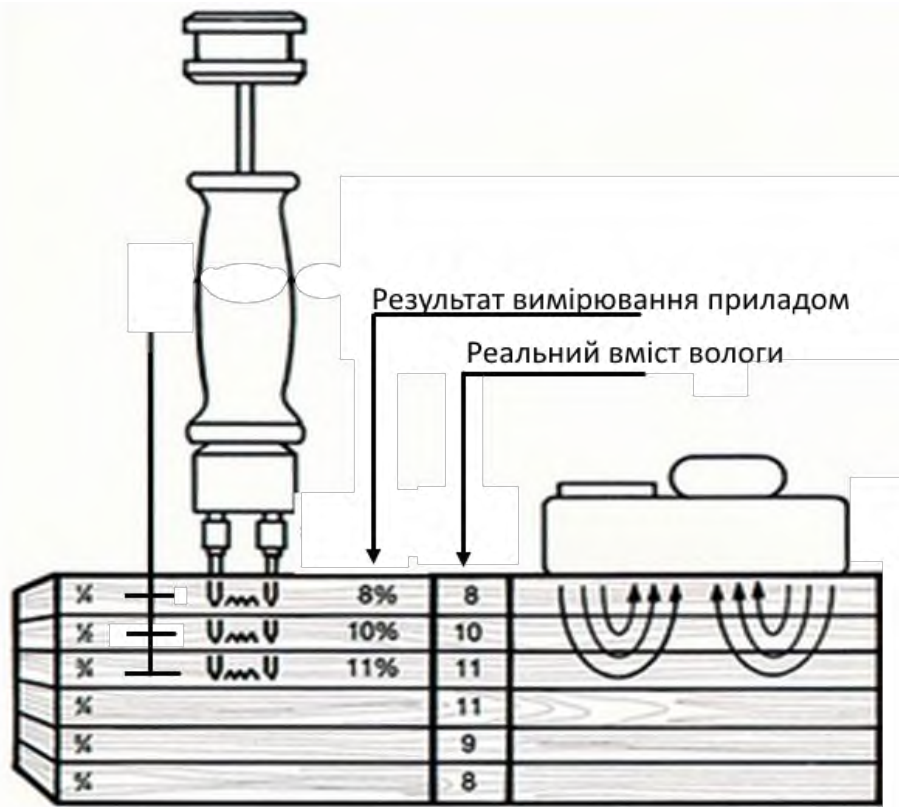


Рис. 6 – Схема порівняльних вимірювань

З огляду на можливі похибки вимірювань, вологоміри в потоці сушіння необхідно періодично використовувати сушильний метод. Для цього використовуються засоби, що мають похибку вимірювання не більше 2%, порівняно з сушильним методом.

Достовірність вимірювань вологості можна оцінювати по методикам, що використовуються на заключному етапі технологічного процесу сушіння деревини [11].

В залежності від завдань вимірювань потрібного параметру здавачі локальної вологості встановлюються у відповідних точках контрольованого штабелю, що сушиться. На рис. 7 приведена схема вимірювання параметрів вологості деревини у штабелі 2, розташованому у камері 6.

Завдяки установці здавача температури 5, по результатам обробки даних, що надходять із давачів вологості деревини 4 у вимірювач вологості 7, можна підвищити точність вимірювання вологості деревини у штабелі 2 [12].

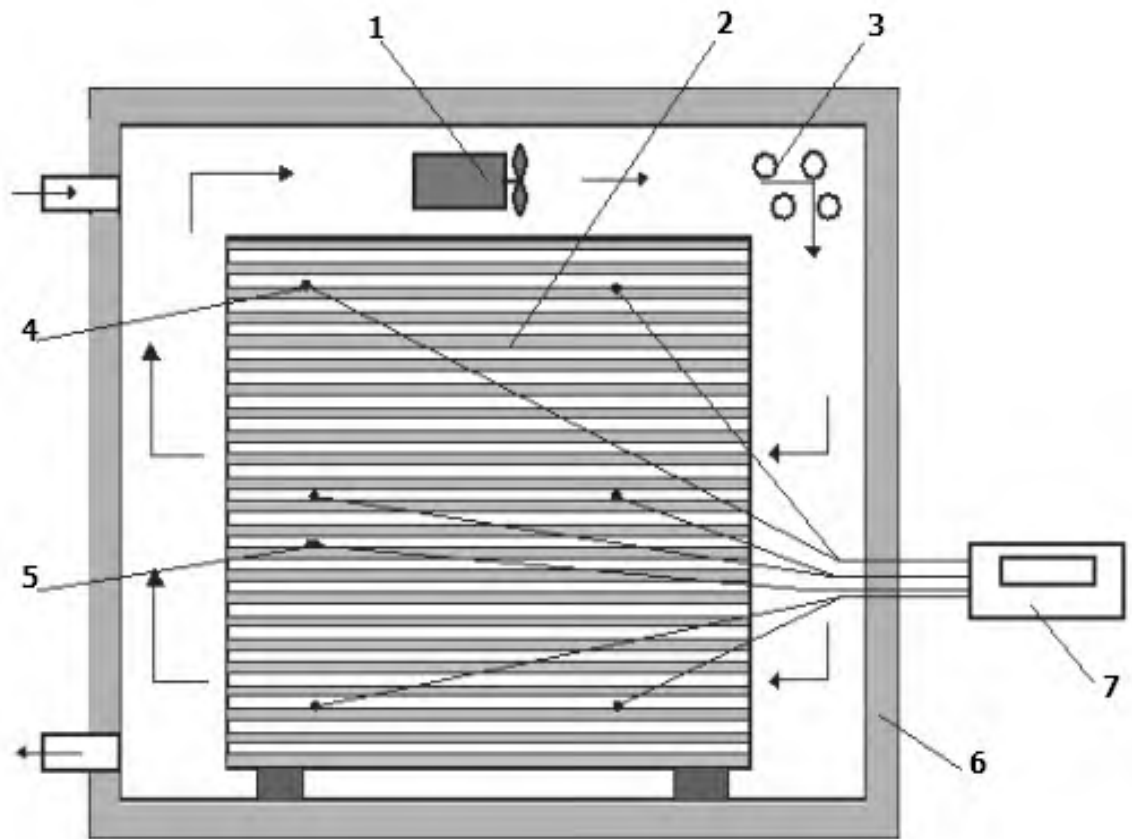


Рис. 7 Розташування давачів вологості.

- 1- Вентилятор; 2- штабель; 3- калорифер; 4- давачі вологості;
 5-давач температури штабеля; 6- камера; 7- вимірювач вологості.

З метою запобігання виникненню *залишкових напружень у деревині*, що сушиться, треба регулювати параметри сушильного процесу в залежності від величини напружень, що розвиваються в матеріалі. Тоді з наближенням небезпеки шарового розтріскування матеріалу, що виявляється за величиною пружних деформацій, необхідно пом'якшувати режим сушки. Оптимальні значення температури та вологи змінюються в часі нелінійно. В наш час такий метод регулювання процесу сушіння ще не розроблений. Тому доводиться слідкувати за мінімальним початковим значенням температури, від якої залежить можливість торцевого розтріскування, а максимальне значення (наприкінці сушильного процесу) враховує перегрів пиломатеріалу.

1.3 Автоматизація процесу висушування

Енергоємність процесу сушіння визначається типом джерела енергії, характером витрат енергоносія та вибраним перетворювачем виду енергії. У всіх випадках на режими витрат енергоносія впливає «людський фактор», тому найбільш ефективним підходом до економії енергоносіїв є використання засобів автоматизації процесу. Крім зниження енергетичних витрат автоматизація процесу сушіння дає змогу зменшити час висушування та підвищити якість продукції.

Згідно регламентів, до початку процесу деревину прогрівають включеними нагрівальними пристроями. При цьому вентилятори працюють з закритими приточно - витяжними каналами. Якщо сушіння йде ступенями, то на початку процесу повітря прогрівають до температури, яка на 5°C вище, ніж температура першого циклу. При цьому максимальна температура агента не повинна перебільшувати 100°C.

Ступінь вологонасиченості гріючого середовища для деревини з початковою вологістю більше 25% повинна бути в межах 0,98 - 1, а для деревини з вологістю менше 25% - 0,9 - 0,92.

Час початкового прогріву залежить від породи деревини. При температурі зовнішнього повітря більше 0°C для пиломатеріалів хвойних порід тривалість становить - 1,5 години, а при температурі повітря менше 0°C - 1,5...2 години на 0,01м товщини.

Час прогріву змінюється для різних порід деревини. Найменший- для глици. Для м'яких листяних порід час прогріву більше на 25%, а для твердих листяних порід на 50%.

Щоб почати першу ступінь циклу сушіння перевищення параметрів зводять до норми і починають цикл за регламентованими нормами. Основні параметри агента - температуру і вологість регулюються заслінками приточно - витяжних каналів.

Залишкові внутрішні напруження, що формують якість деревини, усувають шляхом проміжної та фінішної вологотеплообробок. Ця обробка здійснюється агентом підвищеної вологості та температури. При необхідності, проводиться кондиціонування, цикл вологотеплообробки може повторюватись.

					СУдн-61П. 6.151.06.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		16

Проміжну вологотеплообробку проводять при переході з другого на третій етап сушіння або з першого на другий при сушінні по високотемпературним режимам. Вологотеплообробка передбачає використання агента з температурою, яка на 8°C вище температури другого етапу, але не більше 100°C, при ступені насиченості 0,95 - 0,97.

Фінішна вологотеплообробка виконується при досягненні деревиною необхідної кінцевої середньої вологості. Після закінчення кінцевої вологотеплообробки здійснюється нормалізація матеріалу шляхом витримки деревини у камерах протягом 2...3 годин при параметрах. При цьому витримка проводиться при параметрах, які передбачені останнім ступенем режиму.

