

Міністерство освіти і науки України
ДВНЗ «Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»
Кафедра комп'ютерної інженерії та електроніки
(повна назва кафедри)

Сеньків Назарій Богданович
Nazarii Senkiv

УДК _____ 004:681.5 _____

Спеціальність 123 «комп'ютерна інженерія»
(шифр та назва спеціальності)

Дипломна робота
на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня _____ магістр _____
(бакалавр, спеціаліст, магістр)

Мікроконтролерна система керування вологістю
виробничих приміщень та технологічних процесів
деревообробних підприємств
The humidity control system based on a microcontroller for
wood processing facilities

Науковий керівник:
кандидат фізико-математичних наук,
доцент Дзундза Б.С.

Рецензент:
кандидат фізико-математичних наук,
професор Никируй Л.І.

Івано-Франківськ
2021

АНОТАЦІЯ

Обсяг пояснювальної записки магістерської роботи становить 65 сторінки, які включають 4 розділи, 28 ілюстрацій, 7 таблиць, 11 використаних джерел.

Актуальність теми дослідження: контроль температури та рівня вологості повітря виробничих приміщень для деревообробки є надзвичайно важливим. Для регулювання рівня вологості використовують промислові системи зволоження. Крім контролю вологості повітря, вони можуть контролювати вологість самої деревини.

Мета та завдання: проектування та розробка прототипу мікроконтролерної системи моніторингу та контролю вологості повітря для деревообробних підприємств, яка складається з клієнтського застосунку, сервера для обробки даних, апаратних засобів, які керуються мікроконтролером.

					123.УДК:004:681.5			
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розробив</i>		<i>Сеньків Н.Б.</i>			<i>Мікроконтролерна система керування вологістю виробничих приміщень та технологічних процесів деревообробних підприємств</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Дзундза Б.С.</i>					3	65
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

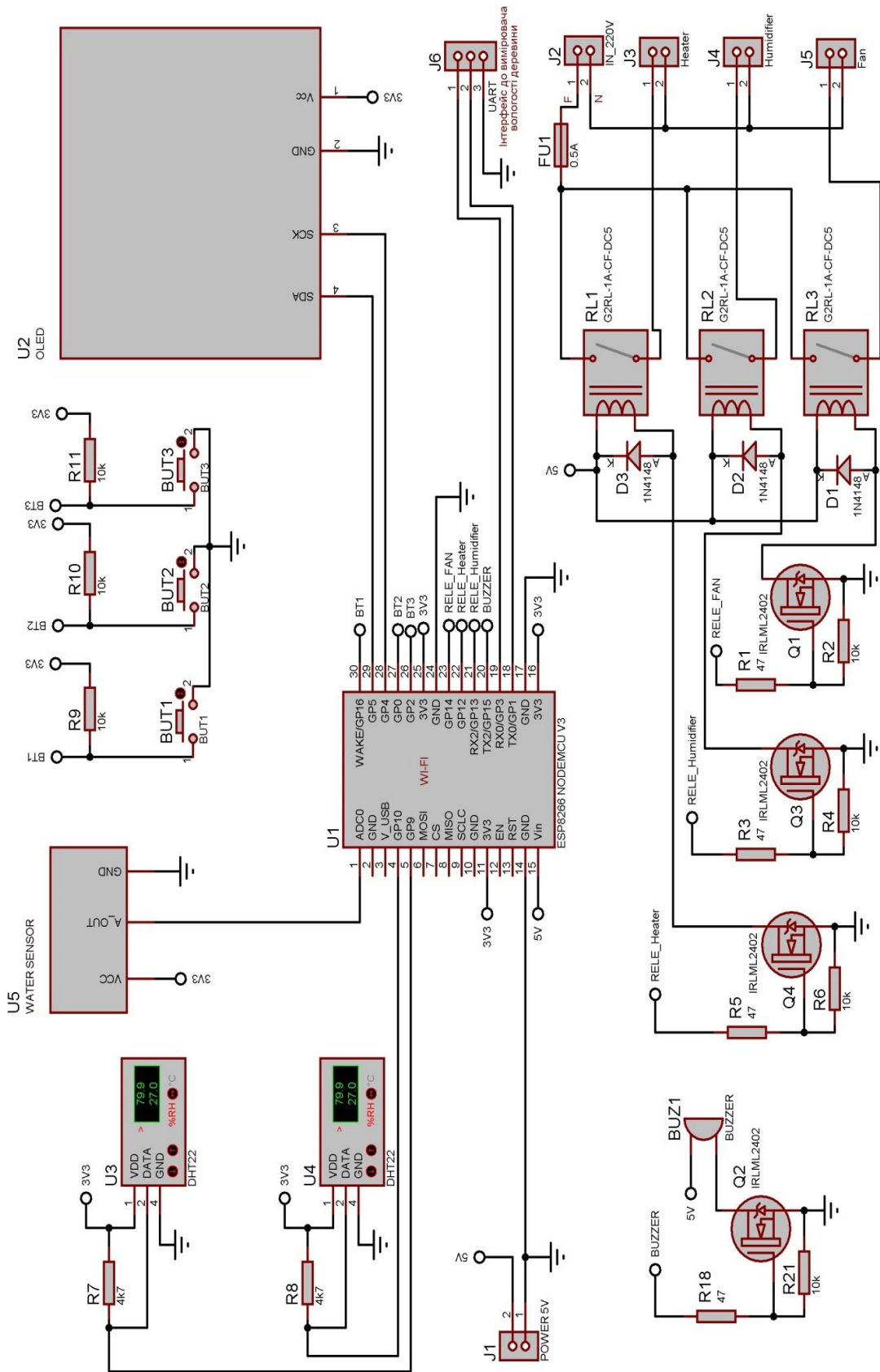
SUMMARY

The volume of the Master's Thesis Explanatory Note (MD) is 65 pages, which include 4 sections, 28 illustrations, 7 tables, 11 sources used.

Relevance of the research topic: control of temperature and humidity level of production facilities for woodworking is very important. There are industrial humidification systems to regulate the humidity level. In addition to controlling the humidity, they can control the humidity of the wood.

Purpose and objectives: designing and developing a prototype of the air humidity system for woodworking facilities, which consists of a client application, a server for data processing, and hardware controlled by a microcontroller.

					<i>123.УДК:004:681.5</i>		
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Abstract</i>		
<i>Розробив</i>		<i>Сеньків Н.Б.</i>					
<i>Перевірів</i>		<i>Дзундза Б.Сі.</i>					
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>							
					<i>Арк.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
						4	65



123.УДК:004:681.5

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив		Сеньків Н.Б.		
Перевірів		Дзундза Б. С.		
Н. Контр.				
Затверд.				

Електрична
принципова схема

Арк.	Аркуш	Аркушів
	5	65

Міністерство освіти і науки України
Державний вищий навчальний заклад
«Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника»
Фізико-технічний факультет
Кафедра «Комп'ютерної інженерії та електроніки»

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на тему:

Мікроконтролерна система керування вологістю виробничих приміщень та технологічних процесів деревообробних підприємств

					123.УДК:004:681.5		
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробив</i>		<i>Сеньків Н.Б.</i>			Пояснювальна записка		
<i>Перевірів</i>		<i>Дзундза Б.С.</i>					
						6	65
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>							

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	9
ВСТУП.....	10
1. ВОЛОГІСТЬ ПОВІТРЯ. СПОСОБИ ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ ПОВІТРЯ.....	12
1.1. Вологість повітря.....	12
1.2. Методи та засоби вимірювання вологості	15
1.3. Вплив вологості на технологічні процеси деревообробки та її нормування	21
1.4. Засоби контролю вологості деревини	15
Висновки до розділу.....	27
2. ВИДИ ТА ПРИНЦИПИ РОБОТИ ПРОМИСЛОВИХ ЗВОЛОЖУВАЧІВ ПОВІТРЯ.....	28
2.1. Промислові ізотермічні зволожувачі	31
2.2. Розпилювачі пари та паропроводи	36
2.3. Розпилювальні зволожувачі.....	39
2.4. Переваги і недоліки систем зволоження повітря.....	42
Висновки до розділу.....	48
3. РОЗРОБКА МІКРОКОНТРОЛЕРНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ВОЛОГОСТІ.....	49
3.1. Структурна схема	49
3.2. Апаратні засоби для реалізації.....	52
3.3. Програмні засоби для реалізації	57
3.3.1. Програма мікроконтролера	57
3.3.2. Серверна частина	58

					123.УДК:004:681.5	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

3.3.3. Клієнтська частина.....	59
Висновки до розділу.....	61
ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....	62
ВИСНОВКИ.....	64
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	66

					123.УДК:004:681.5	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

RH – відносна вологість (relative humidity)

AH – абсолютна вологість (absolute humidity)

ВД – вологість деревини

PВ – рівноважна вологість

					123.УДК:004:681.5	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

ВСТУП

Коли більшість людей думають про систему контролю вологості в комерційних цілях, зазвичай їх першим бажанням є використання цих систем у теплицях. Хоча правильна вологість повітря в будь-якому типі теплиці є критичною, це лише одна з багатьох галузей, які покладаються на поєднання вологості та температури для створення ідеальних умов. Сьогодні вже відома роль і значення приладів для контролю вологості в різних процесах: майже немає галузі господарства, розділу науки і техніки, де не доводиться контролювати вологість повітря. Промислові системи зволоження повітря необхідні для забезпечення безпечної та ефективної роботи промислового обладнання та захисту здоров'я працівників.

Ще одна галузь, яка сильно залежить від вологості – це деревообробка. Вона може включати все, починаючи від лісопильних і деревообробних заводів, а також магазинів, що виготовляють дерев'яні меблі ручної роботи, дверей на замовлення або навіть дерев'яних компонентів, які використовуються в декорванні та дизайні інтер'єру.

Гігроскопічні матеріали (ті, які здатні адсорбувати і поглинати воду з навколишнього середовища), наприклад дерево, надзвичайно чутливі до характеристик повітря: насправді вони мають тенденцію стискатися або розширюватися залежно від рівня вологості навколишнього середовища

Дерево є гігроскопічним матеріалом, чутливим до непостійних температур і рівнів вологості. Якщо вологість повітря занадто низька, це змусить деревину виділяти молекули води, що призведе до розтріскування, викривлення та інших проблем, які роблять деревину непридатною для виробництва.

Таким чином, коливання температури і рівня вологості впливають на фізичний стан гігроскопічних матеріалів. Незалежно від того, чи це для будівництва, декору чи іншого використання – дуже важливо, щоб деревина

					123.УДК:004:681.5	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

завжди зберігалася та витримувалась належним чином, щоб гарантувати, що вона не стискається, не тріскається та не деформується.

Контроль за навколишнім середовищем має вирішальне значення в будь-якому типі виробництва, пов'язаному з деревиною – лісопильні, віконні, дверні та меблеві виробництва, будівництво будівельних компонентів, виробництво дерев'яного шпону тощо. Правильна вологість повітря може підвищити продуктивність у деревообробній промисловості:

- постійна та якісна продукція
- менше відходів сировини збільшує прибуток
- захист деревини протягом усього виробничого циклу
- зниження пилу для захисту як техніки, так і людей
- рівномірне сушіння, дозрівання та старіння продуктів

Оскільки рівень вологості навколишнього середовища дуже важливий, то протягом усього виробничого циклу потрібно використовувати сучасні системи, які будуть контролювати цей рівень. Зазвичай у потужних промислових зволожувачах досить висока вартість і їх можуть собі дозволити тільки досить великі підприємства.

Метою даної роботи є розробка системи контролю вологістю виробничих приміщень та процесів на деревообробних підприємствах, а також спроектувати систему так щоб її вартість була якнайнижчою і її можна було б використовувати у інших галузях виробництва чи сільського господарства без суттєвих модифікацій. Під час виконання роботи буде розроблено тестовий макет у зменшеному масштабі.

					123.УДК:004:681.5	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1. ВОЛОГІСТЬ ПОВІТРЯ. СПОСОБИ ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ ПОВІТРЯ

1.1. Вологість повітря

Вологість – це концентрація водяної пари, що міститься в повітрі. Водяна пара, газоподібний стан води, зазвичай невидимий для людського ока. Вологість вказує на ймовірність появи опадів, роси або туману.

Вологість залежить від температури і тиску системи, що цікавить. Однакова кількість водяної пари призводить до більшої вологості в прохолодному повітрі, ніж у теплому. Супутнім параметром є точка роси. Кількість водяної пари, необхідна для досягнення насичення, збільшується з підвищенням температури. У міру зниження температури шару повітря він в кінцевому підсумку досягне точки насичення без додавання або втрати водної маси. Кількість водяної пари, що міститься в порції повітря, може значно відрізнятись. Наприклад, порція повітря майже насичення може містити 28 г води на кубічний метр повітря при 30 °C (86 °F), але лише 8 г води на кубічний метр повітря при 8 °C (46 °F).

Широко використовуються три основні вимірювання вологості: **абсолютна, відносна і питома.**

Абсолютна вологість виражається як маса водяної пари на об'єм вологого повітря (у грамах на кубічний метр) або як маса водяної пари на масу сухого повітря (зазвичай у грамах на кілограм).

Відносна вологість, часто виражена у відсотках, вказує на поточний стан абсолютної вологості відносно максимальної вологості за тієї ж температури.

Питома вологість – це відношення маси водяної пари до загальної маси вологого повітря.[1]

Поняття про те, що повітря «утримує» водяну пару або є «насичене» нею, часто згадується у зв'язку з поняттям відносної вологості. Однак це вводить в оману — кількість водяної пари, яка входить (або може увійти) у

					123.УДК:004:681.5	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

даний простір при даній температурі, майже не залежить від кількості повітря (азот, кисень тощо), яке присутнє. Дійсно, вакуум має приблизно таку ж рівноважну здатність утримувати водяну пару, що й той самий об'єм, заповнений повітрям; обидва визначаються рівноважним тиском пари води при даній температурі.

Абсолютна вологість - це загальна маса водяної пари, що міститься в даному об'ємі або масі повітря. При цьому не враховується температура. Абсолютна вологість в атмосфері коливається від майже нуля до приблизно 30 г на кубічний метр, коли повітря насичене при 30 °C (86 °F). Це маса водяної пари (m_{H_2O}), поділена на об'єм суміші повітря і водяної пари (v_{net}), що можна виразити як:

$$AH = \frac{m_{H_2O}}{v_{net}}$$

Абсолютна вологість змінюється зі зміною температури або тиску повітря, якщо обсяг не фіксований. Це робить його непридатним для хімічних інженерних розрахунків, наприклад, під час сушіння, де температура може значно змінюватися. Як наслідок, абсолютна вологість у хімічній інженерії може позначатися масою водяної пари на одиницю маси сухого повітря, також відомим як коефіцієнт вологості або масовий коефіцієнт змішування, який краще підходить для тепла та маси балансові розрахунки. Маса води на одиницю об'єму, як у наведеному вище рівнянні, також визначається як об'ємна вологість . Через потенційну плутанину британський стандарт BS 1339 пропонує уникати терміну «абсолютна вологість». Агрегати завжди слід ретельно перевіряти. Багато таблиць вологості наведено в г/кг або кг/кг, але можна використовувати будь-які одиниці маси.

