

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення автоматизованої системи керування процесом сушіння текстильних виробів

Виконав: студент

IV курсу, групи КТс-41

спеціальності

151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(шифр і назва спеціальності)

Гуменний М.А.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Тотосько О.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Микитишин А.Г.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Микитишин А.Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« » 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(шифр і назва спеціальності)

Студенту Гуменному Максиму Андрійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення автоматизованої системи керування процесом сушіння текстильних виробів

Керівник роботи Тотосько Олег Васильович, к.т.н., доцент кафедри КТ
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «17» травня 2024 року № 4/7-515

2. Термін подання студентом завершеної роботи 21 червня 2024р.

3. Вихідні дані до роботи Технічні вимоги щодо сушіння текстилю

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ

Аналітична частина

Проектна частина

Спеціальна частина

Безпека життєдіяльності, основи охорони праці

Висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Титульний слайд

Актуальність роботи

Завдання роботи

Основна частина

Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Сенчишин В.С., доцент кафедри МТ		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Ознайомлення з завданням до кваліфікаційної роботи	20.05.2024	Виконано
2.	Підбір джерел по темі роботи	22.05.2024-24.05.2024	Виконано
3.	Опрацювання публікацій та збір даних по темі роботи	24.05.2024-27.05.2024	Виконано
4.	Виконання роботи згідно мети	27.05.2024-29.05.2024	Виконано
5.	Оформлення першого та другого розділів	29.05.2024-31.05.2024	Виконано
6.	Оформлення третього розділу	31.05.2024-11.06.2024	Виконано
7.	Оформлення четвертого розділу	11.06.2024-13.06.2024	Виконано
8.		14.06.2024-15.06.2024	Виконано
9.		16.06.2024-17.06.2024	Виконано
10.	Оформлення кваліфікаційної роботи	18.06.2024-19.06.2024	Виконано
11.	Нормоконтроль	19.06.2024-20.06.2024	Виконано
12.	Перевірка на плагіат	21.06.2024	Виконано
13.	Попередній захист кваліфікаційної роботи	21.06.2024	Виконано
14.	Захист кваліфікаційної роботи		

Студент

(підпис)

Гуменний М.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Тотосько О.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота магістра складається з пояснювальної записки та графічної частини (ілюстративний матеріал – слайди).

Об'єм графічної частини дипломної роботи становить _____.

Об'єм пояснювальної записки складає ___ друкованих сторінок формату А4.

В роботі використано ___ літературних джерел.

У роботі було розроблено систему управління процесом сушіння на базі програмованого логічного контролера Optipac VMC-12, що дозволяє дослідити та оптимізувати процес сушіння.

Розглядається система контролю, створена на базі обладнання компанії Monforst для контролю різних параметрів виробництва - Optipac VMC-12. Були описані такі основні давачі як: MODULE ECOMAT AML, який здійснює моніторинг випарів в процесі сушіння та MODULE TEXTOMETER RMS, що контролює вологість тканини на виході. Весь контроль за процесом здійснюється автоматично з модуля управління.

Розробка такої системи є актуальною задачею на сьогоднішній час і дозволяє скоротити кількість обслуговуючого персоналу, а також забезпечує можливість отримувати якісну тканину, яка відрізняється рівністю по ширині, гладкістю поверхні без засічок і загнутих кромek, які мають гарніший зовнішній вигляд.

Ключові слова: КОНТРОЛЕР, СУШІННЯ, ПІК, КЕРУВАННЯ, СИСТЕМА КОНТРОЛЮ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	6
1.1 Загальні відомості про обробне виробництво текстильної промисловості	6
1.2 Обладнання для заключної обробки.....	7
1.3 Переваги та актуальність використання MONTEX 6000.....	13
1.4 Вибір циркуляційних вентиляторів і парових калориферів	14
2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	18
2.1 Технічна характеристика Montex 6000	18
2.2 Принцип сушіння тканини в сушильно-ширильній машині Montex 6000	19
2.3 Камери сушки, стабілізації і охолодження	22
2.4 Гігротермічна рівновага текстильних волокон.....	28
2.5 Сорбційні властивості волокон	30
3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА	41
3.1 Механізм і кінетика процесу конвективного сушіння тканини	41
3.2 Тривалість сушки в соплових сушильних машинах	45
3.3 Система контролю «Optipac VMC-12»	49
3.4 Візуалізація.....	50
3.5 Структура програмного забезпечення	52
3.6 Структура керуючої керування	53
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	56
4.1 Вимоги до охорони праці на вироництві.....	56
4.2. Закони України щодо охорони праці та її організації на підприємствах	57

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ.....	67
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	69

ВСТУП

Текстиль, неткані та інші волокнисті матеріали мають величезне значення в сучасній глобальній економіці. На додаток до їх використання на добре встановлених споживчих і промислових ринках, вони широко використовуються в нових, нетрадиційних застосуваннях, таких як армовані композитні сайти, геотекстиль, засоби для особистого поглинання та біомедичні матеріали, Sousa. Сушіння є дуже широкою темою і складається з надзвичайно енергоємного процесу. Теоретичний аналіз і проектування систем сушіння ускладнюються рядом факторів. Одночасна тепло- та масопередача до та від поверхні та всередині матеріалу, гідродинаміка руху частинок усередині матеріалу та різноманітні механізми міграції вологи в твердому тілі – це деякі з пов'язаних із цим проблем. Зміна вмісту вологи та температури матеріалу зазвичай контролюється тепло- та масообміном між поверхнею тіла, навколишнім середовищем і внутрішньою частиною матеріалу, що сушиться.