Отже, для реалізації функціональних завдань сушіння, окрім *огородження сушильних камер*, яке відокремлює сушильний простір від навколишнього середовища, використовується таке обладнання:

- *теплове обладнання сушарок;*
- *система циркуляції;*
- *система обміну повітрям;*
- *система зволоження.*

Кожна з перерахованих підсистем виконує свої функції, тому загальне завдання автоматизації процесу сушіння формується відповідно до завдань керування цими підсистемами.

Теплове обладнання складається з нагріваючих пристроїв - калориферів, з'єднаних труб і запірної арматури.

В потужних калориферах теплоносієм є гаряча вода, у в менш потужних - повітря. Основний потік агента сушіння забезпечують два теплогенератори. Потрібна температура отримується в результаті регулювання теплового потоку електрокалорифера. В якості регулюючих органів значення вологості використовуються шибери-заслінки, положення яких впливає на потік через витяжки.

В перший калорифер подається вода із котла, а в другий - безпосередньо з печі, де спалюються дрова, нагріте повітря. В якості двигуна гарячого повітря використовується відцентровий вентилятор, за допомогою якого агент подається в сушарку.

					СУдн-61П. 6.151.06.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		17

Температура в сушарці може регулюватись продуктивністю водогрійного котла, а також вентиляем з сервоприводом. При використанні сервоприводу, температура теплоносія на вході в сушарку повинна бути на рівні 95°C.

Система циркуляції сушильної камери призначається для організації примусового переміщення агента сушіння крізь штабель з деревиною. Окрім вентилятора до системи входять екрани для розподілу потоків повітря. Обдув штабеля – горизонтально - поперечний.

Відцентровий вентилятор (рис.8) в сушильній камері виконує одночасно функції циркуляції і нагрівання.

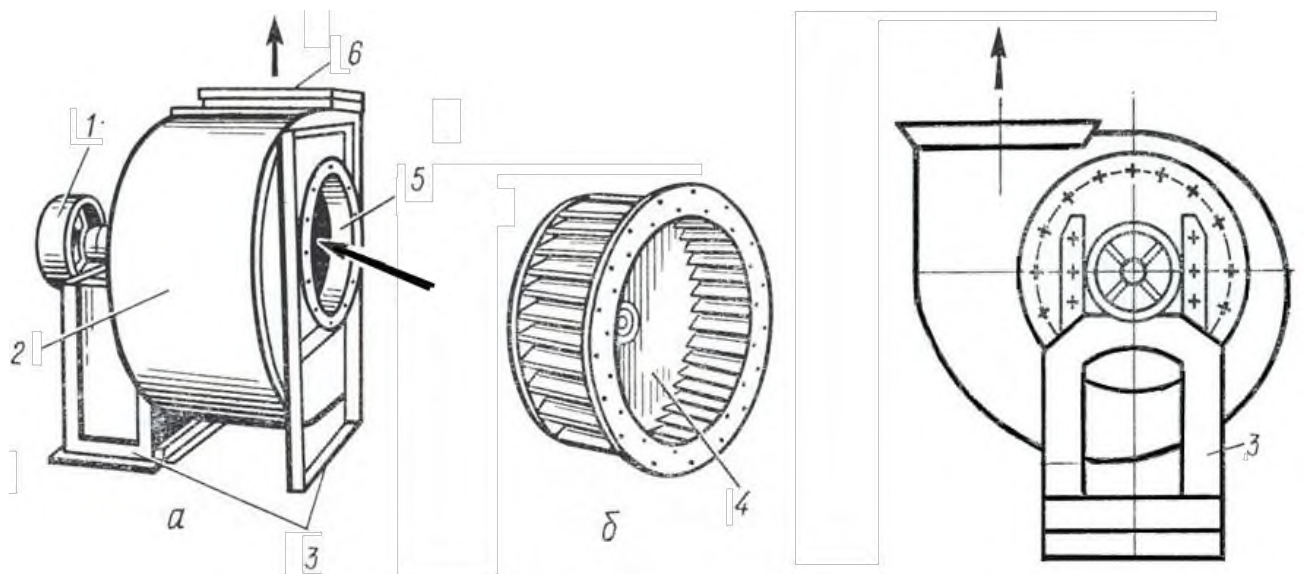


Рис. 8– Відцентровий вентилятор.

а– загальний вигляд; б– колесо; в– вид зі сторони приводу.

1– приводний шків; 2– корпус; 3– станина корпусу; 4– всмоктуючий отвір колеса; 5 –всмоктуючий отвір корпусу; 6 –вихлопний отвір.

Завдяки приводу 1 колесо вентилятора обертається із заданою швидкістю. Повітря потрапляє в бокову частину корпусу, а виходить з корпусу під кутом 90°

Вентилятори, що використовуються для сушильного обладнання, нагнітають тиск до 1кПа.

Система обміну повітрям (вентиляції) сушарок для деревини складається із приточно - витяжних труб з шиберними заслінками. Серводвигуни з системою керування дозволяють відкривати або закривати жалюзійні заслінки системи обміну повітрям без участі оператора, що цілодобово гарантує дотримання режиму сушіння деревини та отримання пиломатеріалів необхідної якості. Атмосферне повітря (сухе) подається в сушарку через канал притоку, а вологий видаляється

										Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата						18

через витяжний. Завдяки зміні кута відкриття жалюзійної заслінки здійснюється регулювання швидкості циркуляції повітря, в результаті чого змінюються витрати, температура та вологість повітря.

Система зволоження використовується для проведення процесу вологотеплообробки пиломатеріалів. В результаті зволоження та кондиціонування вдається озняти залишкові внутрішні механічні напруги, що виникають в режимах «жорсткого сушіння». Керування системою зволоження передбачає можливість порційного додавання вологи в сушарку.

Тиск води в водопроводі, який забезпечується водяним насосом, для нормального розсіювання повинен бути 0,2...0,3 МПа. При відкриванні електромагнітного клапану, вода по трубопроводу через бронзові форсунки надходить в сушильний простір камери. Кількість форсунок залежить від об'єму сушарки.

Таким чином технологія керування процесом сушіння деревини передбачає керування процесами зволоження, циркуляції, вентиляції нагрівання, охолодження, які забезпечують отримання кліматичних параметрів в сушарці, враховуючи зовнішню вологість та температуру.

Перелік вхідних сигналів, що характеризують стан сушарки та вихідних керуючих сигналів, що забезпечують рішення перерахованих завдань, приведено в Табл.1.

Таблиця 1 (вхідних / вихідних сигналів).

Параметр	Значення	Кількість точок	Вид
Температура зовнішня	- 30...+50°C±0,5%	1	Вхідний аналоговий
Вологість зовнішня	20...98%±0,5%	1	Вхідний аналоговий
Температура в сушарці	0...+110°C±0,5%	1	Вхідний аналоговий
Вологість в сушарці	10...98%±0,5%	1	Вхідний аналоговий
Температура штабеля	0...+100°C±0,5%	3	Вхідний аналоговий
Вологість штабеля	10...98%±0,5%	6	Вхідний аналоговий
Тиск води	0...0,5МПа	2	Вхідний аналоговий
Положення шибер заслінки вх	0...100%±5%	1	Вхідний аналоговий
Положення шибер заслінки вих	0...100%±5%	1	Вхідний аналоговий

Параметр	Значение	Кількість точок	Вид
Керування положенням шибера заслінки	0...100%±5%	2	Вихідний аналоговий
Керування циркуляційними вентиляторами	0...100%±5%	2	Вихідний аналоговий
Зволоження	Вкл/викл	1	Вихідний позиційний
Керування електрокалорифером	Вкл/викл	1	Вихідний позиційний
Керування подачею гарячої води	Вкл/викл	1	Вихідний позиційний
Керування подачею гарячого повітря	Вкл/викл	1	Вихідний позиційний
Керування подачею гарячого повітря теплокалорифера	0...100%±5%	1	Вихідний аналоговий
Керування подачею гарячої води з котла	0...100%±5%	1	Вихідний аналоговий

Керування автоматизованою системою сушіння деревини здійснюється з допомогою пульта управління і відеотерміналу, інтегрованого в апаратну мікропроцесорну платформу системи автоматизації (рис. 9).

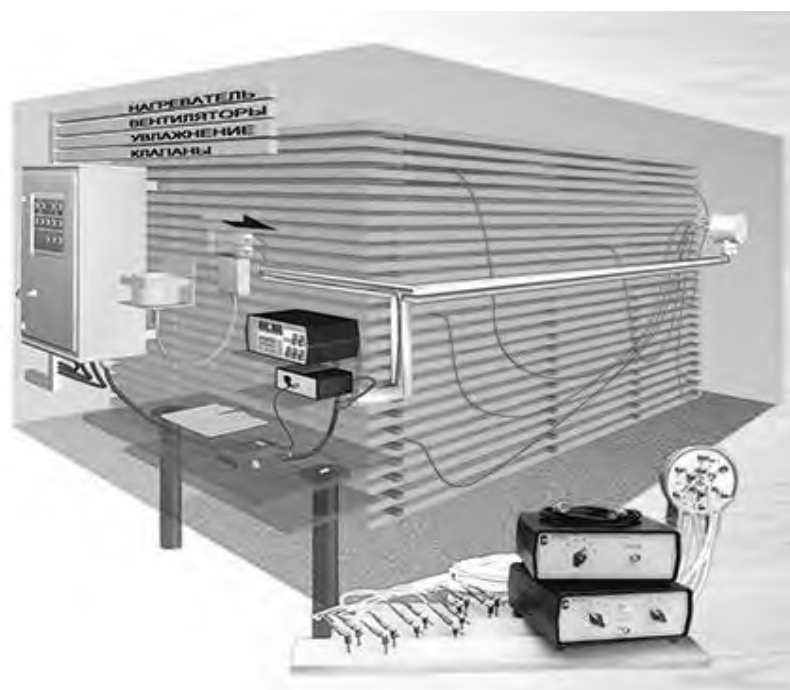


Рис. 9 Компоновка засобів автоматизації процесу сушіння.