Галузь, що займається вивченням фізичних і термодинамічних властивостей газопарових сумішей, називається психрометрією.

					123.УДК:004:681.5	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Відносна вологість повітря (RH або ϕ) суміші повітря і води

визначається як відношення парціального тиску водяної пари (p_{H_2O}) в суміші до рівноважного тиску пари води ($p_{H_2O}^*$) над плоскою поверхнею чистої води за даної температури:

$$\phi = \frac{p_{H_2O}}{p_{H_2O}^*}$$

Іншими словами, відносна вологість – це відношення кількості водяної пари в повітрі та кількості водяної пари, яка потенційно може містити повітря при даній температурі. Вона змінюється в залежності від температури повітря: більш холодне повітря може утримувати менше пари, тому охолодження частини повітря може призвести до конденсації водяної пари. Аналогічно, нагрівання повітря, що містить туман, може призвести до випаровування цього туману, оскільки повітря між краплями води стає здатним більше утримувати водяну пару. Таким чином, зміна температури повітря може змінити відносну вологість, навіть якщо абсолютна вологість залишається постійною.

Відносна вологість враховує лише невидиму водяну пару. Тумани, хмари, тумани та аерозолі води не враховуються в міру відносної вологості повітря, хоча їх наявність є ознакою того, що повітряне тіло може бути близько до точки роси.

Відносну вологість зазвичай виражають у відсотках; більший відсоток означає, що повітряно-водяна суміш є більш вологою. При 100% відносній вологості повітря насичене і знаходиться в точці роси. За відсутності стороннього тіла, на якому можуть зароджуватися краплі або кристали, відносна вологість може перевищувати 100%, і в цьому випадку повітря називається перенасиченим. Внесення деяких частинок або поверхні в тіло повітря з відотною вологістю вище 100% призведе до утворення конденсату

					123.УДК:004:681.5	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

або льоду на цих ядрах, тим самим видаляючи частину пари і знижуючи вологість.

Відносна вологість є важливим показником, який використовується в прогнозах погоди та звітах, оскільки є показником ймовірності опадів, роси або туману.

Питома вологість - це відношення маси водяної пари до загальної маси повітряної ділянки. Питома вологість приблизно дорівнює коефіцієнту змішування, який визначається як відношення маси водяної пари в повітряній ділянці до маси *сухого* повітря для тієї ж ділянки. Зі зниженням температури кількість водяної пари, необхідної для досягнення насичення, також зменшується. У міру зниження температури шару повітря він в кінцевому підсумку досягне точки насичення без додавання або втрати водної маси.

Термін *відносна вологість* зарезервований для систем водяної пари в повітрі. Термін *відносна насичення* використовується для опису аналогічної властивості для систем, що складаються з конденсованої фази, відмінної від води, і неконденсованої фази, відмінної від повітря.

1.2. Методи та засоби вимірювання вологості

Різні міри та одиниці вимірювання вологості взаємопов'язані, деякі з них як функції температури і тиску, а також вміст вологи. Це означає, що часто є вибір, яка параметр вологи вибрати для вимірювання. Зокрема, відносну вологість можна виміряти безпосередньо за допомогою деяких видів інструментів, але також її можна отримати опосередковано з вимірювань температури та точки роси (або інших абсолютних показників вологості).

Вологість впливає на широкий спектр фізичних, хімічних та біологічних процесів. З цього випливає, що є багато видів ефектів, пов'язаних з вологістю, які можна використовувати як вказівники на зміни вологості. Нижче наведено деякі з найбільш поширених методів вимірювання.

					123.УДК:004:681.5	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Механічні гігрометри використовують розширення і стискання органічних матеріалів при зміні вологості. Чутливим елементом може бути людське волосся, кетгут (нитки, які отримують із кишечника великої рогатої худоби), текстиль або пластик. Зміна довжини збільшується за рахунок дії важелів для переміщення покажчика на циферблаті або запису ручкою на діаграмі. Декоративні домашні гігрометри - де фігура чоловіка чи жінки з'являється залежно від рівня вологості - теж діють за цим принципом.[2]



Рисунок 1.1 — Механічний гігрометр.

Гігрометр з вологим і сухим термометром (психрометр) складається з двох поєднаних температурних датчиків, через які подається вологе повітря. Один датчик міститься в пористому середовищі (гніт), який підтримується вологим за рахунок капілярної дії з резервуара з водою. Вода випаровується з гніту зі швидкістю, що залежить від вологості повітря. Випаровування викликає охолодження вологого датчика. Для розрахунку вологості використовуються датчики температури вологого і сухого повітря. Деякі форми психрометра оснащені автоматичним розрахунком вологості на основі показів температури, щоб відносну вологість або точку роси можна було прочитати одразу.

					123.УДК:004:681.5	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

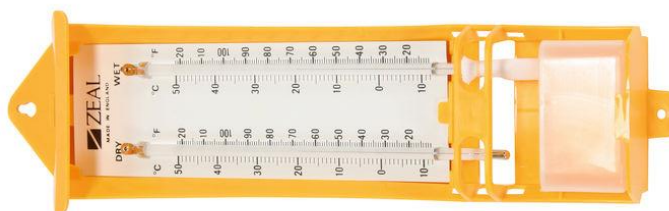


Рисунок 1.2 – Психрометр (встановлюється у вертикальному положенні).

Атмосферний психрометр з вентилятором, для достатнього потоку повітря над термометрами, є рекомендованою основою для цих вимірювань. Інші підходи, такі як психрометри Мейсона (без аспірації) і обертові психрометри, є менш успішною реалізацією цього принципу і схильні до помилок, як і «саморобні» психрометри.

Конденсація. Температуру точки роси можна виміряти шляхом охолодження зразка газу до появи конденсату та спостереження за температурою, при якій це відбувається. В оптичному гігрометрі точки роси конденсація у вигляді роси або інію з'являється на маленькому дзеркалі в межах інструмента. Початок конденсації фіксується оптично, виявляючи зміни у тому, як відбивається дзеркало або розсіює світло. Покази можуть бути записані в момент конденсації, або можна підтримувати температуру дзеркала і продовжувати знімати покази. Конструкції різняться, причому деякі у формі зонда, а інші використовують відбір проб через трубку. Хоча датчики можуть бути досить компактними, основний корпус приладу є зазвичай відносно великим і не переносним. Покази відображаються як температура точки роси, а вихід – зазвичай також доступний як цифровий сигнал.

					123.УДК:004:681.5	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

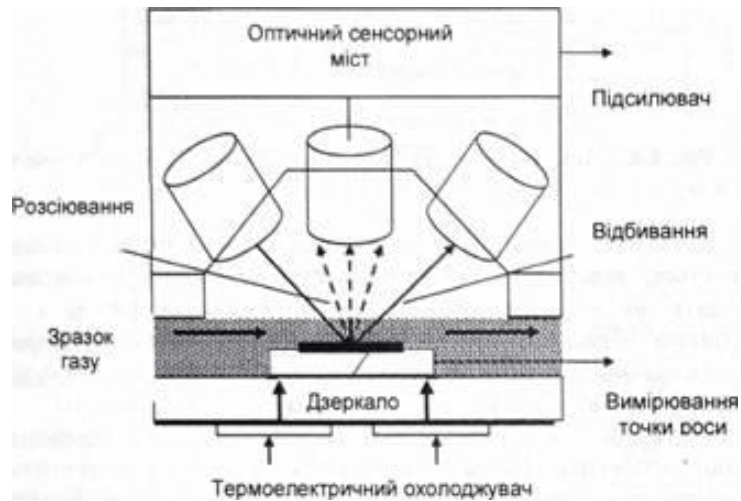


Рисунок 1.3 – Конденсаційний гігрометр.

Насичений хлорид літію. Сенсорне середовище, яке являє собою гігроскопічну сіль, поглинає воду з повітря. Подається електрична напруга через сіль і проходить струм відповідно до кількості поглиненої водяної пари. В той же час струм також нагріває сіль. Згодом досягається баланс між поглинанням і нагріванням. Температура, при якій це відбувається, пов'язана з тиском водяної пари.

Електролітичний. Чутливий елемент: пластикова пластина з провідником, на її поверхню нанесений шар хлориду літію. Фізичне явище, що лежить в основі принцип: зміни вологості призводять до зміни електропровідності солей. Тобто в сухому повітрі сольова провідність мінімальна (найвищий ефективний опір), а більша вологість зменшує сольову провідність та активний опір, що призводить до збільшення струму.

Спектроскопічний метод — це той, де склад газової суміші визначається шляхом аналізу того, як речовини поглинають (або випромінюють) світло певної довжини хвилі або частоти. Кожна хімічна речовина має а характерні частотні «підписи», і вони можуть лежати в ультрафіолетовій або інфрачервоній частинах спектра. Спектроскопічне вимірювання може бути корисним підходом, якщо потрібно виміряти концентрації інших речовин, а також водяної пари.

Спектроскопічна техніка, яка використовується для високої або помірної вологості, заснована на поглинанні інфрачервоного випромінювання. Вода поглинає інфрачервоне випромінювання на кількох довжинах хвиль в діапазоні від 1 мкм до 10 мкм. Інтенсивність передачі випромінювання вимірюється на одній з цих довжин хвиль і порівнюється з такою для еталонної довжини хвилі, використовуючи фотоелемент для виявлення. Кількість цього випромінювання, що поглинається газом, пропорційна просторовій концентрації (або парціальному тиску) водяної пари.

Як повідомляється, спектроскопічні методи також можна використовувати для вимірювання надзвичайно низьких концентрацій водяної пари до кількох частин на мільярд (ppb, тобто частин на тисячу мільйонів). Існує кілька версій цієї складної технології, включаючи APIMS (іонізаційна масо-спектрометрія при атмосферному тиску), FT-IR (інфрачервона спектроскопія з перетворенням Фур'є) і TDLAS (перебудовувана діодна лазерна абсорбційна спектроскопія).

Зміна кольору. Існують індикатори вологості, які показують зміну вологості як зміну кольору на паперовій смужці або іншого матеріалу. Чутливий матеріал просочений хлоридом кобальту. В результаті відбувається зміна кольору реакції вологи з цим елементом. Інші вимірювання зміни кольору включають прокачування газу через флакон, наповнений кристалами, які змінюють колір залежно від вологості газу.

Електричний опір (ємнісний або резистивний). Цей загальний тип датчика виготовлений з гігроскопічного матеріалу, електричні властивості якого змінюються при поглинанні молекул води. Зміни вологості вимірюються як зміна електричної ємності датчика або опір, або деяка комбінація обох. Більшість сучасних датчиків імпедансу використовують тонкоплівкові технології. Електричні гігрометри часто портативні та компактні. Поширеною формою цього інструменту є маленький зонд у формі палички, з'єднаний кабелем (або безпосередньо приєднаний) до основного корпусу інструменту.

					123.УДК:004:681.5	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Зонди спеціальної форми часто доступні для певних цілей. Вони часто оснащені фільтром для захисту від забруднення. (Але без цього захисту час відгуку швидше.). Опірні гігрометри зазвичай також оснащені датчиком температури. Покази відображаються безпосередньо, іноді з вибором одиниць (наприклад, відносна вологість або точка роси) і вихід електричного сигналу (наприклад, аналогова напруга) також можуть бути доступні. Існує кілька різних типів електричних датчиків.

Ємнісні датчики найбільш точно реагують на відносну вологість, а не на точку роси, з найкращою лінійністю при низькій RH. Загалом ємнісні датчики не пошкоджуються від конденсації (тобто від 100% RH), хоча в результаті калібрування може зрушитися.



Рисунок 1.4 - Ємнісний гігrometer: а – гігроскопічна полімерна плівка з металевими електродами; б – конструкція гігromетра.

Резистивні датчики найбільш точно реагують на відносну вологість, а не на точку роси. Лінійність резистивних датчиків найкраще підходить при високій вологості. Більшість резистивних датчиків не витримують конденсації. Однак деякі є із «захистом», тобто з автоматичним підігрівом для запобігання утворення конденсату.

Один із типів резистивного датчика іноді називають «електролітичним» через використання поліелектроліту як гігроскопічний елемент датчика. Це не

слід плутати з електролітичними датчиками, які використовують електроліз як чутливий механізм.

Датчики імпедансу точки роси є окремим випадком імпедансного гігрометра, який використовується для вимірювання абсолютних одиниць, а не відносної вологості. Дотримуючись аналогічного загального принципу, датчик може мати алюміній оксид або інші оксиди металів, або кремнієву основу для активного елемента. Цей тип датчика реагує на частковий тиск водяної пари. Ці датчики можуть мати широкий діапазон вимірювання, включаючи дуже сухі гази.[2]

1.3. Вплив вологості на технологічні процеси деревообробки та її нормування

Кожен, хто працює з деревиною, повинен розуміти, як дерево взаємодіє з вологою в навколишньому середовищі. Незалежно від сфери, виробництва чи використання деревини, про її вологість слід завжди пам'ятати.

Деревина гігроскопічна. Вона набирає або втрачає вологу води в міру зміни відносної вологості навколишнього повітря.

Ці різні рівні вологості навколишнього повітря змушують деревину не тільки набирати або втрачати вологу, але також розширюватися або стискатися. Зі збільшенням РН збільшується вологість деревини, внаслідок чого вона розширюється. Зі зниженням вологості, ВД зменшується, що призводить до усадки деревини. Коли деревина ні набирає, ні втрачає вологу, ми говоримо, що деревина досягла рівноважного вмісту вологи.[3]

Деревину слід сушити до температури води, яка знаходиться в межах двох відсоткових пунктів від РВ, де деревина буде використовуватися. У таблиці 1.1 наведено відношення між вологістю середовища і вологістю до якої повинна бути висушена деревина. Зверніть увагу, що РВ середовища, що використовується, така ж, як і ВД.

					123.УДК:004:681.5	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		21

Таблиця 1.1 – Відношення вологості середовища і ВД.

Вологість середовища використання	Рівноважна вологість	Відповідну ВД деревина досягне в цьому середовищі
19 - 25 %	5 %	5 %
26 - 32 %	6%	6%
33 - 39 %	7 %	7 %
40 - 46 %	8 %	8 %
47 - 52 %	9 %	9 %

Отже, використовуючи таблицю 1.1, ми знаємо, що в районі країни, де RH всередині приміщення становить від 26-32%, як РВ місця використання, так і вміст вологості деревини, що зберігається в цьому місці, будуть становити 6%.

Це означає, що деревину, призначену для внутрішнього використання в цьому місці, потрібно не тільки висушити до приблизно 6%, але й утримувати при цьому вмісті вологи як до, так і під час виробничого процесу.

Необхідно завжди дозволяти деревині акліматизуватися або прийти в рівновагу з відносною вологістю середовища кінцевого використання. Недотримання цього призведе до викривлення, розтріскування та інших проблем після конструкції дерев'яного виробу.