2 АНАЛІЗ КАНАЛІВ КЕРУВАННЯ, СИГНАЛІЗАЦІЇ І БЛОКУВАННЯ

2.1 Аналіз структури розбудови АСК процесом сушіння.

Автоматизована система управління являє собою комплекс технічних засобів, які забезпечують оптимізацію параметрів технологічного процесу. АСУ будується на базі високонадійної програмованої обчислювальної техніки. Аналіз завдань керування об'єктом по п.1.3 показує, що розбудова АСК процесом сушіння повинна забезпечити синхронізацію керуючих дій, або програмного управління, яке ведеться відповідно до програми технології сушіння.

Оскільки параметри процесу сушіння деревини зберігаються в пам'яті блока управління і залежать від товщини та породи пиломатеріалу, що сушиться, то режим сушіння може визначатись блоком управління автоматично або корегуватись оператором. Відповідно блок управління керує взаємодією виконуючими підсистемами сушильної камери на протязі усього процесу сушіння деревини. Контроль процесу ведеться з віддаленого комп'ютера, який може відслідковувати роботу і інших сушарок, виконуючи функції діагностики обладнання.

Функції АСК розподілені між її рівнями системи.

1. Нижній рівень складається з розміщених в об'ємі сушильної камери датчиків (первинні вимірювальні перетворювачі - ПВП), які з'єднані з мікроконтролером (МК). Програмне забезпечення МК в циклічному режимі виконує завдання:

- вимірювання параметрів сушильного агента (температури і вологості)
- автоматичне регулювання параметрів сушильного агента с метою забезпечення в камері потрібних значень температури і вологості повітря;
- можливість полуавтоматичного або ручного дистанційного керування виконавчими пристроями сушильної камери;
- заданий режим роботи вентиляторів.

2. Верхній рівень . Промисловий комп'ютер, з'єднаний з панеллю оператора, програмний комплекс якого забезпечує збір і обробку інформації з МК , підсумкову обробку отриманих даних, а також їх відображення та документування. При цьому вирішуються наступні завдання:

- автоматичний вибір режиму сушки по заданій інтенсивності сушіння, породі та товщині пиломатеріалу;

					СУдн-61П. 6.151.06.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		21

- вимірювання параметрів зовнішнього середовища;
- вимірювання вологості деревини контактним методом в шістьох точках штабеля пиломатеріалу з урахуванням температури вологості деревини;
- визначення середнього значення вологості деревини с можливістю виключення або включення кожної точки контролю;
- реєстрацію параметрів і зберігання в пам'яті, перегляд хронометражу протікання процесу сушіння пиломатеріалів за останній тиждень;

Апаратна реалізація, відповідна сформульованим функціям керування представлена на рис.10

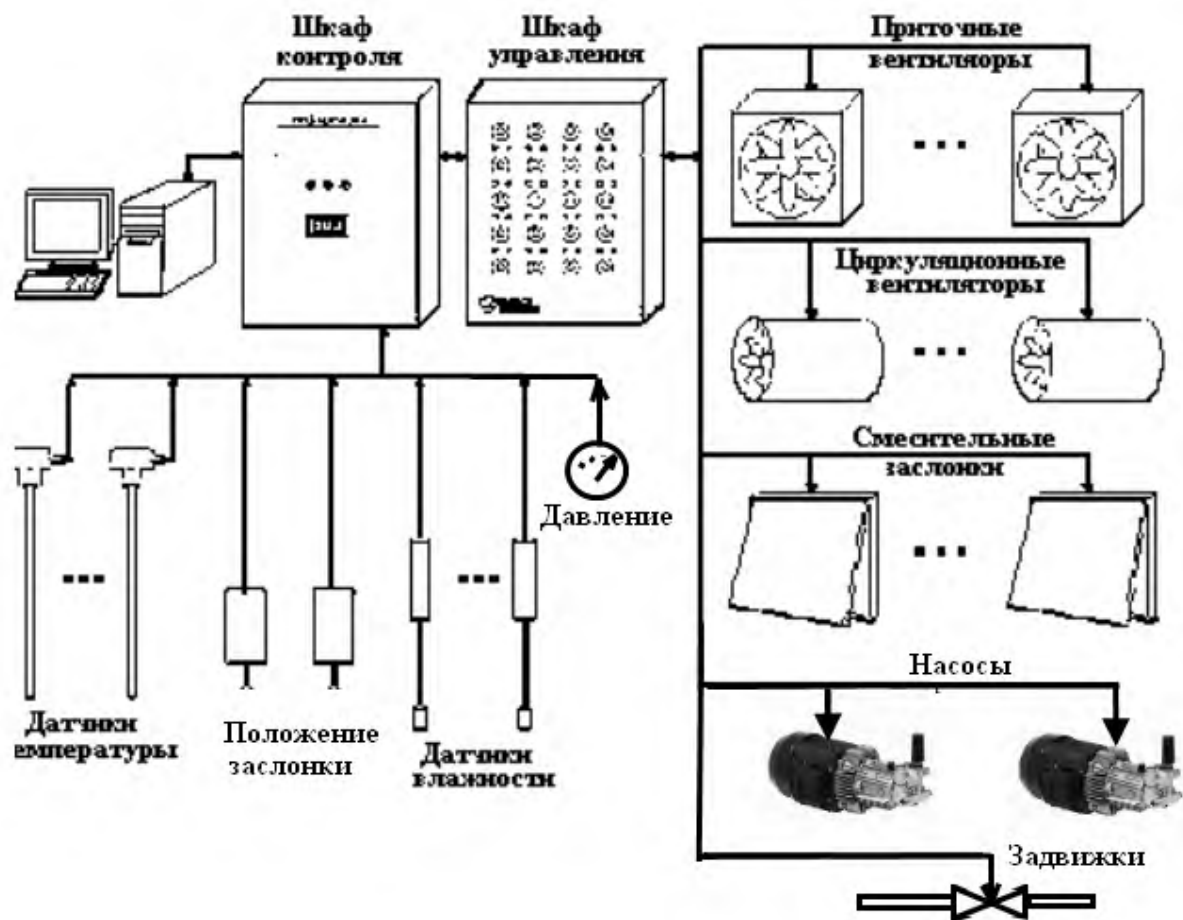


Рис. 10. Структурна схема АСК сушіння.

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

2.2 Вибір каналів керування, сигналізації і блокування

Особливістю АСК процесом сушіння є забезпечення циркуляційних потоків по зонам камери сушіння. Цей фактор приводить до необхідності контролю розподілу температурних потоків в просторі камери. Тому канал керування розподілом повітряних потоків впливає на різні зони неоднаково, його керуючі сигнали формуються на основі аналізу режимів сукупності незалежних пристроїв, кожний з яких підтримує заданий режим функціонування.

Враховуючи, що управління температурою і вологістю сховища здійснюється не тільки за рахунок калориферів, але і за рахунок управління режимами роботи вентиляційних пристроїв, то спрощену функціональну схему каналу керування температурою можна представити у вигляді, наведеною на рис.11.

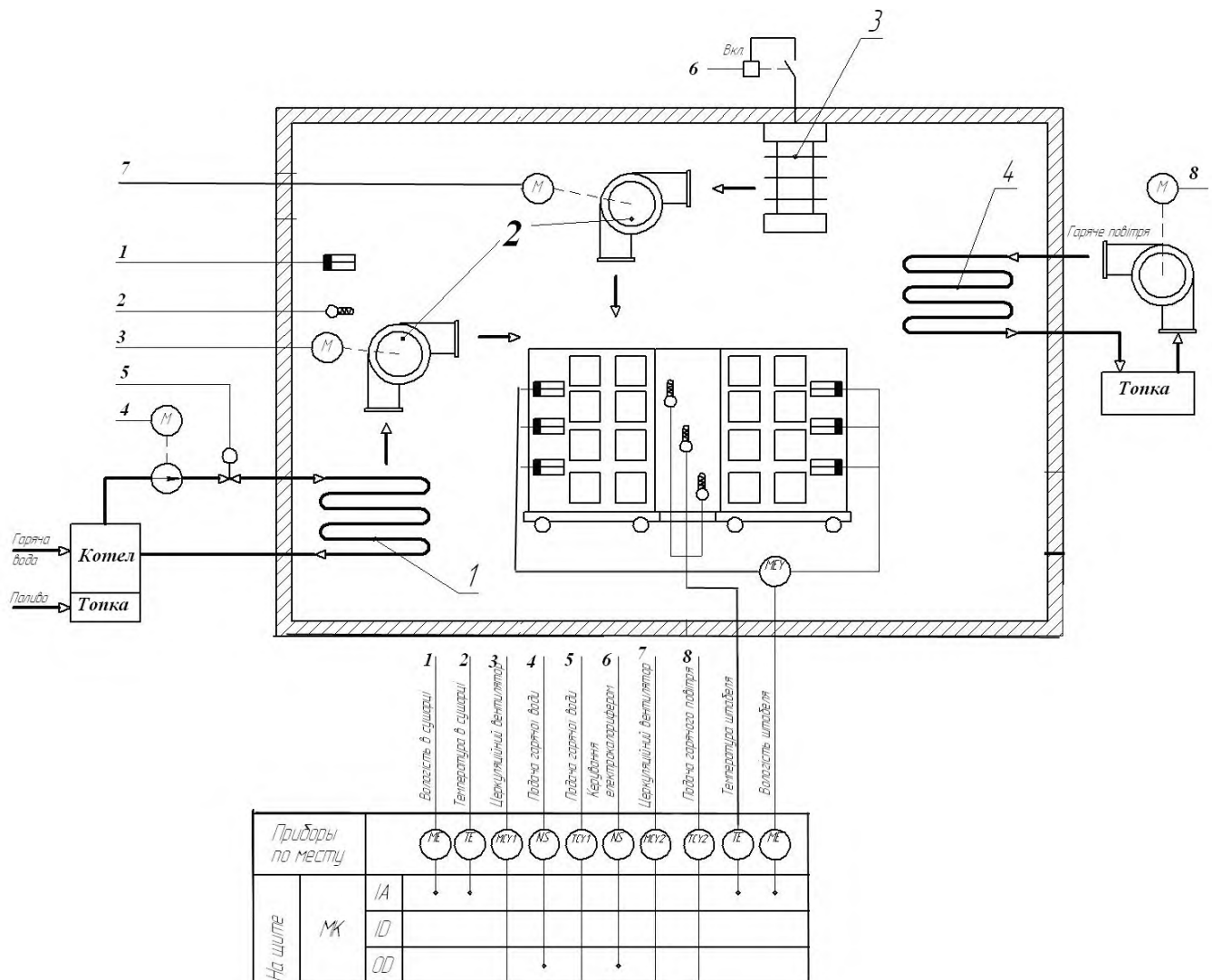


Рис. 11. Функціональна схема регулювання температури, вологості.

1-Калорифер гарячої води; 2-Циркуляційний вентилятор; 3-Електрокалорифер; 4- Калорифер гарячого повітря

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

СУДН-61П. 6.151.06.ПЗ

Арк

23

Сигнали, що характеризують температуру сушарки та штабелю пиломатеріалів, через перетворювачі подаються на входи МК. На базі МК реалізований багатоточечний контроль значень температури. Підтримка заданих значень температури також здійснюється МК, який є багатоканальним цифровим регулятором.

Забезпечення заданої вологості проводиться за рахунок управління швидкістю і часом роботи вентиляторів, розташованих в камері.

В залежності від пори року і діючих збурень, в вентиляційно- нагрівачому контурі здійснюється регулювання температури за рахунок керування положенням заслінки, яка дозволяє використовувати рециркуляційне повітря для підтримки температури з меншими енергетичними затратами.

Значну роль у забезпеченні енергетичного балансу, що змінюється залежно від пори року, грає контур керування положенням заслінок. Функціональна схема цього контуру управління представлена на рис. 12.

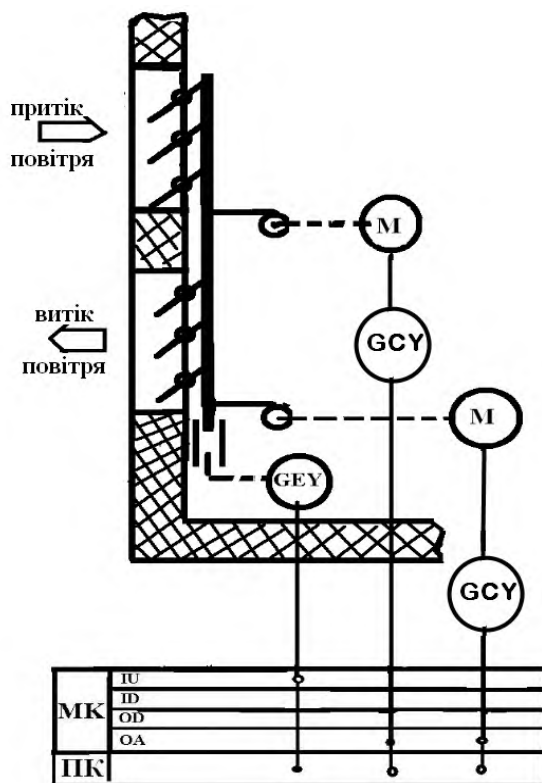


Рис. 12. Функціональна схема регулювання положення заслінки.

На підставі сигналів про поточний стан шибера(GEY) із заданим значенням, що видається з ПК, МК, що є локальним регулятором, видає через перетворювач GCU керуючий сигнал для виконавчого двигуна М.

В результаті обертання двигуна здійснюється переміщення заслінки до заданого її положення.

Для керування рівнем вологості в сушарці використовується два канал управління. Перший канал управління працює в звичайних умовах, коли волога деревина просушується в штабелях. Тоді зменшення вологості відбувається за рахунок роботи циркуляційних вентиляторів, які управляються апаратно програмними засобами за схемою рис. 11. Іншою причиною збільшення вологості сховища може бути підвищення вологості зовнішнього повітря. Тоді регулювання необхідного значення вологості здійснюється за рахунок підтримки співвідношення ступеня відкриття заслінок і потоків циркуляції повітря. При цьому використовуються засоби, описані у функціональній схемі рис. 12.

Другий канал управління вологістю сушарки діє для підтримки заданої швидкості сушіння з метою запобігання механічних напружень в матеріалі. Досягнення заданого рівня вологості досягається за рахунок застосування спеціальних зволожувачів, які розпорошують вологу при зменшенні вологості нижче норми. Функціональна схема управління зволожувачем дана на рис. 13.

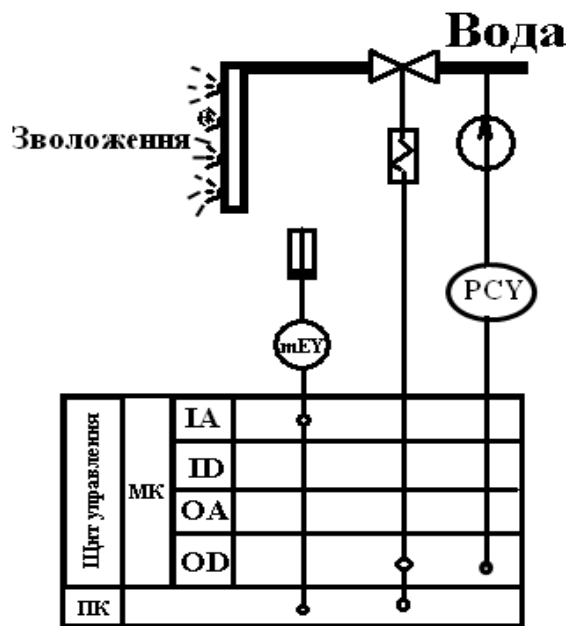


Рис. 13. Функціональна схема регулювання вологості.

Слід враховувати, що при використанні зволоження, відбувається охолодження повітря, що циркулює в сушарці. Тому при сушінні необхідно використовувати взаємопов'язане регулювання вологості і температури.

3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА СИГНАЛІЗАЦІЇ

Вибір засобів автоматизації проводиться на підставі аналізу умов їх експлуатації, функціонального призначення та параметрів узгодження різних рівнів управління.

Виходячи із завдань забезпечення інформацією керівника технологічного процесу, засоби автоматизації повинні інформувати його про відповідність параметрів процесу заданим режимам, стан обладнання, можливість аварійної ситуації.

При цьому основне навантаження з виконання функцій сигналізації покладається на «автоматизовані робочі місця» (АРМ) оператора. Ці АРМ реалізуються на основі зовнішніх інтерфейсів, відеотерміналів, що при наявності відповідних пристроїв зв'язку з об'єктом(ПЗО) дозволяє будувати ефективні SCADA системи.

Зазвичай функції блокування та захисту будуються на засобах локальної автоматики, оскільки мікропроцесорні засоби є проміжним ланцюгом, що знижує швидкодію реакції обладнання. Тим більше, використання запобіжного обладнання рекомендується відповідними правилами улаштування електроустановок та правилами пожежної безпеки (ППБ).

У системах транспортування агентів сушіння та кондиціонування повітря застосовуються особливі заходи захисту і блокувань. Ці заходи необхідні, наприклад, при використанні електричного калорифера при непрацюючому вентиляторі або відключенні насосу при відсутності води.

3.1 ДАВАЧІ

Давачі температури.

Визначення типу давача температури здійснюється виходячи із умов експлуатації сушарки та технологічними вимогами. Із розгляду режимів сушіння та кондиціонування витікає, що необхідно забезпечити точне вимірювання в діапазоні температур 0-130°C та відносної вологості у вимірюваному середовищі 20-100%. Інша вимога стосується забезпечення герметичності та корозієстійкості.

Експлуатаційні вимоги полягають у забезпеченні взаємозамінності, та часу на працювання на відмову 5000 годин. Враховуючи швидкодію теплових процесів, то к давачам температури теплового агента особливих вимог до динамічних

					СУдн-61П. 6.151.06.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		26

характеристик не виставляється.

Тому цілком виправданим є використання в якості первинних перетворювачів мідних термометрів - опорів ТСМ (Рисунок 14).