Допустимі рівні вологості деревини та пиломатеріалів знаходяться в діапазоні від 6% до 8% для внутрішніх і від 9% до 14% для зовнішньої деревини або для компонентів огорожувальної конструкції всередині споруджених вузлів. Допустимий вміст вологи в деревині залежить від двох факторів:

- кінцеве використання деревини
- середня відносна вологість середовища, де буде використовуватися виріб

Ці два фактори заважають сказати щось конкретне про допустиму вологість деревини. Важливіше розуміти, що деревина сушиться в печі до певного дзвоноподібного діапазону ВД. Будуть статистичні відхилення як на низькому, так і на високому рівні, і їх потрібно вловити за допомогою якісного вологоміра.

Виходячи з загальних рекомендацій, допустимі рівні вологості для деревини такі:

- дерев'яні предмети, що використовуються в приміщенні: 6-8%
- дерев'яна підлога: 6-9%
- будівництво: 9-14%

Прийнятний рівень вологості деревини буде залежати насамперед від того, як вона буде в кінцевому підсумку використана, і від середньої відносної вологості, де вона буде остаточно використана. Однак порода деревини та товщина або розмір деревини також можуть мати значення.

У всіх випадках визначення прийнятного рівня вологості деревини вимагає використання надзвичайно точного вологоміра .

Якщо деревині не дозволити акліматизуватися або прийти в рівновагу з РН в місці кінцевого використання, це може призвести до будь-якої кількості проблем, пов'язаних з вологістю, після виготовлення дерев'яного виробу. Вони включають викривлення, розтріскування, викривлення, зниження міцності деревини, корозію кріпильних елементів і навіть розвиток грибка.

Крім вологості самої деревини обов'язково потрібно контролювати вологість навколишнього середовища, оскільки саме від цього залежить ВД. Якщо оптимальна ВД перед найпершою стадією обробки повинна становити 9-12%, то щоб досягти таких параметрів вологість повітря повинна бути на рівні 50-60%. Наприклад після пришвидшеного висушування (деревина в певній мірі може бути пересушена) перед розпилюванням деревина повинна увібрати певний рівень вологи із повітря. Це впливає на усю подальшу обробку. Якщо деревина не буде мати потрібний рівень вологості то при

					123.УДК:004:681.5	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

склеюванні вона вбере потрібну вологу із клею, яка йому потрібна для кристалізації, і виріб не склеїться. Це саме може відбуватись і при фарбуванні. Можуть з'явитись тріщини і відшарування на нанесеному покритті. При недостатній вологості у деревообробних цехах чи у місцях зберігання деревини, дерево буде віддавати свою вологу. Це призводить до різних проблем, таких як зміна геометричних параметрів, поява розколів і тд.

У різних галузях виробництва часто з'являються проблеми статичної електрики. На кінцевих етапах при фарбуванні та лакуванні статичним розпиленням притягуються різні дрібні частинки та пил, що є в край не бажаним. Також при наявності статичної електрики з'являється ризики займання і вибухів. При вологості у цеху вище 35% процес утворення статичної електрики сильно сповільнюється.

За стандартом ГОСТ 12.1.005-88 оптимальна вологість на робочому місці повинна складати 40-60% (але не більше 70-75%). За стандартом EN 386, у полірувальному цеху вологість повинна становити мінімум 55% (у повітрі не накопичується статична електрика, дрібні частинки не прилипають до поверхні виробу), на виробництві клеєного бруса – 40-70%, у фарбувальних цехах не менше 70% (волога з фарби не буде випаровуватись, завдяки цьому зменшується витрата фарби)[4]. Слід зауважити, що обмін вологістю між деревиною і навколишнім середовищем відбувається і тоді коли деревина покрита фарбою чи лаком. Деревина з покриттям зазнає однакових змін у відповідь на підвищення і зниження РН. Просто на це потрібно більше часу щоб досягти своєї РВ, ніж деревині без покриття.

Температура не має суттєвого впливу на ВД. Підвищення або зниження температури не призведе до значної усадки або набухання деревини. Така відсутність температурної чутливості є однією з переваг деревини порівнянні з іншими будівельними матеріалами, такими як алюміній або пластик. Проте рівень температури безумовно впливає на деякі процеси роботи з деревиною, особливо це стосується склеювання чи фарбування і лакування. Проте хоча

					123.УДК:004:681.5	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

температура не впливає напряму на ВД, її важливо враховувати при вимірюванні RH.

1.4. Засоби контролю вологості деревини

З розділу 1.3 випливає, що від вологості повітря і деревини залежить якість виробу. Для того щоб ця якість була максимальною потрібно вимірювати та змінювати при потребі ВД та вологість повітря на усіх етапах виробництва.

Для вимірювання вологості середовища зазвичай використовують термогігрометри, які призначені для вимірювання вологості і температури. Далі, в залежності від призначення цеху чи приміщення вологість коригується за допомогою систем контролю вологості описаних у розділі 2.



Рисунок 1.5 – Цифровий термогігrometer

Для вимірювання вологості самої деревини використовують спеціально призначені для цього вологоміри. Вони бувають двох видів: голчасті та безконтактні.

Вимірювачі голкового типу (рисунок 1.6) використовують проникаючі електроди і вимірюють вологість деревини за допомогою електричного опору. Оскільки вода проводить електрику, а деревина — ні, сухість деревини можна

					123.УДК:004:681.5	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

визначити за величиною опору електричному струму. Суха деревина дає більшу стійкість, ніж волога.



Рисунок 1.6 – Вологомір голкового типу

Безконтактні вимірювачі (рисунок 1.7) не проникають в матеріал, а зчитують вміст вологи за допомогою нешкідливого електромагнітного датчика, який сканує деревину. Оскільки безконтактні вимірювачі сканують поверхню деревини та охоплюють більшу площу, ніж штифтові, вони дають більш повну картину вмісту вологи в деревині. Вони також не залишають шкідливих отворів на поверхні деревини. Завдяки цьому вони ідеально підходять для вимірювання вологості таких виробів, як дорогі дерев'яні підлоги.



Рисунок 1.7 – Безконтактний вологомір

					123.УДК:004:681.5	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Зважаючи на покази цих пристроїв приймають відповідні рішення щодо подальшої обробки, зволоження повітря, а також при потребі змінюють внутрішню вологість деревини. Важливо вимірювати вологість у різних місцях виробничого приміщення або складу зберігання.

Щоб виробництво відбувалось згідно стандартизованого процесу потрібно постійно переглядати покази цих пристроїв. Зазвичай системи зволоження повітря включають в себе вимірювачі вологи повітря і деревини і автоматично коригують вологість повітря.

Висновки до розділу

У даному розділі надано основні методи та засоби вимірювання вологості і описано принцип їх роботи. Описано її нормування та температурний режим для деревообробної промисловості та вплив на якість готової продукції.

					123.УДК:004:681.5	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ВИДИ ТА ПРИНЦИПИ РОБОТИ ПРОМИСЛОВИХ ЗВОЛОЖУВАЧІВ ПОВІТРЯ

Промислові зволожувачі повітря діляться на два основних типи: **прямого** та **каналъного** зволоження.

Система прямого типу зволожує повітря безпосередньо в приміщенні в якому вона встановлена. Їх підключають до водопроводу і вони автоматично наповнюються при потреба завдяки датчикам рівня води. Вони підходять коли потрібно зволожувати повітря в конкретному приміщенні і коли шум від їх роботи неважливий.

Система каналъного типу на відміну від прямого, підключається до вентиляційної установки, де в певному місці зволожує повітря. Також якщо потрібно вона може очищувати чи підігрівати повітря до певної температури. Після цього за допомогою вентиляційної системи повітря подається у приміщення. Бажано під таку систему виділити спеціальне технічне приміщення, тому що рівень шуму від їх роботи – високий.

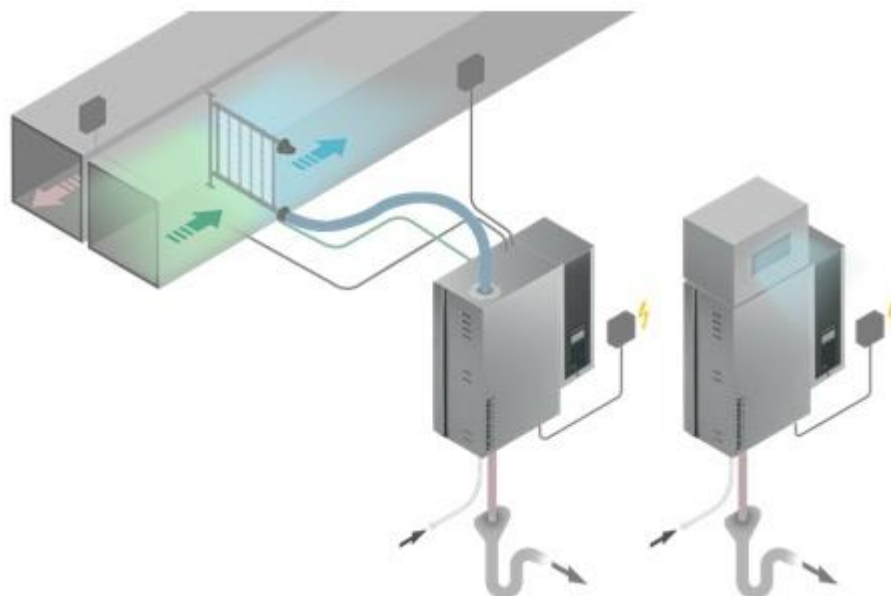


Рисунок 2.1 – Професійні системи зволоження: каналъна (зліва) та прямого зволоження (справа).

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

123.УДК:004:681.5

Арк.

28

За принципом роботи в свою чергу зволожувачі можна розділити на дві базові категорії, залежно від того коли енергія додається для перетворення води з рідкого стану до газоподібного під час процесу зволоження. Кожен процес призводить до різної температури повітря під часу зволоження, в таблиці 2.1 можна переглянути типи зволоження в кожній категорії.

Таблиця 2.1 – Типи зволожувачів.

Ізотермічні	Адіабатичні
Паровий теплообмінник	Ультразвуковий
Теплообмінник гарячої води	Центрифужний
Пряме вприскування пари	Розпилювач під тиском води
Електродний	Розпилювач стисненого повітря
Електроопір	Вологого середовища
Електричний інфрачервоний	Гібридний спрей/середовище
Газового згоряння	

Ізотермічні установки використовують зовнішню енергію для виробництва пари, а процес зволоження призводить до майже постійної температури повітря. Вся енергія для виробництва пари додається до зволожувача, перед тим як вона потрапить в повітряний потік. Оскільки ізотермічні установки виробляють лише пару, вони розглядаються як зволожувачі повітря, що не утворюють аерозолі.

Адіабатичні установки забезпечують прямий контакт між водою і повітряним потоком, а процес зволоження призводить до зниження температури повітря. Вся енергія для перетворення, з рідини в газ, забезпечується повітряним потоком. Такі установки часто називаються атомайзерами або випарними системи, і поділяються на кілька різних груп за обладнанням: атомайзери вважаються такими, що генерують аерозоль, оскільки

вони вносять краплі води безпосередньо в повітряний потік, в той час як випарні установки вважаються такими, що не утворюють аерозолів, оскільки цей процес включає лише повітря, що поглинає вологу.

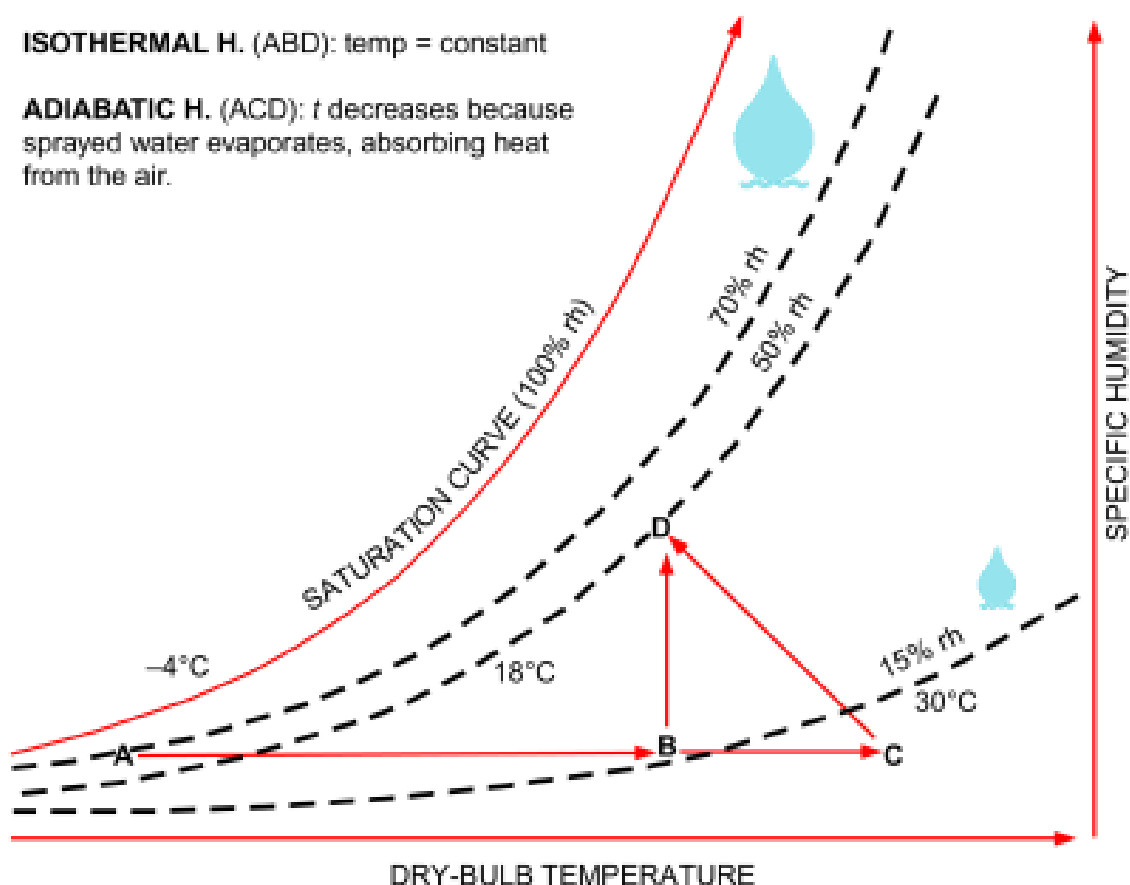


Рисунок 2.2 – Порівняння адиабатичного та ізотермічного процесів.

На рисунку 2.2, під час зволоження, ізотермічна система призводить до перетворення повітря з В у D. Для адиабатичної системи перетворення повітря показано як етап С до D. Для будь-якого процесу етапи попереднього нагрівання від А до В або від А до С є зовнішніми до системи зволоження і є частиною системи обробки повітря. Крок В до С дорівнює енергії, яка потрібна для перетворення води з рідкого стану в газоподібний під час адиабатичного процесу.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

123.УДК:004:681.5

Арк.