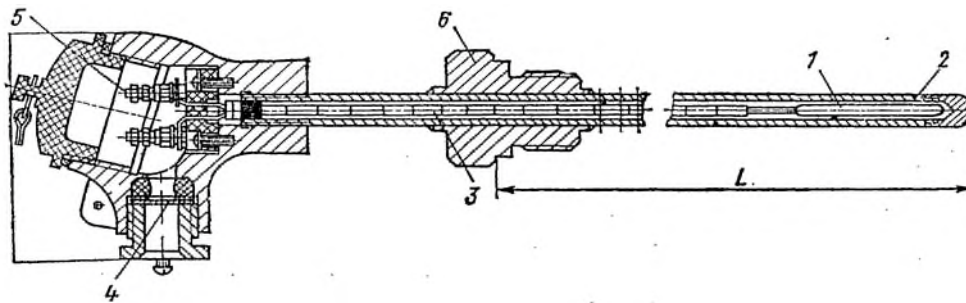


Рисунок 14 – Термометр опору ТСМ

1 - чутливий елемент; 2 - корпус; 3 - намиста; 4 - ущільнення; 5 - клеми;
6 - штуцер

Зазвичай вважають, що основна похибка пов'язана з точністю вимірювань первинного перетворювача. Однак, якщо узгодити параметри первинного і вторинного перетворювача, то похибка вимірювань температури значно зменшується [13]. У разі можливості безпосереднього підключення давача ТСМ може до регулятора температури в об'єкті нормуючий перетворювач, що видає уніфікований сигнал, можна не використовувати.

Вимірювання вологості

Вологість- важливий параметр, що характеризує хід процесу сушіння. Ступінь зневоложування деревини вимірюється за допомогою давача, що безпосередньо контактує з деревиною. Для отримання інформації про стан середовища сушарки можна використовувати давачі, що поєднують функцію вимірювання температури та вологості.

По результатам аналізу можливостей використання в проекті різних давачів можна вибрати «перетворювачі вологості і температури повітря аспіраційні» виробництва ЧАО «ТЕРА»(м. Чернігів). Доцільність вибору ґрунтується на показниках надійності цього перетворювача, а також вартості, у порівнянні ємнісними давачами. Згідно ТУ У 26.5-14242882-003:2012 модель перетворювача ДВТ-07 представляється у вигляді конструкції , що складається з «мокрого та сухого» термометрів. Засобами, що збільшують точність вимірювань, є використання гніту,

					СУДН-61П. 6.151.06.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		27

ємності для води і обдувочного вентилятора (рис. 15).

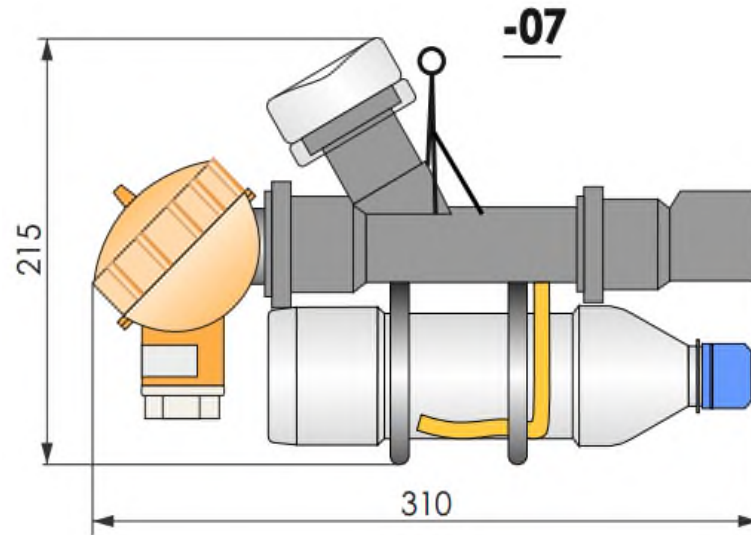


Рисунок 15 – Габарити розміри перетворювача ДВТ-07

Параметри ДВТ-07 приведені у Табл. 2

Табл. 2

Параметр	Значення
робочий діапазон виміру відн. вологості повітря	10...100%
відносна похибка вимірювання вологості	1%
робочий діапазон виміру температури	0...60 °C
швидкість обдування вентилятора	2 м/с
час відгуку	1 хв
живлення	12 В DC ±5%

Розгляд можливих варіантів організації вимірювань вологості деревини показує, що ємнісні вимірювачі вологи ще не набули широкого розповсюдження. Така ситуація пов'язана із похибками вимірювань, які викликані наявністю вологи на поверхневому шарі деревини. Ці похибки можна зменшити при використанні додаткового коригуючого обладнання та засобів адаптації до зміни умов сушіння.

Кондуктивний (резистивний) метод вимірювань вологості деревини більш поширений при експертних оцінках. Це підкріплюється зручними інтерфейсами, простими налаштуваннями та чіткою калібровкою вимірювань. Проте для забезпечення процесу керування такі перетворювачі непридатні, оскільки сигнали результатів вимірювань не мають зв'язку з контролерами керування.

Для організації контурів керування процесами сушіння більш прийнятним є використання визначника вологості деревини **Sh0453/8**. Згідно ТУ 4221-002-33022904-01 цей прилад вимірює вологість за допомогою 8-ми голчастих давачів, їх електронної комутації з наступною передачею даних у регулятор.

У процесі сушіння опір деревини змінюється, відповідно змінюється мікро-струм між електродами вимірювача. Цей струм перетворюється в електронній схемі в напругу, яка масштабується за коефіцієнтом 600мВ-відповідає 60% вологості. Ця напруга надходить до основної плати, де знаходиться комутатор каналів. Після відповідної обробки отримується сигнал, що пропорційний вологості.

Технічні характеристики приладу приведені у Табл. 3.

Параметр	Значення
діапазон визначення абсолютної вологості	6 ... 60%
похибка визначення в діапазоні (6 ... 18%) (18..25%) (25 ... 50%)	2%
	3%
	5%
кількість давачів на 1 прилад	8
довжина проводів до давачів	8x10 ... 50м
вхідний код вибору каналу	3 біта (ТТЛ)
вихідний сигнал - аналоговий	100% = 1000мВ 0-10мА або 4-20мА
габарити	300x250x150мм
живлення	220 В, 50Гц
споживана потужність	10 Вт

Вигляд передньої та задньої панелі визначника вологості деревини Sh0453/8 показано на рис. 16



Рисунок 16 – Вигляд передньої та задньої панелі Sh0453/8.

									Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	СУДН-61П. 6.151.06.ПЗ				29

Визначення положення заслінки за допомогою індуктивного давача

Розглянуті канали керування тепло- вологісними параметрами сушарки (рис.12, рис.13) передбачають регулювання температури та вологості камери шляхом зміни положення засувок, тобто витрат гріючого повітря та води. Для визначення положення використовуються давачі, які є функціональними перетворювачами положення /струм (уніфікований аналоговий сигнал).

В якості первинних перетворювачів положення використовуються резистивні, оптичні та індуктивні давачі. Порівнюючі їхню надійність, точність, вартість та, враховуючи досвід експлуатації обладнання для сушіння, то перевага віддається індуктивним давачам БСПІ 10(ЯЛБИ.426449.004 РЭ)

Давач встановлюється в електропривод та видає електричний сигнал, що відповідає положенню виконавчого механізму. Для живлення блоку використовується змінна напруга 12V промислової частоти. Діапазон вимірюваних значень повороту- $0 \div 90^\circ$, при нелінійності 2,5%. Споживана потужність до 0,5W.

До складу блоку БСПІ 10 входять блок мікрореле і блок давачів.

Із принципової схеми блоку(рис. 17) видно, що для підключення БСПІ 10 до ПЛК необхідний додатковий перетворювач, який сформує уніфікований сигнал.

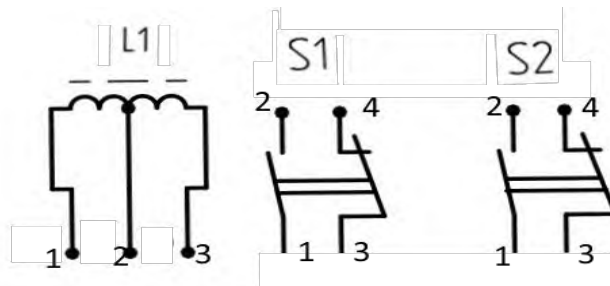


Рисунок 17 – Схема електрична принципова блоку БСПІ 10

Для забезпечення узгодження виходу давача положення засувки із входом ПЛК застосовується перетворювач ППМ-2(ПРМК.426442.033 ПС), що виготовляється підприємством МІКРОЛ (м. Івано-Франківськ). Технічні характеристики перетворювача ППМ-2 приведені у Табл. 4.

Опір трьох провідної лінії зв'язку не повинен перебільшувати значення 10 Ом по кожному проводу, а довжина лінії зв'язку не більше 300 м.

Зовнішній вигляд перетворювача ППМ-2 із схемою підключення показаний на рис. 18.