30

Основні принципи ефективної роботи зволожувачів:

- зволожувачі повинні бути встановлені там, де повітря може поглинати пари;
- температура повітря, що зволожується, повинна перевищувати точку роси місця в якому відбувається зволоження;
- коли свіже або змішане повітря є зволожене, повітря можливо попередньо потрібно нагріти щоб могло відбуватись поглинання.

2.1. Промислові ізотермічні зволожувачі

Зволожувач з нагрівальним елементом. Ці агрегати мають широкий діапазон потужностей і можуть нагріватися за допомогою теплообмінника, в який подається пара або гаряча вода (рисунок 2.3). Вони можуть бути встановлені безпосередньо під повітроводом, або вони можуть бути встановлені дистанційно і подавати пару через шланг. У будь-якому випадку розподільний колектор повинен бути використаний.

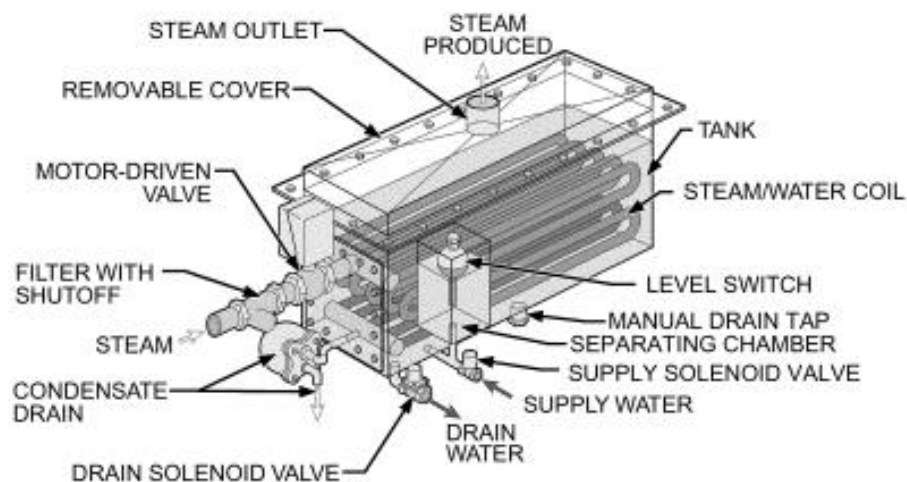


Рисунок 2.3 – Зволожувач з нагрівальним елементом

Парові теплообмінники зазвичай використовуються в даних зволожувачах, з тиском пари в діапазоні від 35 до 105 кПа. Теплообмінники

гарячої води також використовуються в даних зволожувачах; температура води нижче 115°C недоцільна.

Усі такі зволожувачі повинні мати регулювання води і деяку форму зливної або змивної системи. При використанні сирої води періодично необхідне очищення для видалення скупчення мінералів. (Використання пом'якшеної або демінералізованої води може значно подовжити час між очищеннями.) Також слід подбати про те, щоб вся вода була злита коли система не використовується, щоб уникнути можливості зростання бактеріальної інфекції в стоячій воді.

Зволожувачі з прямим впорскуванням потоку. Ці одиниці охоплюють широкий спектр різноманітних конструкцій і потужностей. Потік – це водяна пара під тиском і при високій температурі, тому процес зволоження можна спростити, додавши пару безпосередньо в повітря. Цей метод є ізотермічним процесом, оскільки температура повітря залишається практично постійно в міру додавання вологи. Для цього виду зволоження системи, джерелом пари зазвичай є центральний паровий котел низького тиску.

Коли пара подається з джерела при постійному тиску подачі, зволоження швидко реагує на потреби системи. Контрольний клапан може бути модулюючим або двопозиційним у відповідь на значення датчика/контролера.

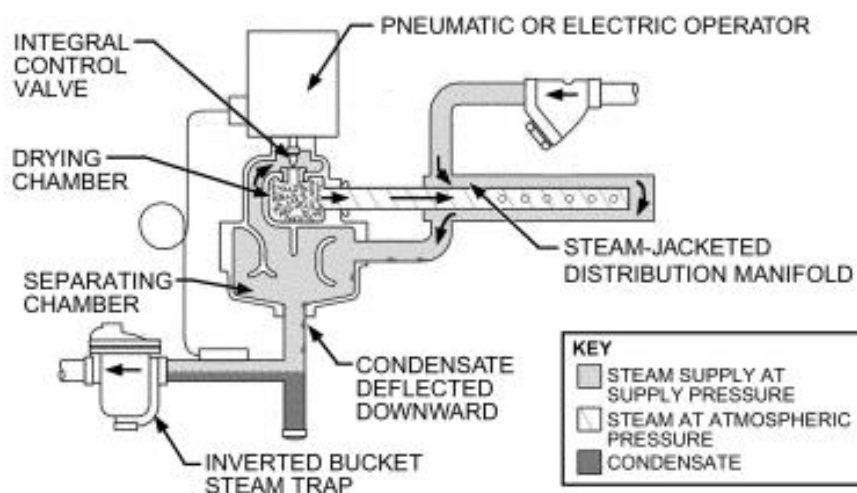


Рисунок 2.4 – Зволожувач із паровим «кожухом»

Пара може бути введена в повітряний потік через один з наступних пристроїв:

- Один або декілька колекторів з паровим «кожухом» (рисунок 2.4), залежно від розміру протоки або камери. Паровий «кожух» призначений для повторного випаровування будь-яких крапель конденсату до їх появи у виводі з колектора.

- Розподільні системи без захисних кожухів або панелі (рисунок 2.5), з інжекційними форсунками для розподілу або без них для доставки пари через лицьову сторону протоки або камери.

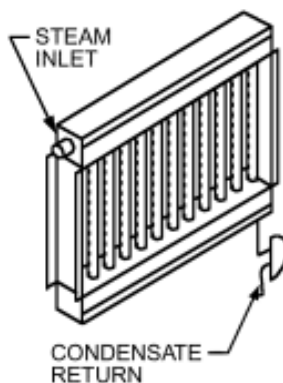


Рисунок 2.5 – Зволожувач без парового «кожуха»

Агрегати повинні бути встановлені там, де повітря може поглинати викинуту пару до того, як вона вступить в контакт з компонентами повітряного потоку, наприклад, котушки, амортизатори або поворотні лопатки. В іншому випадку конденсат може виникнути в протоці. Відстань поглинання змінюється залежно від конструкції розподільного пристрою зволожувача та стану повітря всередині протоки.

Оскільки ці зволожувачі вводять пар безпосередньо з центрального джерела котла в простір або розподільний канал, хімічні речовини для обробки котла, що викидаються в повітряну систему, можуть погіршити якість повітря в приміщенні. Потрібно перевіряти безпеку хімічних речовин і ретельно уникати забруднення подачі води або пари.

					123.УДК:004:681.5	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Автономні парові зволожувачі. Ці пристрої перетворюють звичайну міську водопровідну воду в пару за допомогою електричної або газової енергії, використовуючи електроди, резистивні нагрівальні елементи, інфрачервоні лампи або спалювання газу. Пара утворюється при атмосферному тиску і виводиться в систему повітроводів через дисперсійні колектори.

Деякі пристрої дозволяють використовувати пом'якшену або демінералізовану воду, що значно подовжує час між очищеннями.

Електродні зволожувачі повітря (рисунок 2.6) працюють за допомогою передачі електричного струму безпосередньо в звичайну водопровідну воду, тим самим створюючи тепло енергії для кип'ятіння води і утворення пари. Зволожувач повітря зазвичай містить пластикову пляшку, одноразову або багаторазову, що подається водою через електромагнітний клапан.

Періодичний і частковий злив підтримують бажану концентрацію твердих речовин і правильний електричний потік. Виробники пропонують зволожувачі з кількома різними функціями.

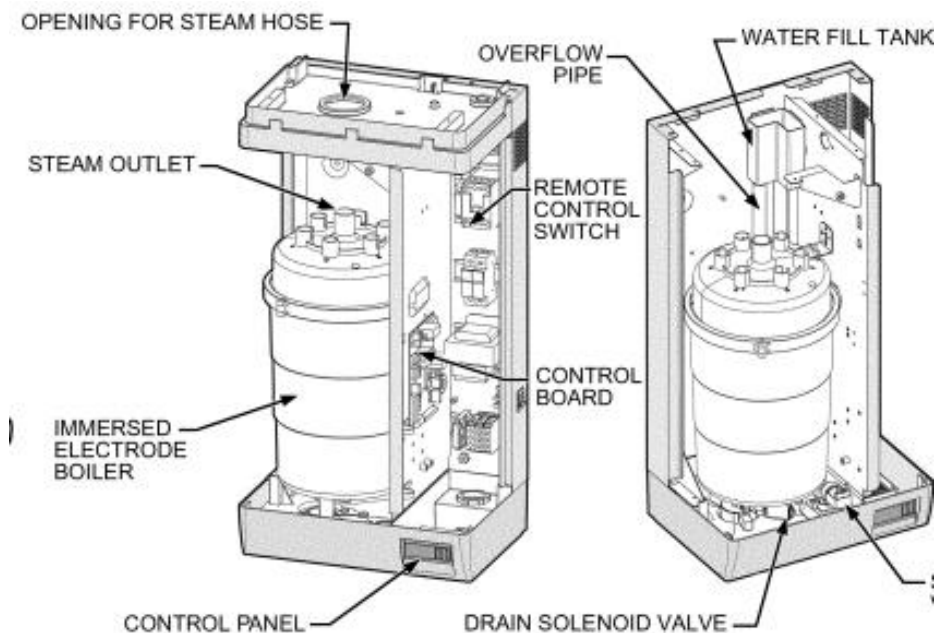


Рисунок 2.6 – Електродний зволожувач

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

123.УДК:004:681.5

Арк.

34

У **резистентних зволожувачах** (рисунок 2.7) використовується один або кілька електричних елементів, які безпосередньо нагрівають воду для отримання пари. Вода може міститися в корпусі з нержавіючої сталі або в корпусі з покриттям. Елемент і оболонка повинні бути доступні для очищення мінеральних відкладень. Високий і низький рівень води слід контролювати або зондами, або поплавковими пристроями та повинна бути включена система зливу та продувки, особливо коли система не використовується.

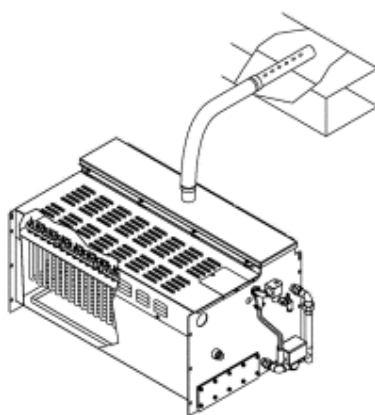


Рисунок 2.7 – Резистентний зволожувач

Інфрачервоні зволожувачі повітря (рисунок 2.8) використовують одну або кілька кварцових ламп виробляючи інфрачервону енергію, яка відбивається від дзеркал в резервуар з водою. Окріп утворює пар, який потім видаляється повітрям, що протікає над поверхнею резервуара. Водяний рівень і розбавлення зливів контролюються або електромагнітними клапанами, або переливною системою.

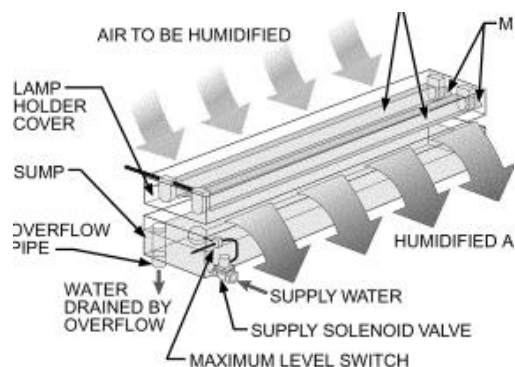


Рисунок 2.8 – Інфрачервоний зволожувач

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

123.УДК:004:681.5

Арк.

35

Газові зволожувачі повітря (рисунок 2.9) використовують один або кілька пальників згорання та теплообмінники для нагрівання води для виробництва пари. Вода зазвичай міститься в баку з нержавіючої сталі, а теплообмінники можуть бути виготовлені з нержавіючої сталі або алюмінію. Теплообмінник і бак повинні бути доступні для очищення мінеральних відкладень.

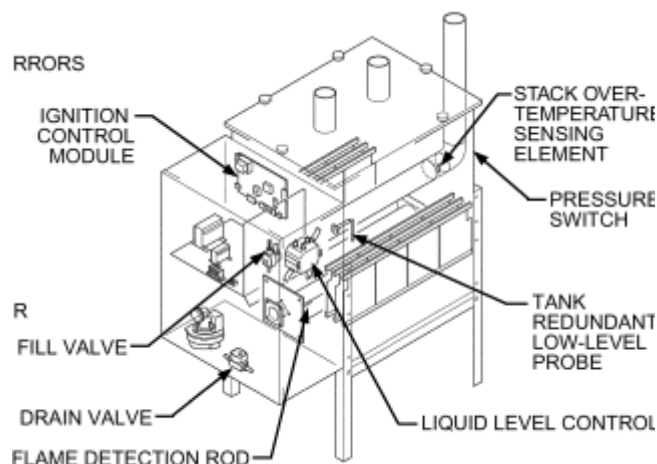


Рисунок 2.9 – Газовий зволожувач

2.2. Розпилювачі пари та паропроводи

Зволожувачі, які виробляють пару, вимагають розподільник пари для введення пари в повітряний потік або кондиціонований простір. Правильний вибір і установка парового розподільника та паропроводу від зволожувача необхідні для правильної роботи системи зволоження.

Існує три поширені типи паророзподільників.

Індивідуальні трубчасті розподільники складаються з однієї або кількох перфорованих труб, які вставляють у ділянку повітропроводу. Пара від зволожувача виходить через отвори в трубках, а конденсат збирають і зливають. Труби, як правило, призначені для охоплення шириною повітропроводу, і можуть використовуватися окремо або в групах для досягнення певного рівня продуктивності.

Короткі абсорбційні колектори використовуються в повітропроводі та складаються з кількох перфорованих розподільчих трубок, з'єднаних з центральним колектором. Кілька трубок поширюють пару через якомога більшу частину повітряного потоку, таким чином зменшуючи час і відстань, необхідні для поглинання пари. Однак додаткові трубки-розподільники призводять до збільшення втрат конденсату та теплопередачі до повітряного потоку порівняно з однотрубним розподільником. Щоб мінімізувати цей ефект, багато коротких поглинаючих колекторів доступні з ізоляцією.

Розподільники, які базуються на кімнатних вентиляторах, використовуються для прямого зволоження приміщення не покладаючись на центральну систему. Розповсюджувачі вентиляторів можуть бути вмонтованим безпосередньо на зволожувач повітря або дистанційно змонтованим для розподілу пари в потрібному місці. Ці розподільники мають перевагу, що дозволяє зволожувачу працювати незалежно від системи вентиляції; однак вони можуть призвести до видимого парового шлейфа в кімнаті. Цей шлейф може вимагати певної відстані, щоб повністю поглинутись, тому вентилятори повинні розташовуватися на достатній відстані від людей, стін, стелі та обладнання. Крім того, розподільники вентиляторів також створюють деякий шум від двигуна та руху повітря у вентиляторі.

Атмосферні паропроводи. Паропроводи, які з'єднують зволожувач з паророзподільниками є ще однією важливою частиною система зволоження. Паропроводи повинні бути правильного розміру, правильно прокладені, виготовлені з правильного матеріалу, мати достатній дренаж і бути ізольованими.

Розміри. Занадто вузькі лінії створюють обмеження, які важко подолати зволожувачу і можуть зменшити ефективність роботи системи. Занадто великі лінії мають дуже низькі швидкості потоку пари і можуть спричинити великі втрати конденсату. Для початку розглядають відповідність діаметру паропроводу до вихідного отвору зволожувач повітря і підтримують цей діаметр до розподільника.

					123.УДК:004:681.5	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Маршрутизація. Більшість автономних ізотермічних зволожувачів генерують атмосферну пару (тобто пару під дуже низьким тиском (1,5-4,5 кПа)). Таким чином, потік пари в цих лініях не може долати великі відстані. Прокладаючи паропроводи, потрібно враховувати наступне:

- тримати атмосферні паропроводи якомога коротшими
- уникати довгих горизонтальних пробіжок
- підтримувати мінімальний ухил 15% для висхідних ліній
- підтримувати мінімальний ухил 4% для низхідних ліній
- переконатися, що лінії мають належну підтримку, щоб уникнути ненавмисного низького рівня точок
- мінімізувати кількість колінних і трійникових з'єднань

Матеріали. Вибір матеріалу є важливим аспектом розробки паропроводу. Поширені матеріали для атмосферних паропроводів включають мідні трубки, трубки з нержавіючої сталі та шланги. У порівнянні з трубками, трубопроводи дорожчі в установці, мають товщі стінки та мають вищі показники герметичності, які не потрібні для атмосферної пари.

Паровий шланг зазвичай виготовляється з гнучкого гумового або полімерного матеріалу. Потрібно обмежити довжину парових шлангів протяжністю 3 м або менше, оскільки матеріали можуть з часом розм'якшуватися і провисати. Забезпечення адекватної підтримки парового шланга важливо, щоб уникнути низьких точок, де може утворитися конденсат який буде збиратись і блокувати потік пари.

Пластикові трубки та чорні чавунні труби, як правило, не рекомендуються як матеріали для атмосферних паропроводів. Певні види пластикових трубок можуть виділяти запахи або ставати крихкими від повторних циклів нагрівання. Аналогічно, чорна залізна труба може виділяти запах від використовуваних масел в процесі виробництва і є схильною до корозії.

Зливання. Від втрат тепла всередині паропроводів утворюється конденсат і з прохолодних ліній при запуску. Щоб мінімізувати ризики удушання потоку пари або скидання конденсату з розподільника, цей

					123.УДК:004:681.5	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

конденсат слід видаляти через дренаж уздовж паропроводів. Найкращою практикою є розташовувати дренаж і сифон безпосередньо перед розподільником для збору та зливу конденсату до того, як він потрапить у розподільник. Додатково через кожні 4,5 м слід розміщувати дренаж і сифони на прогинах паропроводу та в будь-яких низьких точках лінії. Низькі точки часто виникають, коли паропровід проходить під балками, повітроводами або іншими трубами.

Вивід конденсату повинен складатися з повнорозмірного трійника, розміщеного в ньому паропроводу і напірного сифона. Як мінімум, пастка має бути розміром щоб витримати максимальний очікуваний статичний тиск у каналі. Конденсат, що зливається з паропроводів, можна подати назад у зволожувач повітря, повернути до системи очищення води, зберігати для зрошення чи інших потреб.

Конденсат паропроводу гарячий, часто близько 100°C, і повинен охолотитись перед зливом. Зазвичай для цієї мети використовується високотемпературний конденсатний насос або охолоджувач конденсату.

Ізоляція. Передача тепла від паропроводів може призвести до того що пара конденсуватись назад до рідкої води. Втрати в паропроводах можуть зменшити загальну ефективність системи та зменшити кількості пари, що викидається в повітря. У найгіршому випадку значні втрати лінії не дозволять зволожувачу підтримувати необхідну вологість повітря в просторі. Тому атмосферні паропроводи слід ізолювати з відповідним утеплювачем для обраного матеріалу.

2.3. Розпилювальні зволожувачі

Розпилювальні зволожувачі вносять дрібні краплі або туман, прямо в повітряний потік. Система видалення туману рекомендовано для всіх зволожувачів розпилювального типу.

Існує чотири основні категорії розпилювальних зволожувачів.

					123.УДК:004:681.5	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ультразвукові зволожувачі повітря (рисунок 2.10) використовують п'єзоелектричний перетворювач, занурений у демінералізовану воду. Перетворювач перетворює високочастотний механічний електричний сигнал у високочастотні коливання. Під час негативу створюється миттєвий вакуум коливання, в результаті чого вода при низькому тиску перетворюється на пару. Позитивне коливання створює хвилю високого стиснення що витісняє частинки води з поверхні і вона швидко всмоктується в повітряний потік. Оскільки ці типи зазвичай використовують демінералізовану воду, за течією не потрібен фільтруючий матеріал. Ультразвуковий зволожувач повітря також виготовляється як окрема одиниця.

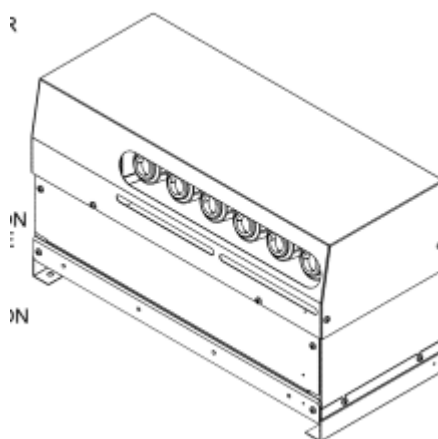


Рисунок 2.10 – Ультразвуковий зволожувач

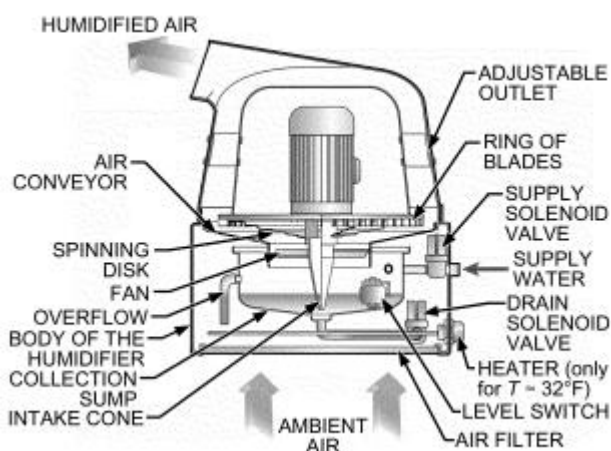


Рисунок 2.11 – Центрифужний зволожувач

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

123.УДК:004:681.5

Арк.

40

Центрифужні зволожувачі повітря (рисунок 2.11) використовують високошвидкісний диск, який підкидає воду до свого краю, де її кидають на тарілки або гребінець для вироблення тонкого туману. Туман вноситься в повітряний потік, де його випаровують.

У **зволожувачах з водою під тиском** (рисунок 2.12) використовується об'ємний насос для виробництва води під тиском від 210 до 1265 кПа.

Ця вода під високим тиском потім передається в повітропровід, повітрообмінник, або навколишній простір розподільним трубопроводом і виводиться через спеціальні насадки. Насадки використовують вихровий струмінь або функції удару, щоб створити мільярди дуже маленьких крапель, які спонтанно випаровуються, зволожуючи і охолоджуючи повітря.

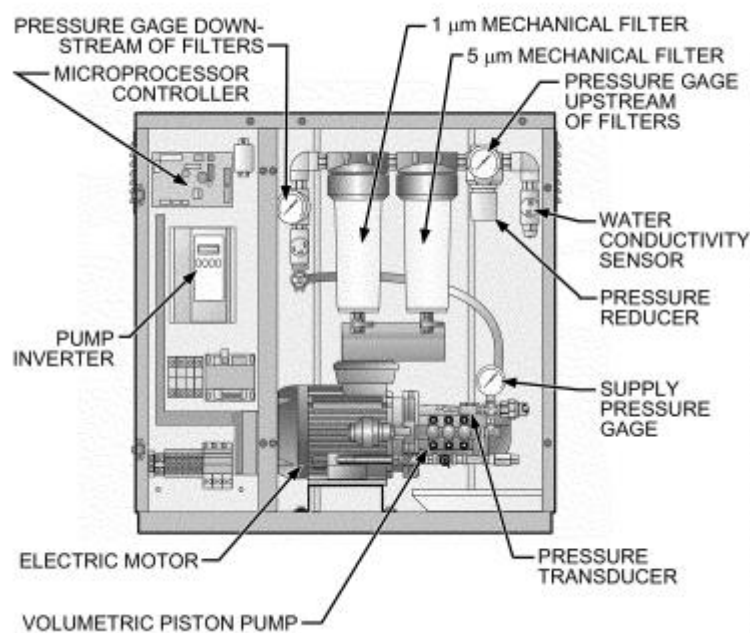


Рисунок 2.12 – Зволожувач високого тиску

Як правило, система подачі води під тиском повітропровід або система обробки повітря складається з насосної станції, контрольного датчика, розподільного трубопроводу, решітки форсунок з керуючими електромагнітними клапанами, секція сепаратора туману та датчика обмеження.

Система атмосферної води під тиском зазвичай складається насосної станції, датчика керування, розподільного трубопроводу і колекторного контура (з повітродувками або без), що містять розпилювальні форсунки.

2.4. Переваги і недоліки систем зволоження повітря

Таблиця 2.2 – Переваги і недоліки адіабатичних систем.

	Переваги	Недоліки	Допоміжне обладнання
Центрифужна	Простота. Забезпечує випарне охолодження навколишнього середовища	Важко застосовувати до систем вентиляції. Обмежена ємність. Можливі проблеми з підключенням.	
Стисненого повітря і води	Пристає до змін при потребі. Високий спад виходу. Можливість адаптації до систем вентиляції. Доступний у широкому діапазоні ємностей.	Потрібен достатній обсяг стисненого повітря. Потрібна очищена вода. Більші відстані випаровування. Потрібний достатній підігрів подачі повітря.	Повітряний компресор. Оберненоосмотична система очищення води. Триходовий зливний клапан. Тумануловлювач. Елементи керування та панель керування.
Високого тиску	Ті ж переваги, як стиснутого повітря і води. Переваги розпилення без витрат на стиснене повітря. Забезпечує	Потрібна очищена вода. Потрібний достатній підігрів подачі повітря. Більші відстані випаровування	Оберненоосмотична система очищення води. Тумануловлювач. Елементи

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

123.УДК:004:681.5

Арк.

42

	охолодження навколишнього повітря		керування
Низького тиску	Переваги розпилення без витрат на стиснене повітря. Потенційна енергетична вигода від випарного охолодження. Нижче споживання енергії, ніж у атомайзерів високого тиску. Висока ефективність випаровування при використанні з поствипарником. Зазвичай менша відстань випаровування, ніж у атомайзерів високого тиску. Довший термін служби насосів через меншу роботу тиску	Обов'язково провести розарядку. Потрібна очищена вода. Потрібний достатній підігрів подачі повітря.	система зворотного осмосу очищення води. Тумануловлювач або поствипарник. Елементи керування
Ультразвукова	Пристосовується до змін, модулює вихід. Високий спад виходу. Можливість адаптації до систем вентиляції. Забезпечує випарне охолодження навколишнього повітря	Використовує деіонізовану воду. Потрібний достатній підігрів подачі повітря. Більші відстані випаровування. Потрібен точний рівень рідини.	Система деіонізованої обробки води. Тумануловлювач. Елементи керування

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

123.УДК:004:681.5

Арк.

43

Зволоженого середовища випаровування	Доступний у широкому діапазоні ємностей. Забезпечує випарне охолодження навколишнього повітря. Низьке споживання енергії	Повільна реакція на зниження. Потрібен біоцид. Неочищена вода може призвести до накопичення домішки. Піддон для збору води необхідно промивати періодично	Елементи керування Рециркуляційні насоси
---	--	---	--

Таблиця 2.3 – Переваги та недоліки систем з прямою подачею пари.

	Переваги	Недоліки	Допоміжне обладнання
Парова чашка	Простота	Обмежена потужність. Обмеження у виході пари. Обмеження допустимої кількості пари. Невишукане приглушення звуку. Може розсіювати хімічні речовини котла в повітря.	
Паровий розподільувач	Надійна продуктивність. Доступний у широкому діапазоні ємностей. Пристосовується до змін при потребі. Відокремлює пару від конденсату.	Потрібна наявність парового котла. Більша відстань для зволоження, ніж парова панель. Може розсіювати хімічні речовини котла в повітря.	Парова пастка. З'єднувач типу Wye. Температурний перемикач Елементи керування

	<p>Можливість приглушення звуку.</p> <p>Низькі вимоги до обслуговування.</p> <p>Доступний з високою можливістю перемикання або діапазоном клапанів.</p> <p>Регулюючий клапан можна регулювати електрично або пневматично.</p>		
Парова панель	<p>Надійна продуктивність.</p> <p>Доступний у широкому діапазоні ємностей.</p> <p>Пристає до змін. Відокремлює пару від конденсату.</p> <p>Можливість приглушення звуку.</p> <p>Низькі вимоги до обслуговування.</p> <p>Короткі відстані без зволоження.</p> <p>Регулюючий клапан можна регулювати електрично або пневматично.</p> <p>Виконується без парового кожуха або колекторів.</p> <p>Можна утеплити для економії енергії</p>	<p>Потрібна наявність парового котла.</p> <p>Може розсіювати хімічні речовини котла в повітрі.</p> <p>Труднощі підняття конденсату з пароуловлювачів.</p>	<p>З'єднувач типу Wye. Елементи керування.</p> <p>Конденсатний насос.</p> <p>Утеплювач панелей</p>

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

123.УДК:004:681.5

Арк.