					СУдн-61П. 6.151.06.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		30

Табл. 4. Технічні характеристики перетворювача ППМ-2

Назва параметру	Од. Виміру	Значення
Тип давача, що підключається		Індуктивний
Схема підключення		трипровідна
Вхідний сигнал		Поворот вала індуктивного давача.
Діапазон зміни вихідного сигналу		Уніфіковані: 0-5мА; 4-20мА
Межі регулювання початкового (0) і кінцевого (100) значень діапазону перетворення		не менше 30% від діапазону зміни вихідного сигналу
Макс. похибка перетворення	%	2,5
Опір навантаження для вихідного сигналу: 0-5мА, не більше 0-20мА (4-20мА), не більше	Ом	2000 500
Напруга живлення: - змінна напруга - постійна напруга	В	198-242 18-36
Струм споживання -живлення 24 В постійної напруги	мА	80
Габаритні розміри (ВхШхГ)	мм	96x55x110мм
Ступінь захисту		IP30
Маса, не більше	кг	0,4

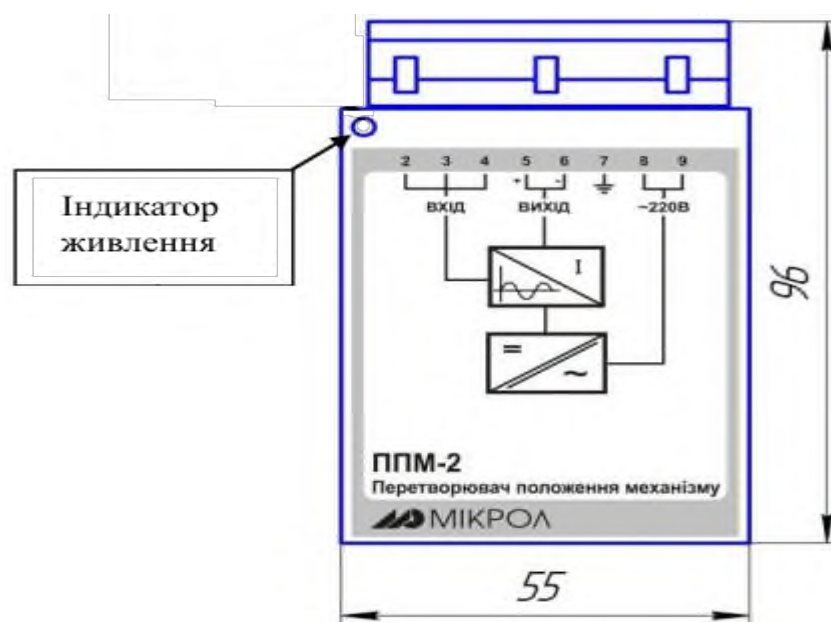


Рис. 18 – Зовнішній вигляд ППМ-2

					СУДН-61П. 6.151.06.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		31

Параметри електромеханічного виконавчого механізму наведені в таблиці Табл. 5

Табл. 5

1 Основний конструкційний матеріал корпус клапана запірний вузол (затвор) ущільнення плунжера	Чавун КЧ30-6 Нержавіюча сталь по Термостійка гума
2 Номінальний діаметр DN/діам затвору частини, мм	50/40 ;50/17,5
3. Регульоване середовище	Вода темпер. до 150° С
4. Номінальний тиск PN, МПа	1,6
5. Тип пропускної характеристики	Тарілчастий затвор
6. Тип виконавчого механізму	Електрич. прямоходовий
7. Швидкість переміщення штока затвора, мм / хв	Від 15 до 30
8. Умовний хід затвора Hz, мм	22- 16
9. Умовна пропускна здатність Kvu, м3 / год	40- 10
10. Дозволений перепад тиску , МПа	1,6
11. Розміри: габаритні Н (не більше), мм установчі (будівельна довжина) L, мм приєднувальні фланців	406 230 Згідно ГОСТ 12815
12. Маса (не більше), кг	13,9

Регулювання потоку повітря

Забезпечення режимів сушіння по вологості доповнюється видаленням зайвої вологи через повітряну заслінку сушарки. Для керування цією заслінкою можна використати менш потужний привод, ніж привод для подачі води. Це пов'язано із рівнем тиску повітря, що кондиціонується, а також зусиллями по переміщенню заслінки. Із розгляду параметрів енергозберігаючого електроприводу фірми Belimo [14], витікає, що сформульовані завдання керування заслінкою вирішуються використанням електроприводу повітряної заслінки SM24A-SR-TP. Його параметри приведені в таблиці Табл. 6., а зовнішній вигляд та схема підключення - на рис. 20.

Особливістю використання електроприводу Belimo SM24A-SR є можливість його встановлення безпосередньо на вал заслінки. При обертальному моменті 20Нм має можливість обертати повітряні заслінки перерізом 4 м². Привод автоматично зупиняється при досягненні кінцевих положень, оскільки захищений від перевантажень.

					СУдн-61П. 6.151.06.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		33

Табл. 6 Параметри електроприводу повітряної заслінки SM24A-SR

Номинальна напруга:	24 В~, 50/60 Гц // 24 В=
Розрахункова потужність:	4 ВА
Споживана потужність під час обертання:	2 Вт при номінальному обертальному моменті
Споживана потужність у стані покою:	0,4 Вт
Обертальний момент (номінальний):	Мін. 20 Нм при номінальній напрузі
Напрямок обертання:	Реверсивне за рах перемикача 0/1
Напрямок обертання при Y=0 В:	В положенні перемикач «0» проти г.с., «1» по г.с.
Керування: Керуючий сигнал Y:	0...10 В, типовий вхідний опір 100 кОм
Керування: Робочий діапазон:	2 ... 10 В=
Зворотної зв'язок (вимірювана напруга):	2 ... 10 В=, макс. 1 мА
Рівність ходу:	±5%
Кут повороту:	Макс. 95°, обмеження з 2 сторін з налаштуванням механічних упорів
Час повороту:	150 с
Рівень шуму:	Макс. 45 дБ
Клас захисту:	ІІІ (для низьких напруг)
Ступень захисту корпусу:	IP54
Температура середовища:	-30...+50° С
Вологість середовища:	95% відн. не конденсир. (EN 60730-1)
Вага:	1050 г

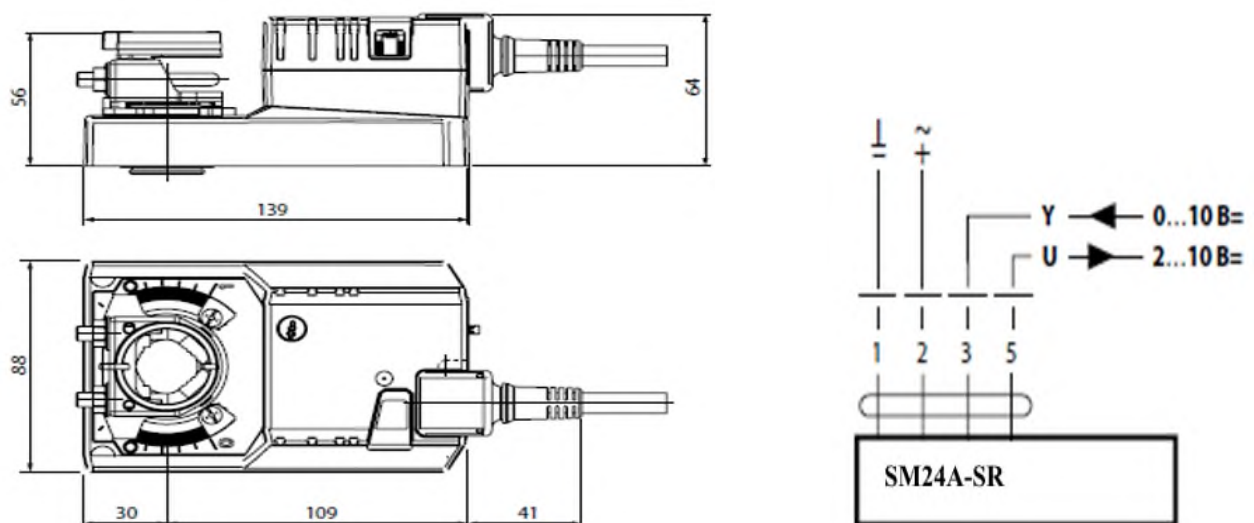


Рис. 20. – Зовнішній вигляд та схема підключення SM24A-SR

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

СУДН-61П. 6.151.06.ПЗ

Арк

34

3.3 ВИБІР МІКРОПРОЦЕСОРНИХ ЗАСОБІВ

При виборі програмно-логічного контролера (ПЛК) приймаються до уваги наступні фактори:

- складність задач керування;
- необхідна швидкодія;
- забезпечення засобами програмування;
- легкість переналаштувань;
- експлуатаційні параметри.

Головним фактором вибору ПЛК є сумісність його інтерфейсів із «польовими» засобами автоматизації, тобто первинними перетворювачами та виконавчими механізмами.

Поряд із закордонними мікропроцесорними засобами, такими, як Siemens, Mitsubishi, GE Fanuc, [15] на ринку присутня продукція фірм Овен, Емікон та Мікрол. Із порівняльної таблиці Табл. 7 видно, засоби вітчизняного виробника «Мікрол» не набагато поступаються ПЛК інших фірм. В той же час вартість ПЛК МК-51 дозволяє його використовувати при автоматизації таких малих об'єктів, як сушарка деревини.

Табл. 7 Порівняльні характеристики ПЛК

ПЛК	МК-51	ОВЕН-150	Haiwell-H24S2T	Siemens-CPU1212C
Кількість дискретних входів	до 35	6	12	до 42
Кількість дискретних виходів	до 37	4	12	до 40
Кількість аналогових входів	4	4	-	до 10
Кількість аналогових виходів	до 4	2	-	до 5
Інтерфейси	RS-485	RS-485 RS-232	RS-485 RS-232	-

Аналіз номенклатури засобів промислової автоматизації, що випускає підприємство МІКРОЛ [16], підтверджує невипадковість вибору ПЛК Мікрол-51, зовнішній вигляд якого приведений на рис. 21. Згідно Інструкції з експлуатації контролера МК-51Н -ПРМК.421457.006 PE1, архітектура контролера складається, з апаратної та програмної частин.

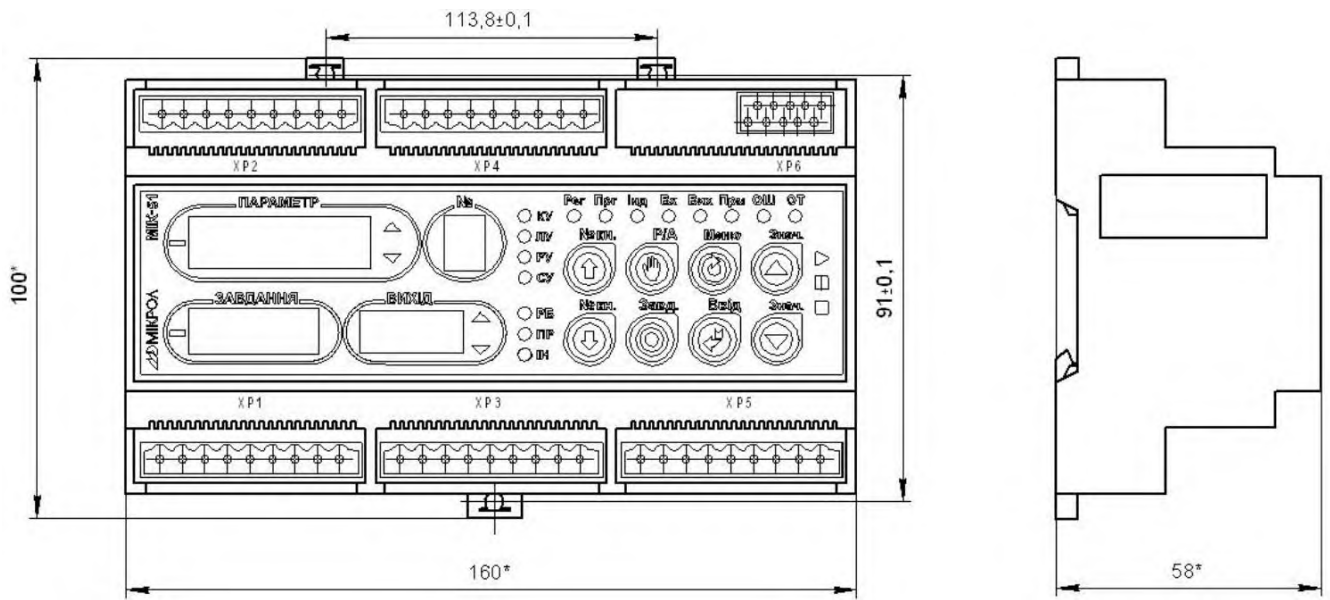


Рис. 21. – Зовнішній вигляд контролера МІК-51Н

Із розгляду структури контролера МІК-51Н, що зображена на рис. 22, видно, що складовими елементами контролера є: пристрій вводу/виводу даних; пристрій організації інтерфейсного каналу; пристрій оперативного керування та налаштувань. До програмної частини входить бібліотека функціональних блоків та самі функціональні блоки (ФБ).

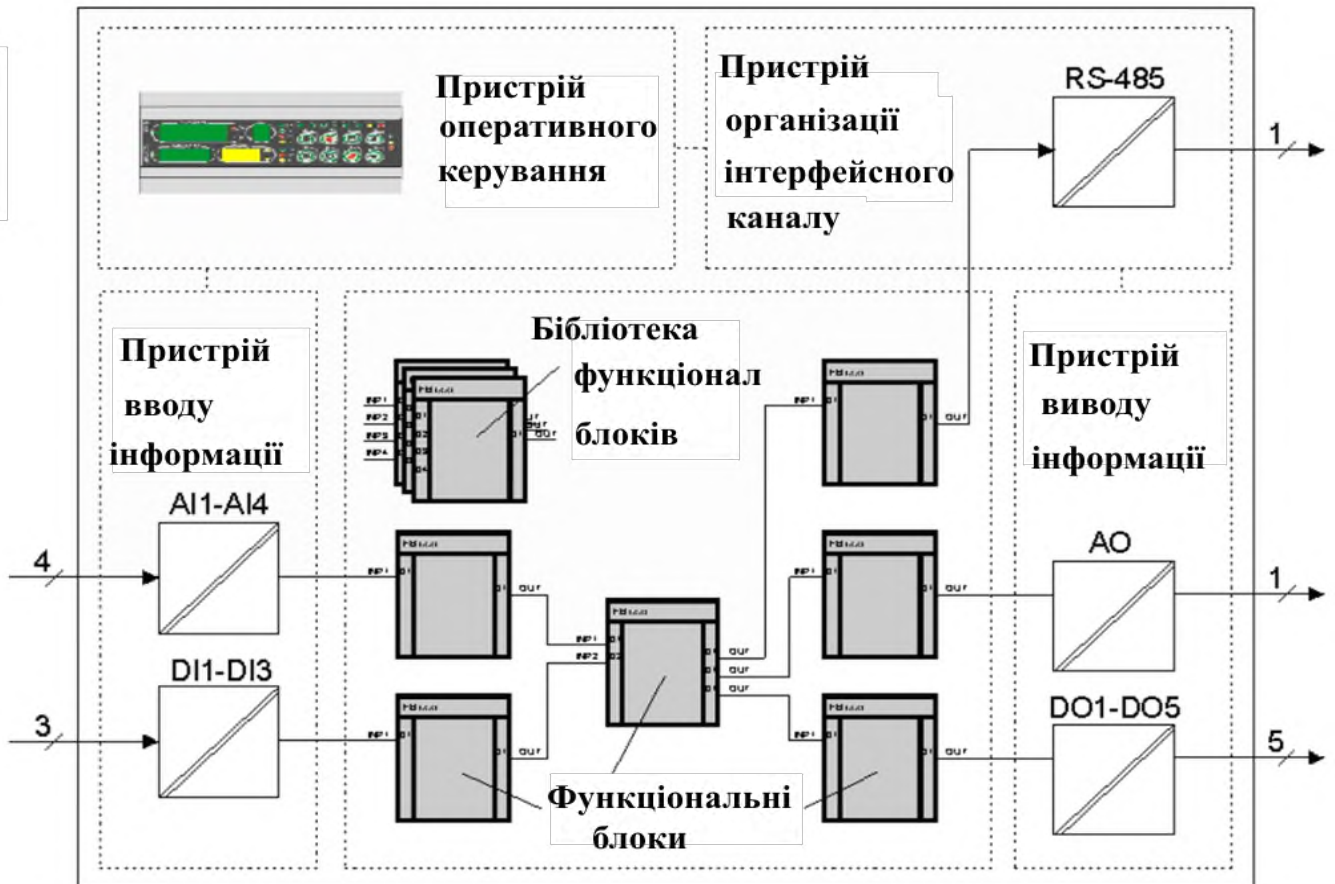


Рис. 22. – Архітектура контролера МІК-51Н

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

Програмування контролера здійснюється за допомогою програмного пакета редактора FBD-програм АЛЬФА. Його характеристики наведено в таблиці Табл. 8.

Табл. 8 Характеристики програмного пакета АЛЬФА.

Найменування характеристики	Значення характеристики
1 Максимальне число функціональних блоків в програмі	99
2 Кількість функціональних блоків в бібліотеці не менше	50
3. Час циклу не більше	0,1 с
4. Годинник реального часу	з батареєю резервного живлення

Програмне забезпечення будується на базі FBD блоків, які певними функціональними зв'язками реалізують завдання збору даних та керування об'єктом. Сукупність програмно створених ФБ утворює простір керування ПЛК.

Завдяки бібліотеці ФБ, яка супроводжує МІК-51Н, можна вирішувати завдання автоматичного регулювання та логіко-програмного керування. Виконання команд апаратними пристроями, що входять до технічного забезпечення ПЛК, може здійснюватися лише після програмної ініціалізації відповідних ФБ.

Програмні налаштування зв'язків ФБ дозволяють вирішувати завдання вводу/виводу сигналів; сервіс передньої панелі оператора(ПО), а також прийом/передачу сигналів через інтерфейс RS-485. Технічні характеристики інтерфейсу RS-485 наведені в таблиці Табл. 9

Табл. 9. Технічні характеристики інтерфейсу RS-485

Найменування характеристики	Значення характеристики
1 Конфігурація мережі	Багатоточечна
2 Кількість приладів на одному сегменті	32
3 Максимальна довжина лінії	1200 метрів
4 Кількість активних передавачів	1
5 Максимальна кількість приладів в мережі	248 (з використанням підсилювачів)
6 Тип каналу	асинхронний напівдуплексний
7 Топологія мережі	"Загальна шина"
8. Протокол зв'язку	Modbus режим RTU

4 ПОБУДОВА SCADA СИСТЕМИ

4.1 Компоновка системи автоматизації сушильної камери.

Компоновка технічних засобів автоматизації виконується у відповідності до функціональної схеми автоматизації сушіння деревини СУдн 61П 6.151.06 А2. Крім давачів та регулюючих органів, згідно схем розташування виконуються прокладки трубних та електричних проводок. Відповідно до робочих креслень встановлюються щити та інше обладнання (рис 24).



Рис. 24. – Розташування мікропроцесорних засобів

Як видно з рис. 24, МІК -51Н із засобами спряження монтується на DIN –рейку у першому шкафу. Засоби комутації та ручного керування -у другому шкафу керування. Для забезпечення зв'язку ПЛК з ПК по інтерфейсу RS-485 встановлюються адаптери RS 232/ RS 485.(Блок БПІ-рис.23)

У випадку налаштувань функціонування системи та режимів сушіння використовується ПК, що показано на рис. 23.

Для оперативного керування у SCADA- системах використовується панель оператора (рис. 24 у центрі). Оскільки у номенклатурі продукції «Мікрол» така панель відсутня, то для візуалізації режимів роботи та внесення корегувань в процес сушіння встановлюється панель оператора *Weintek MT8070IE* (Тайвань). Ця панель має потужний процесор Cortex A8 600МГц. Її вбудований RS-485-інтерфейс, сумісний із МІК-51Н, забезпечує надійність при роботі з іншими ПЛК. Панель *Weintek MT8070IE* відповідає стандартам CE, має ступінь захисту IP65.

					СУдн-61П. 6.151.06.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		39

Інтеграція панелі, яка утворює АРМ оператора сушарки деревини, здійснюється в результаті використання пакету Visual Intellect [16].