45

Таблиця 2.4 – Переваги та недоліки систем з нагрівальним елементом

	Переваги	Недоліки	Додаткове обладнання
Електрична (електродного типу)	Компактний розмір. Забезпечує модульований вихід на змінний сигнал запиту. Доступний з ємностями, що очищаються або одноразовими. Доступний із самодіагностикою. Зазвичай кріпляться на стіні.	Водні мінерали випадають в осад, залишаючись всередині резервуару. Не можна використовувати воду з дуже низькою провідністю або очищену воду. На продуктивність може вплинути довга доставка пари через трубки.	Додатковий пристрій для температурного загартування зливного бака. Елементи керування. Паровий шланг з хомутами для розсіяння пари
Електрична (резистивного типу)	Можна використовувати будь-який тип наливної води: водопровідну, пом'якшену, з фільтру зворотного осмосу. Деякі забезпечують модульований вихід через SCR/SSR контроль. Доступний із самодіагностикою. Можуть кріпитися до стіни, підлоги або на даху.	Водні мінерали випадають в осад, залишаючись всередині резервуару. Як правило, більший і важчий, ніж електродний.	Додатковий пристрій для температурного загартування зливного бака. Елементи керування. Паровий шланг з хомутами для розсіювання пари Бордюр для даху для зовнішнього монтажу.
Інфрачервона	Проста і компактна	Інфрачервоні лампи	

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

123.УДК:004:681.5

Арк.

46

		чутливі і ламаються. Обмежена вихідна потужність. Контроль точності. Енергія випромінювання перетворюється в тепло, а не випаровування води	
Газова	Можна використовувати будь-який тип наливної води: водопровідну, пом'якшену, з фільтра зворотного осмосу. Низькі витрати на електроенергію. Пропонує моделі з паровою потужністю більше, ніж електричні. Доступний із самодіагностикою	Водні мінерали випадають в осад, залишаючись всередині резервуара, якщо не використовується фільтрована вода. Обмеження в розміщенні через вентиляційні вимоги.	Додатковий пристрій для температурного загартовування зливного бака. Елементи керування. Закритий варіант горіння для виділеного повітря згорання. Бордюр для даху для зовнішнього монтажу
Пара – пара	Доступний із самодіагностикою. Пара без добавок. Доступні блоки високої потужності. Може встановлюватися на підлозі або на даху.	Водні мінерали випадають в осад, залишаючись всередині резервуара. Для підйому конденсату необхідний конденсатний насос	Панель керування, клапан керування, паровідвідник, і фільтр. Бордюр для даху для зовнішнього монтажу. Опціональне загартовування зливної води
Гарячої води	Доступний із	Водні мінерали	Елементи

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

123.УДК:004:681.5

Арк.

47

	самодіагностикою. Пара без добавок. Доступні блоки високої потужності	випадають в осад, залишаючись всередині резервуара. Мінімальна температура рідкого джерела тепла 115°C.	керування. Додатковий пристрій для відпуску температури зливного бака. Панель керування, клапан керування, паровідвідник, і фільтр.
--	---	--	---

Проаналізувавши плюси і мінуси кожної з систем, можна дійти висновку, що неможливо вибрати якийсь один вид системи зволоження яка ідеально підійде для деревообробного чи будь якого іншого виробництва. Кожна система має сильні і слабкі сторони. Щоб вибрати оптимальну систему потрібно проаналізувати призначення виробничих приміщень, які процеси там будуть відбуватись, розміри виробництва.

Висновки до розділу

У цьому розділі наведено типи та види промислових систем зволоження повітря. Коротко описано принцип роботи кожної з них. Також проведено аналіз переваг та недоліків кожної із систем.

3. РОЗРОБКА МІКРОКОНТРОЛЕРНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ВОЛОГОСТІ

3.1. Структурна схема

При проектуванні системи зволоження потрібно обов'язково врахувати у яких виробничих приміщеннях вона буде використовуватись та врахувати особливості технологічних процесів, які відбуваються. Проаналізувавши існуючі системи контролю вологості повітря, а також особливості при роботі з деревиною можна дійти висновку, що найкраще робити систему каналного типу, тобто таку, яку можна під'єднати до вентиляційних каналів. Повітря буде зволожуватись у певній точці каналу і уже зволожене буде подаватись у цех. Це значно здешевлює виготовлення самої системи.

У випадках коли потрібне більш активне зволоження, наприклад у цеху розміщено багато приладів, які активно віддають тепло і відповідно цим висушують повітря, можна зробити підсистему із форсунками, які будуть розпилювати туман напряму в виробничому приміщенні, а не через систему вентиляції. Ці моменти потрібно враховувати уже на прикладі конкретного виробництва. Але у більшості випадків буде достатньо зволоження через вентиляційні канали.

Крім цього в систему включено можливість знімати покази конкретно деревини, наприклад у сушильних камерах чи коли деревина знаходиться у виробничих приміщеннях.

Зважаючи на усі ці дослідження було розроблено універсальну систему зволоження повітря на деревообробних підприємствах. Для управління використовується веб інтерфейс, який доступний з комп'ютерів та телефонів, що робить управління системою зручнішою. За його допомогою можна переглядати показники датчиків температури та вологості повітря і вологості деревини. Можна задавати бажані параметри, не тільки для поточного моменту, а також для будь яких часових проміжків у майбутньому.

					123.УДК:004:681.5	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Проаналізувавши переваги і недоліки існуючих зволожувачів, вирішено, що найкраще для даної системи підійде ультразвуковий зволожувач. Його можна легко під'єднати до вентиляційної системи і він швидко реагує на зміну параметрів зволоження, вартість порівняно з деякими зволожувачами є досить доступною. Проте потрібно контролювати рівень води у системи та бажано використовувати очищену воду, для збільшення терміну роботи.

Проаналізувавши існуючі рішення, було розроблену структурні схему комп'ютерної системи моніторингу та керування вологістю виробничих приміщень та технологічних процесів деревообробних підприємств, яку наведено на рисунку 3.1. Система складається з центрального апаратного модуля, до якого підключаються датчики і виконавчі пристрої та серверної частини для моніторингу та керування.

У якості центрального модуля вибрано плату ESP8266 NodeMCU як одну з самих недорогих з наявністю Wi-Fi інтерфейсу, для забезпечення он-лайн моніторингу та керування. Також центральний модуль оснащений UART що дозволяє легко реалізувати промисловий інтерфейс RS485 на базі недорогого конвертера на мікросхемі MAX485 без гальванічної розв'язки, а якщо виробничі умови потребують наявності гальванічної розв'язки то RS485 зручно реалізувати на доступних на ринку опторозв'язаних модулях RD6006, 6012, 6018, трансмітера RS485 — PL3085A, і двох цифрових ізоляторів — 122U31.

Через промисловий інтерфейс RS485 до центрального модуля можна підключати промислові системи вимірювання вологості деревини, наприклад вимірювач вологості деревини E2353. Який може неперервну вимірювати та передавати через інтерфейс RS485 вологість деревин в діапазоні 7-20% H_2O , з роздільною здатністю 0,01% H_2O , та абсолютною похибкою що не перевищує 1 % H_2O .

Так як система зволоження може ефективно поєднуватися з системою повітряного опарення приміщень і вентиляції, що дасть переваги в можливості контролю температури і вологості. Серед виконавчих пристроїв потрібно

					123.УДК:004:681.5	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

керувати нагрівником, вентилятором і ультразвуковим зволожувачем, а також звуковим сигналізатором.

Для моніторингу вологості та температури передбачено декілька датчиків. Також передбачено датчик рівня чи наявності води в пристрої зволоження.

Для зручності передбачено вивід основної інформації на дисплей та панель керування, які доповнюють та дублюють основні функції Web-інтерфейсу, що значно підвищує надійність роботи пристрою.

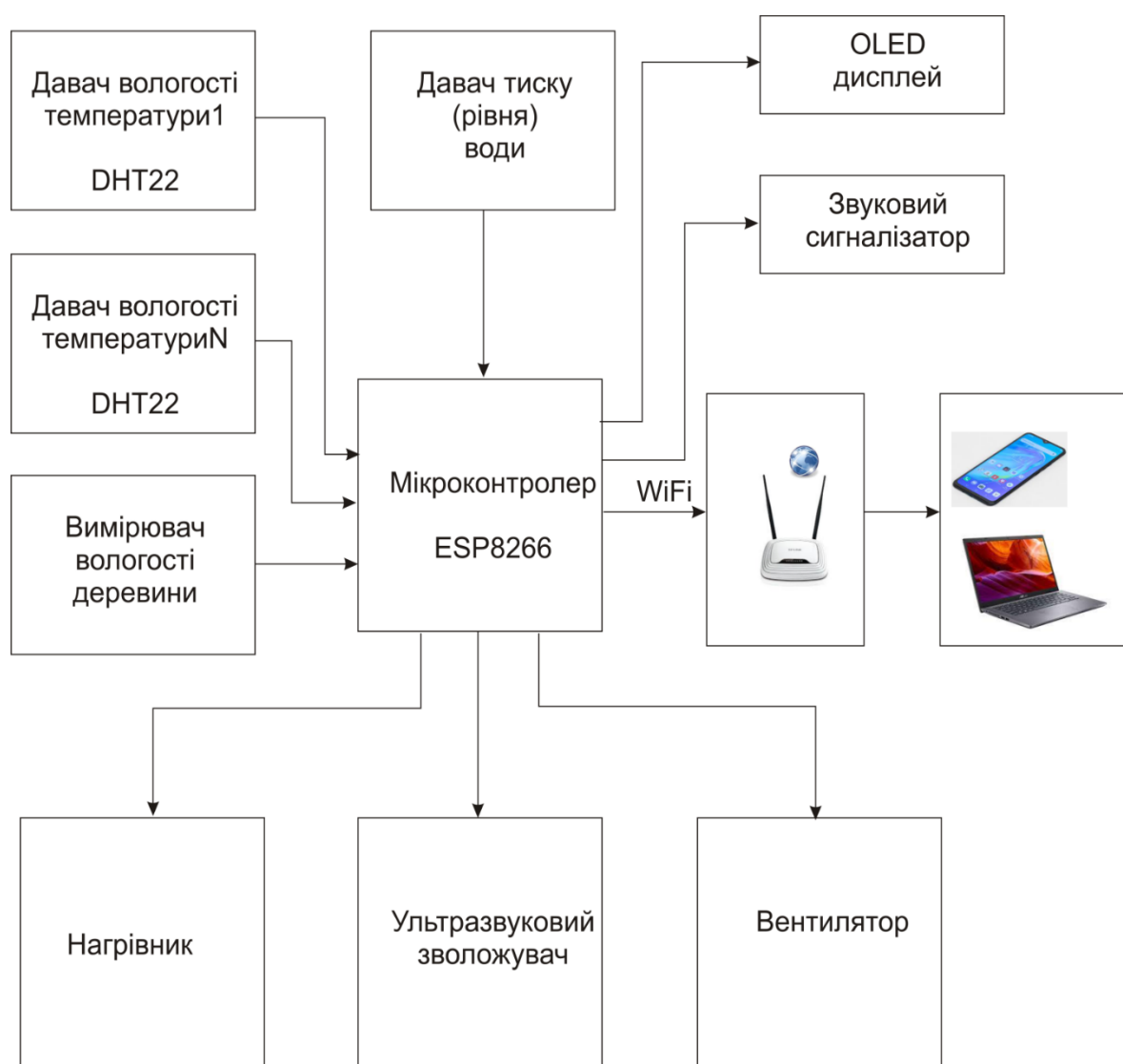


Рисунок 3.1 - Структурна схема комп'ютерної системи моніторингу та керування вологістю виробничих приміщень та технологічних процесів деревообробних підприємств

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

3.2. Апаратні засоби для реалізації

Для реалізації даної системи в першу чергу потрібно вибрати мікроконтролер. Він повинен відповідати за контроль самого зволожувача, приймати показники датчиків вологи та температури і відповідно до цього регулювати роботу зволожувача. Потрібно також врахувати те, що було вирішено виводити покази і здійснювати управління системою через веб інтерфейс.

Для цих потреб цілком підійде налагоджувальна плата **NodeMCU** на базі мікроконтролера **ESP8266** (версія ESP12E), який являє собою повноцінний 8 розрядний мікроконтролер з WiFi модулем, та ультра низьким споживанням. Сам чіп розроблявся для пристроїв Інтернету речей. В цілому дана плата дозволяє значно спростити розробку. На платі вже реалізовано підключення по USB, стабілізатор напруги живлення, всі виводи мікроконтролера виведені на гребінки зі стандартним кроком 2.54 мм, що робить його сумісним з стандартними макетними платами і полегшує процес створення прототипів. Також плата поставляється з прошивкою NodeMCU, тому при бажанні її можна програмувати за допомогою Arduino IDE. Проте в даній системі вирішено використовувати MicroPython для програмування плати, що також зручно використовувати для роботи з даною платою.

Характеристики модуля:

WiFi 802.11 b / g / n

Підтримка STA/AP/STA+AP режимів

Вбудований стек протоколів TCP / IP з підтримкою множинних клієнтських підключень (до 5)

PWM, ІС, тощо.

Максимальний струм на вивід: 15 мА

AD0: 1 вивід АЦП

Живлення: 4.5 - 9В (10В максимум), живлення від USB з підтримкою відладочного інтерфейсу

					123.УДК:004:681.5	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Споживання: обмін даними: ~ 70 мА (200 мА максимум), очікування:
<200 мкА

Швидкість передачі: 110-460800 б/сек

Підтримка UART / GPIO інтерфейсів передачі даних

Перепрошивка з хмари або через USB

Діапазон робочих температур: -40 ~ +125 °С

Вага: 18 г

Функції та розміщення виводів наведені на рисунку 3.2.

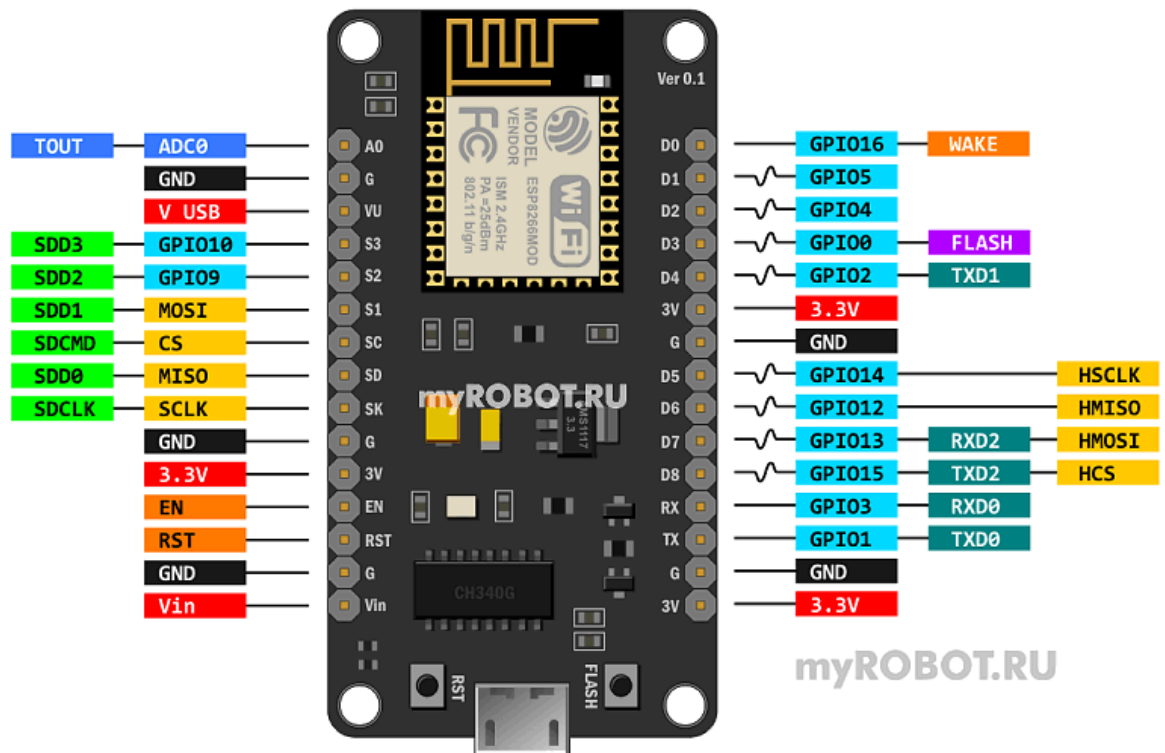


Рисунок 3.2 – Функції та розміщення виводів плати ESP8266 NodeMCU.

Згідно структурної схеми розроблена електрична принципова схема комп'ютерної системи моніторингу та керування вологістю виробничих приміщень та технологічних процесів деревообробних підприємств, яка наведена на рисунку 3.3.

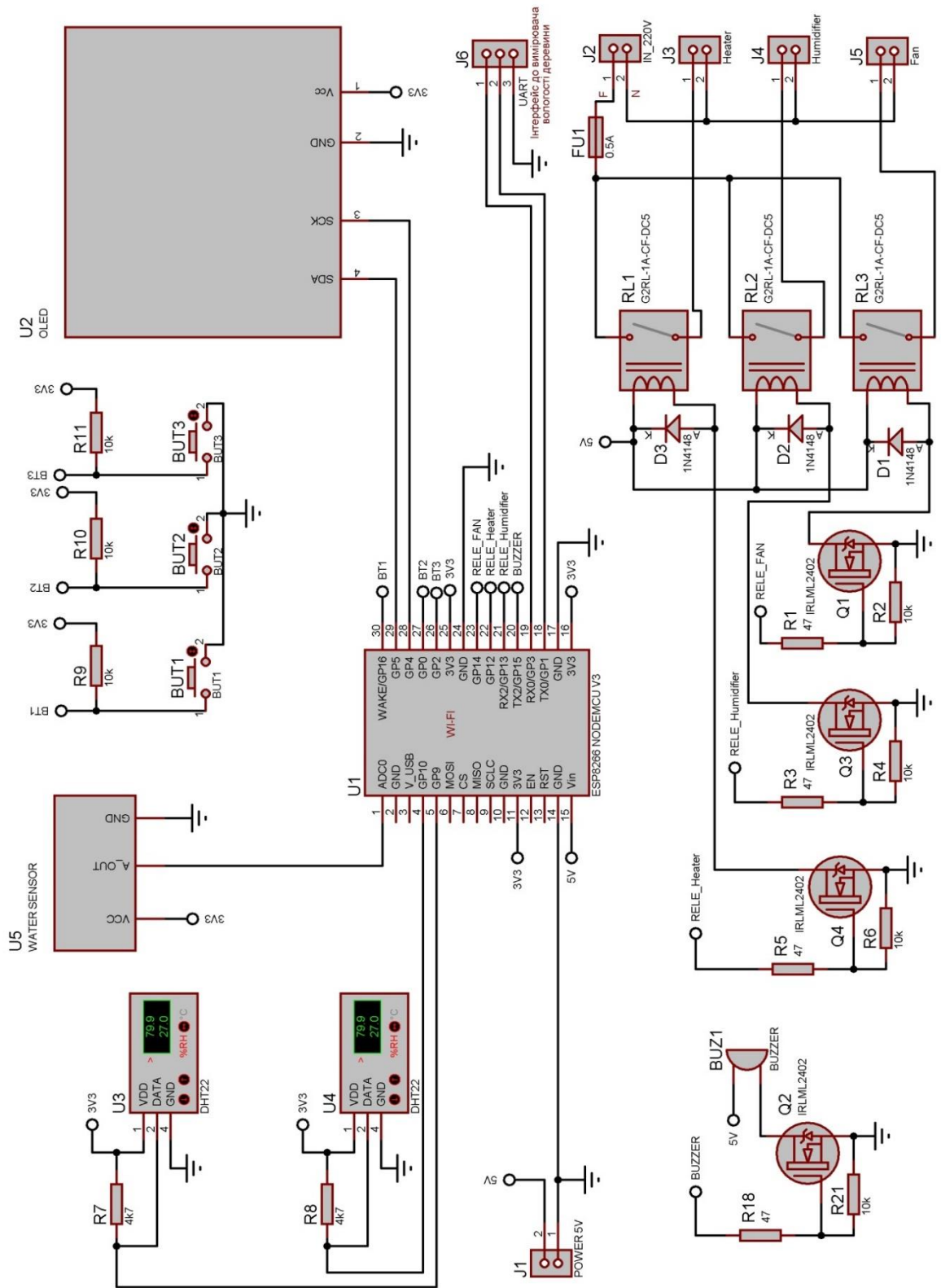


Рисунок 3.3 - Електрична принципова схема комп'ютерної системи моніторингу та керування вологістю виробничих приміщень та технологічних процесів деревообробних підприємств.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

123.УДК:004:681.5

Арк.

54

У якості датчиків вологості та температури використано популярні цифрові датчики DHT22 (рисунок 3.4), характеристики яких наведено в таблиці 3.1

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики датчика вологості та температури DHT22

Характеристика:	
виробник:	AOSONG
тип:	AM2302 цифровий
точність:	0.1 °C
діапазон вимірювання вологості:	0-100%
діапазон виміру температури:	-40 ~ 80 °C
точність вимірювання вологості:	± 2% RH
точність вимірювання температури:	± 0.5 градуса
напруга живлення:	3.6-6 В
кількість виводів:	4
ультранизьке енергоспоживання	

Дані датчики забезпечують передачу даних температури і вологості лише по одному проводі, що суттєво економить виводи контролера.

DHT22 pins	
1	VCC
2	DATA
3	NC
4	GND

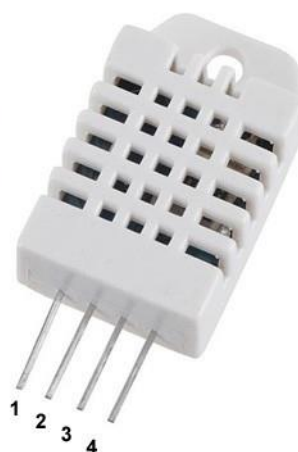


Рисунок 3.4 – Датчик температури та вологості DHT22 і його розпіновка

У якості давача рівня води використано аналоговий давач поплавкового типу, або реле тиску води в водопроводі, що дозволяє відслідковувати аварійні ситуації та завчасно попереджати про них за допомогою звукової сигналізації та через Web-інтерфейс.

У якості дисплея застосовано OLED дисплей з I2C інтерфейсом передачі даних, так як даний інтерфейс займає всього 2 виводи мікроконтролера і підтримує паралельне підключення інших пристроїв.

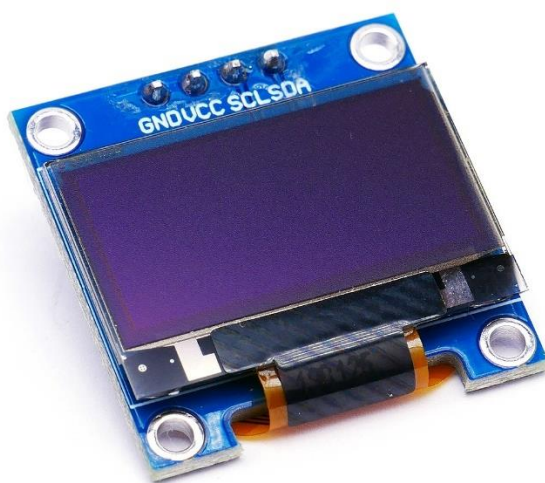


Рисунок 3.5 – OLED дисплей з I2C інтерфейсом.

Для керування силовими пристроями (нагрівниками, вентиляторами та зволожувачем) використовуються 5 В електромагнітні реле RL1-RL3, які можуть керувати навантаженням з напругою 220 В та струмом до 10 А. Реле керуються мікроконтролером через n-канальні МОН транзистори Q1,Q2,Q4, які захищені від імпульсу самоіндукції зворотними діодами D1-D3. У разі необхідності керування більшими навантаженнями їх можна підключати до пристрою через промислові силові магнітні пускачі.

Живлення пристрою здійснюється напругою 5 В від мережевого адаптера чи системи безперебійного живлення.

					123.УДК:004:681.5	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

3.3. Програмні засоби для реалізації

Для реалізації програмної частини було вибрано мову програмування Python. Це універсальна мова програмування, яка підтримує ООП парадигму. Її можна використовувати для різних цілей, від машинного навчання до написання серверів.

3.3.1. Програма мікроконтролера

Для роботи з мікроконтролером було використано MicroPython. **MicroPython** — це економна та ефективна реалізація мови програмування Python 3, яка включає невелику підмножину стандартної бібліотеки Python і оптимізована для роботи на мікроконтролерах та в обмежених середовищах. MicroPython наповнений розширеними функціями, такими як інтерактивна підказка, цілі числа довільної точності, замикання, розуміння списків, генератори, обробка винятків тощо. Проте він досить компактний, щоб поміститися та працювати в межах лише 256 КБ кодового простору та 16 КБ оперативної пам'яті. MicroPython має на меті бути максимально сумісним із звичайним Python, щоб ви могли легко переносити код із робочого столу на мікроконтролер або вбудовану систему. Він дозволяє швидко розробляти потрібний функціонал зосереджуючись на власне написанні функціоналу, а не на роботі із пам'яттю і синтаксисом. Він чудово підходить для реалізації керування елементами системи зволоження на мікроконтролері.

У відкритому доступі є багато готових бібліотек, для роботи з давачами і іншими елементами даної системи, що значно спрощує розробку.

При запуску програма мікроконтролера ініціалізує з'єднання з сервером через REST API інтерфейс. У відповідь із сервера приходять необхідні параметри вологості повітря. Вони обробляються і порівнюються з даними температури і вологості з давачів. Далі мікроконтролер обробляє ці параметри і відповідно до їх значень здійснює управління вентилятором та зволожувачем через реле.

					123.УДК:004:681.5	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

3.3.2. Серверна частина

Для написання серверної частини вибрано Python веб фреймворк **Django**. Він дозволяє швидко розробити серверну частину, він гнучкий, тому функціонал можна без проблем розширяти в майбутньому. У ньому вже вбудована власна система авторизації та адмін панель.

Оскільки мікроконтролер спілкується з сервером через API, то потрібно використовувати також фреймворк **Django REST framework**. Він дозволяє швидко і зручно розробляти API інтерфейс в Django. В якості реляційної бази даних використано **PostgreSQL**. Для асинхронної черги задач використано **Celery**.

Користувачів в системі може зареєструвати лише адміністратор через адмін панель. На рисунку 3.6 наведено схема моделей бази даних.

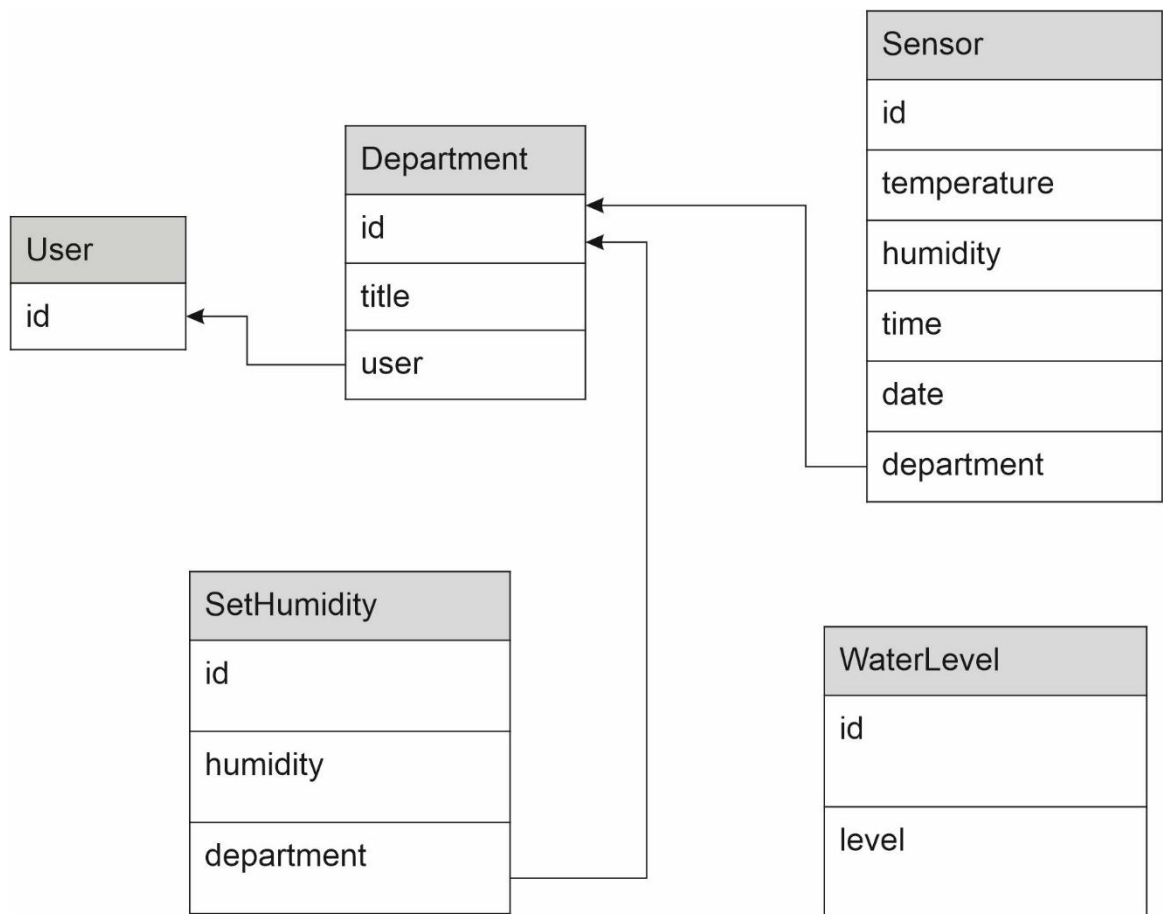


Рисунок 3.6 – Схема бази даних системи

Деплой виконано на AWS. Застосована зв'язка Docker, Django Gunicorn, nginx, certbot. Nginx роздає статику клієнтської частини застосунку. Застосунок запаковано в Docker контейнер, налаштовано docker-compose конфігураційний файл

3.3.3. Клієнтська частина

Було розроблено клієнтську частину застосунку для відображення графіку вологості і температури в режимі реального часу, а також для зручності керування системою. Для цих цілей використано відкриту JavaScript бібліотеку **React**. Для зручного відображення графіків використано бібліотеку **Chart.js**.