Давачі та виконавчі механізми, встановлені в сушарці, підключаються до контролера МІК-51 згідно схеми, зображеної на рис. 25.

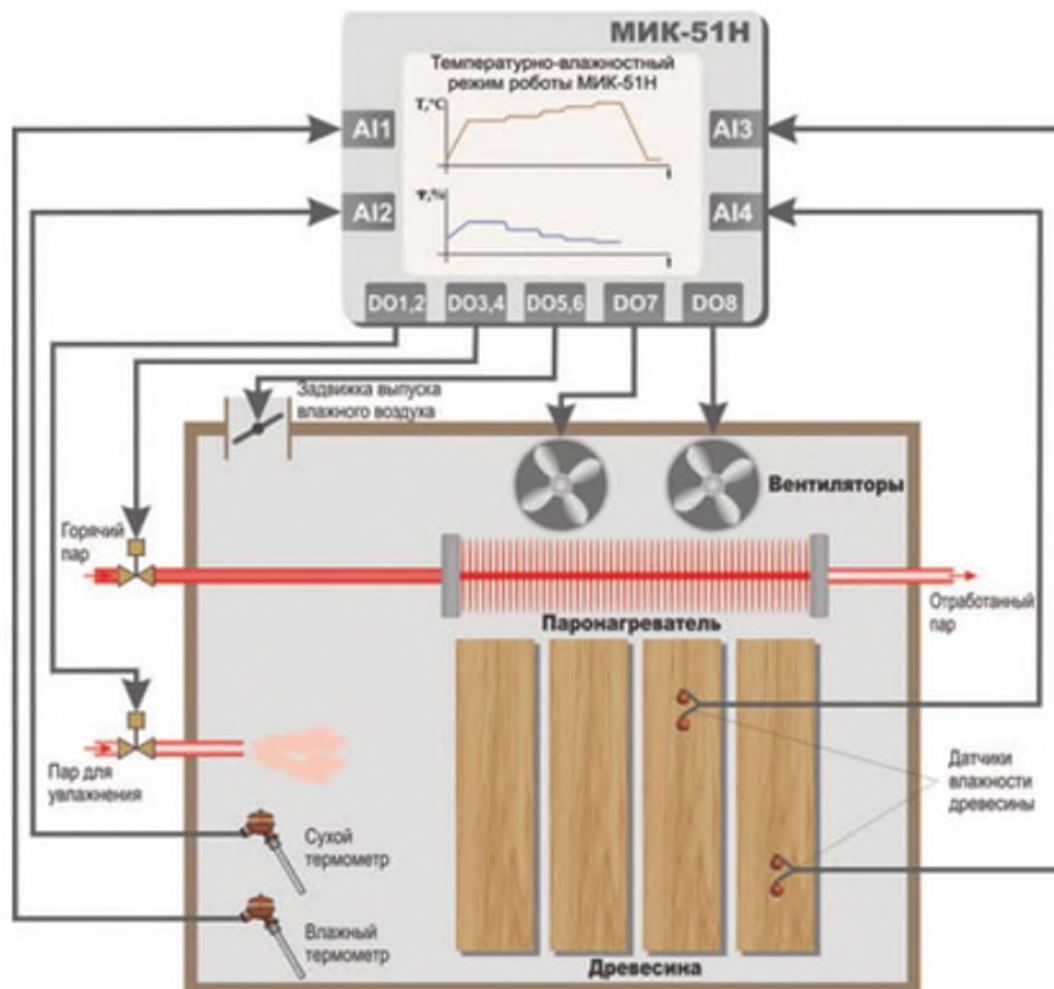


Рис. 25. – Схема підключення засобів автоматизації

Регулювання витрат пари у калорифер та витрат води на зволоження здійснюється запірними регулюючими клапанами КЗРр компанії «Армапром». Для керування заслінкою випуску вологого повітря із сушальної камери використовується електропривод Velimo SM24A-SR. Достатня швидкодія контролера МІК-51 дозволяє адекватно використовувати позиційне керування. Для цього задіяні дискретні виходи ПЛК –D03 та D04.

Дані про вологість деревини надходять до МІК-51Н від датчиків вологості типу Sh0453/8, які підключені до аналогових входів АІ3 та АІ4. Вологість в камері вимірюється термометрами опору, що підключені до входів АІ1 та АІ2. Керування роботою вентиляторів здійснюється з дискретних виходів –D07 та D08.

									Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					40

Для створення повноцінної SCADA-системи використовується програмний продукт підприємства МІКРОЛ - *Visual Intellect*. Цей продукт має у своєму складі операційну оболонку, яка відповідає за розподіл процесорного часу між окремими *задачами*. Його мережева база даних формується із «бази обладнання» та «бази логіки». Дистанційне керування з ПК оператора функціонує із використання «менеджера дистанційного керування».

Ядром SCADA системи Visual Intellect V2.0 є *MNTserver*, який забезпечує взаємодію всіх компонентів програмного середовища, виконуючи моніторинг задач, що виконуються паралельно.

Крім підтримки засобів автоматизації підприємства МІКРОЛ, продукт Visual Intellect V2.0 підтримує обладнання сторонніх виробників, наприклад, Siemens, Omron, завдяки використанню протоколу ModBus RTU або крізь OPC-сервер.

Для візуалізації ходу технологічного процесу з використанням мнемосхем в середовищі Visual Intellect V2.0 представлений графічний редактор «Visual». Цей редактор представляє собою людино-машинний інтерфейс НМІ. У складі редактора зібрані графічні засоби відображення динаміки системи автоматизації в реальному режимі часу. На рис. 25 показана візуалізація процесу сушіння, яка розроблена з допомогою графічного редактора «Visual».

В результаті використання середовища Visual Intellect із відповідним технічним забезпеченням створюються високоефективні SCADA системи, що можуть керувати технологічними процесами сушіння в комплексі сушильних камер.

					СУДН-61П. 6.151.06.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		42

ВИСНОВКИ

В результаті виконання проекту проведено функціонально - технологічний аналіз процесу сушіння деревини.

Розроблено функціональну схему автоматизації, що забезпечує підтримку температурно - вологісних режимів роботи сушильної камери.

На основі аналізу особливостей режимів сушіння деревини з'ясовано, що необхідні технологічні умови і санітарні норми можна реалізувати на основі спеціального обладнання (кондиціонерів, теплообмінників, зволожувачів) та відповідного програмного керування температурно - вологісними режимами.

Проведено вибір засобів автоматизації процесу сушіння:
давачів, виконавчих механізмів засобів візуалізації та ПЛК.

Обґрунтовано використання інтерфейсу RS-485.

Проведена ескізна проробка SCADA системи.

					СУдн-61П. 6.151.06.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		43

Джерела інформації

1. Северин О. В. Автоматизована система управління технологічним процесом сушки деревини/ Матеріали XLV Науково-технічної конференції ВНТУ. –Вінниця. – **2016**. – [Електронний ресурс]–Режим доступу: <http://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2016/paper/view/1064>
2. Кречетов И. В. Сушка и защита древесины/ Лесная Промышленность – Москва. –1987. –372с.
3. Ігнатенко П., Ігнатенко О. Вплив сушіння деревини на її міцність/ Технічні науки та технології. – **2017**. – № 4(10). – С. 241-246.
4. Сафин Р.Р Современные тенденции развития технологи сушки древесины/ Вестник ТГУ. -2006. - т.11, вып.4. -с.583-585
5. Espinoza, O., & Bond, B. (2016). Vacuum Drying of Wood—State of the Art. Current Forestry Reports, 2(4), 223-235. <https://doi.org/10.1007/s40725-016-0045-9>
6. Perre' P., Mosnier S., Turner I. W. Vacuum Drying of Wood with Radiative Heating: I. Experimental Procedure/ AIChE Journal. – 2004. – Vol. 50, No. 1. –p.97 –107
7. П. В. Болдырев. Сушка древесины. –С-Пб: Изд-во «ПРОФИКС», 2002.156с
8. Ozarkiv, I. M., Kobrynovich, M. S., Humeniuk, Z. H., & Petryshak, I. V. (2018). Контроль напружено-деформованого стану і вологості деревини в тепломасообмінних процесах сушіння. Науковий вісник НЛТУ України, 28(10), 81-84. <https://doi.org/10.15421/40281017>
9. Качанов А.Н., Коренков Д.А. Контроль влажности древесины в вакуумных сушильных камерах/ ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК. – 2014. –№ 4 Т.1.–С. 197– 201.
10. Поберейко Б. П., Флуд Л. О., Мокрицький А. А. Контроль різниці фактичних та допустимих значень перепаду вологи за товщиною висушуваного пиломатеріалу/. Науковий вісник НЛТУ України. –**2017**. – Вип. 27(6) .– С. 135–138.
11. Ігнатенко П. Л., Ігнатенко О. А., Сапон С. П. Аналіз якості сушіння пиломатеріалів на заключному етапі технологічного процесу сушіння Технічні науки та технології. - **2016**. - № 3. - С. 204-209.
12. Рева В.И., Ободович А.Н., Мартур В.Н., Шморгун В.В. Повышение точности измерения температуры и влажности древесины в сушильных камерах/. Пром. теплотехника. –2010. –т. 32, №4. –С.104-107.

					СУДН-61П. 6.151.06.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		44

13. ОВЕН. Каталог продукції **2017**. вилучено із <https://owen.ua>

14. www.belimo.kiev.ua ООО “БЕЛИМО Украина С.А.Р.” <http://belimo.com.ua/katalogi/> Каталог продукції **2018**

15. Кочетков Е.К., Савин Н.Г. Выбор микроконтроллера для технологических систем // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – **2015**. Том 1. –с. 459-461.

16. <http://www.microl.ua>

					СУдн-61П. 6.151.06.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		45