Нижче наведено приклад графіків.

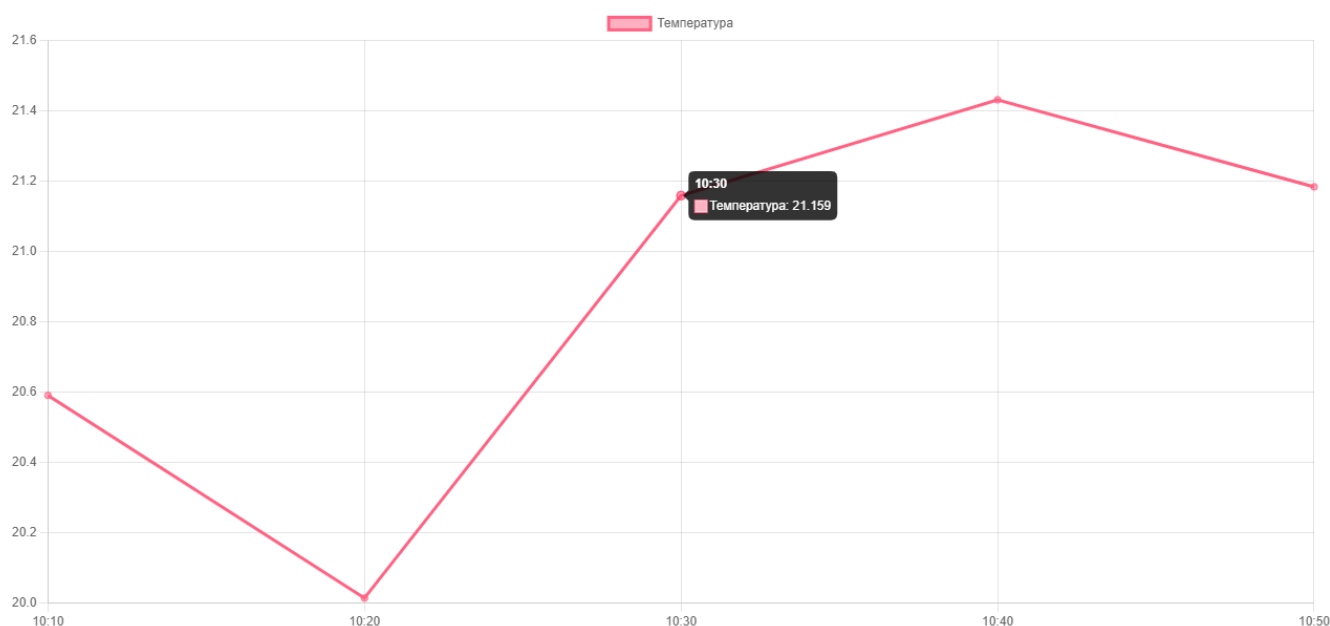


Рисунок 3.7 – Графік температури

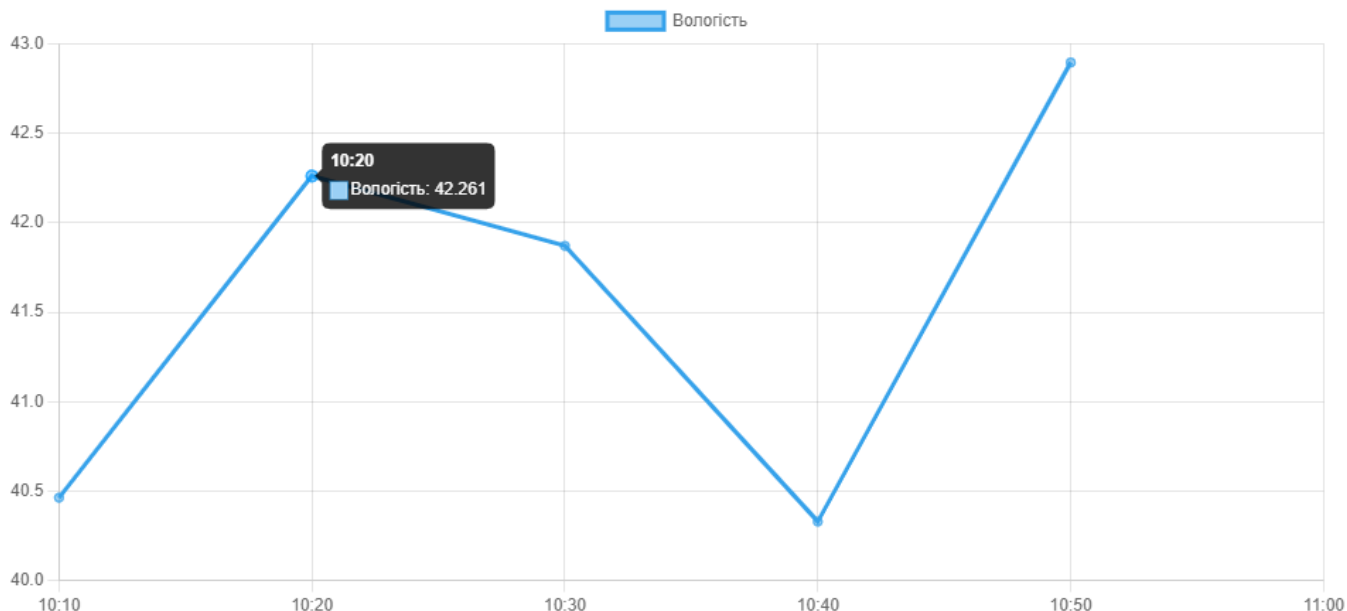


Рисунок 3.8 – Графік вологості

Клієнтський застосунок спілкується з бекендом через API. Отримуються показники в режимі реального часу і на їх основі відмальовуються графіки. Також є можливість переглянути показники на певну дату та час.

Авторизація відбувається за допомогою JWT токена, який передається на бекенд у кожному запиті.

У панелі керування можна задавати необхідні параметри вологості. На рисунку 3.9 показано скрін загального вигляду панелі.

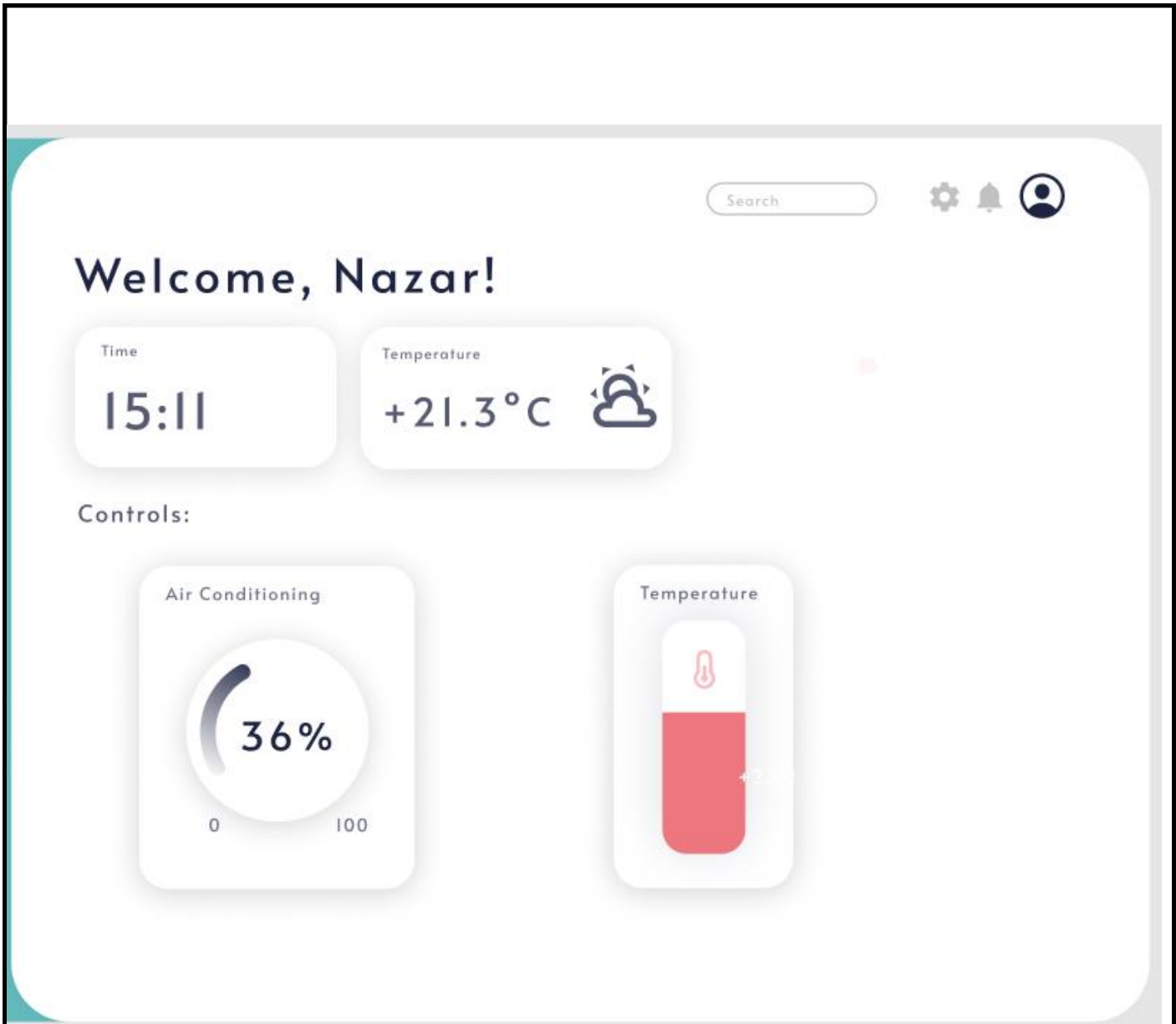


Рисунок 3.9 – Панель керування системою у веб інтерфейсі

Висновки до розділу

У даному розділі описано розробку системи зволоження повітря. Перелічено технології, які використовувались для розробки бекенду та фронтенду, для роботи з мікроконтролером. Перелічено апаратні засоби, наведено електричну принципову схему. Описано принцип роботи системи.

					123.УДК:004:681.5	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

При проектуванні нових систем, важливим етапом є економічна оцінка їх виготовлення. Якщо система не пропонує ніяких покращень, нових функцій або є дорожчою ніж її аналоги, тоді розробляти таку систему не доцільно.

В середньому промислові ультразвукові зволожувачі повітря коштують від 30000 грн. Усе залежить від потужності. Це вартість самого зволожувача, без паропроводу і форсунок, а керування відбувається тільки через апаратні кнопки на корпусі пристрою.

Кінцева вартість системи буде коливатись в залежності від параметрів виробництва, на якому вона має бути встановлена. Проте очікувана вартість не буде перевищувати аналоги, які є на ринку, також перевагою є гнучкість даної системи та спосіб керування. Також можна розрахувати вартість прототипу системи.

Таблиця 4.1 — Усі фінансові витрати на розробку прототипу.

	Ціна грн
NodeMCU v3	98
Ультразвуковий зволожувач	210
Давачі температури та вологості	156
Вентилятор	40
Реле	65
OLED module	55
Провідники	25
Реєстрація домена (на рік)	60

AWS(в місяць)	120
Сума	829

Висновки до розділу

В даному розділі здійснено економічне обґрунтування системи зволоження. Оцінено фінансові витрати на розробку прототипу. Очікувана вартість готової системи для підприємства не повинна перевищувати вартість готових аналогів, а також система пропонує певні переваги.

					123.УДК:004:681.5	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		63

ВИСНОВКИ

В даному проекті розроблено систему моніторингу та контролю вологістю виробничих приміщень та технологічних процесів на деревообробних підприємствах. Доведено актуальність розробки такої системи та важливість контролю мікроклімату на деревообробних виробництвах.

Досліджено роботу різних видів зволожувачів, зроблено висновок про їхні переваги та недоліки. Проаналізовано існуючі методи та системи контролю вологості виробничих приміщень, визначено шляхи покращення їх характеристик. Виявлено, що для деревообробного підприємства найкраще підійде ультразвукова система зволоження каналного типу, яка об'єднана з системою повітряного опалення та вентиляції.

Розроблена схема та сконструйована автоматизована система дистанційного керування та моніторингу. Підібрано відповідні елементи для створення системи. Дана система може підтримувати задані параметри вологи повітря. Також вона моніторить показники температури і вологості деревини. Система розроблялась на базі плати **NodeMCU**, яка в свою чергу розроблена на базі мікроконтролера **ESP8266**. Для програмування мікроконтролера використано **MicroPython**. Така зв'язка дозволяє максимально швидко і легко розробляти програми для мікроконтролера.

Створено зручний web інтерфейс, який дає можливість виконувати керування системою з будь якого пристрою, який має вихід до Інтернету. Це значно спрощує керування. Також можна переглядати детальну статистику показів датчиків на конкретну дату та час, або ж в режимі реального часу. Для його розробки на бекенді використано Django (Python веб фреймворк) на фронтенді використано React (JavaScript бібліотека). За допомогою цих інструментів зручно розробляти web додатки, зосередившись безпосередньо на реалізації потрібного функціоналу, а не на роботі з синтаксисом і різними обмеженнями.

					123.УДК:004:681.5	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Веб застосунок розгорнуто на AWS, використано сервіс RDS для підключення бази даних.

Досліджено економічну доцільність розробки такої системи.

					123.УДК:004:681.5	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Wyer, Samuel S. "Fundamental Physical Laws and Definitions"; A Treatise on Producer-Gas and Gas-Producers. McGraw-Hill Book Company, 1906. – 23с.
2. National Physical Laboratory and the Institute of Measurement & Control. A Guide to the Measurement of Humidity – London: The Institute of Measurement and Control, 1996. – 14с, 21с.
3. Acceptable Moisture Levels in Wood [Електронний ресурс]: <https://www.wagnermeters.com/moisture-meters/wood-info/acceptable-moisture-levels-wood/>
4. Lazzarin, L., and L. Nalini. Air humidification—Technical, health and energy aspects. CAREL Industries, Brugine, Italy, 2004.
5. Harriman, L., G. Brundrett, and R. Kittler. Humidity control design guide for commercial and institutional buildings. ASHRAE, 2008.
6. NodeMCU Documentation [Електронний ресурс]: <https://nodemcu.readthedocs.io/en/master/>
7. Django documentation [Електронний ресурс]: <https://docs.djangoproject.com/en/3.0/>
8. Django REST framework [Електронний ресурс]: <https://www.django-rest-framework.org/>
9. MicroPython tutorial for ESP8266 [Електронний ресурс]: <https://docs.micropython.org/en/latest/esp8266/tutorial/intro.html>
10. Вигода від контролю вологості повітря [Електронний ресурс]: <https://airtecsolutions.com/applications/wood>
11. Примусове зволоження у деревообробних цехах [Електронний ресурс]: <https://derevoobrobnyk.com/prymusove-zvolozhennya-u-derevoobrobnyh-czehah/>

					123.УДК:004:681.5	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66