Переміщення вологи в текстильних матеріалах становить особливий інтерес у поточному дослідженні. Дослідження нових експериментальних даних про сушіння сприятиме розробці загальних моделей, які можуть встановити, в межах належного підходу, кінетичну поведінку сушіння текстилю, профілі вологості та температури, швидкість сушіння, час сушіння та інші важливі дані. Визначено оптимальну точку вологості, для кожного наступного стану, термічної ефективності, продуктивності та витрат на експлуатацію. Коли оптимумом є контроль вологості в осушувачах теплого повітря, він стає універсальним, температура продуктів рідко вимірюється під час тестів кінетики сушіння. Однак ці дані надзвичайно важливі для розуміння механізмів сушіння та контролю якості, головним чином для матеріалів, чутливих до температури.

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Загальні відомості про обробне виробництво текстильної промисловості

На обробних підприємствах текстильної промисловості сурові текстильні вироби (тканини, пряжа, волокно, трикотаж, швейні нитки) перетворюються в готову продукцію: білизняні, гладкофарбовані або набивні тканини, що володіють поліпшеними споживчими властивостями. У зв'язку з цим технологія обробки тканин включає чотири основних технологічних процеси:

- підготовка тканин під фарбування і друкування (білення);
- фарбування текстильних виробів;
- друкування тканин;
- заключна обробка.

Фарбувально-оздоблювальні фабрики можуть бути самостійними підприємствами, які отримують сурові тканини для оздоблення зі сторони, і можуть входити до складу комбінатів, що краще з точки зору питань управління, підвищення відповідальності за якість продукції та її збут. Основою для створення текстильних матеріалів і виробів побутового та технічного призначення є природні, штучні та синтетичні волокна. Кожне з них відрізняється особливостями структури, властивостями, технологією обробки. У зв'язку з цим профіль обробного підприємства визначається асортиментом тканин, які випускаються: бавовняних, віскозних штапельних, шовкових, вовняних.

Обладнання і умови роботи обробних підприємств мають ряд специфічних особливостей і відрізняються великою різноманітністю, що ускладнює уніфікацію машин і організацію їх ремонту. Як правило, обробка тканин ведеться при великих швидкостях (до 250 м/хв) або одноразово обробляється велика маса волокнистого матеріалу (до 3000 кг). Це вимагає особливої уваги до організації контролю за дотриманням технологічного режиму, щоб уникнути утворення масових вад. Ряд процесів мокрої обробки тканин протікає в

агресивних середовищах. Це вимагає при розробці конструкції машин підвищеної уваги до питань екології і захисту обладнання від корозії. Необхідно враховувати також, що оброблювальні фабрики є великими споживачами води, пари і теплової енергії. Вищесказане свідчить про різноманітність обробного обладнання, тому вивчення курсу і знайомство зі специфікою техніки і технології обробного виробництва слід почати з класифікації обробного обладнання, його маркування та загальних характеристик вузлів і механізмів.[2]

1.2 Обладнання для заключної обробки

Сушильно-ширильні машини призначені для сушіння тканин при одночасному розширенні, що дозволяє отримувати добротні тканини, які відрізняються рівністю по ширині, гладкою поверхнею без зарубок і загнутих кромek, мають гарний зовнішній вигляд. Зазначена обробка досягається на ширильних машинах, встановлених в сушильних або стабілізаційних камерах. У виробничій практиці ці машини відомі під назвами: сушильна рама, шпанрама, планрама, повітряна рама та ін.

Заключна обробка являє собою сукупність процесів обробки текстильних матеріалів, що покращують їх зовнішній вигляд. В даний час найбільше поширення одержали сушильно-ширильні стабілізаційні машини (СШМС). Вони універсальні, здатні виконувати цілий комплекс операцій обробки: просочення, сушіння, термостабілізацію, фіксацію термореактивних смол на волокні, ширіння, усадку по основі, обрізку і змазування країв у трикотажних полотнах, виправлення перекосів уточних ниток та інші операції [3].

Сучасні сушильно-ширильні стабілізаційні машини є складним і дорогим обладнанням, але вони забезпечують високоякісну обробку і придатні практично для будь-яких тканин і трикотажних полотен, виготовлених з натуральних або хімічних волокон, а також їх сумішей. Машини відрізняються високим ступенем

механізації та автоматизації управління процесами сушіння та стабілізації з використанням ЕОМ і мікропроцесорної техніки.

Сушильно-ширильні стабілізаційні машини розрізняються за:

- кількістю просочувальних ванн;
- кількістю секцій у сушильно-стабілізаційній камері;
- конструкції установки для виправлення перекосів уточних ниток;
- виду клупних ланцюгів і їх встановлення;

Велика різноманітність видів заключної обробки призвела до створення численних машин, ліній і агрегатів.

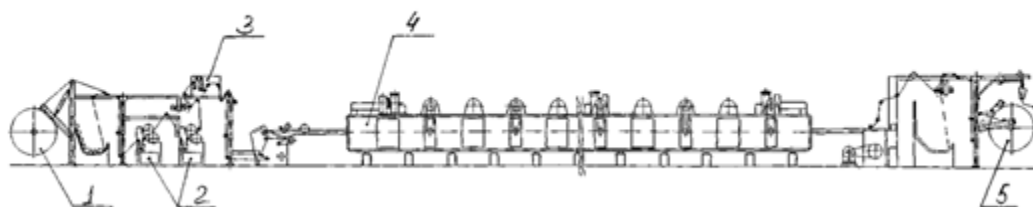


Рисунок 1.2 – Сушильно-ширильна стабілізаційна машина фірми «Текстіма»

- 1- розкатний пристрій;
- 2- плюсовка двохвальна;
- 3- пристрій виправлення перекосів уточних ниток;
- 4- сушильно-ширильна машина;
- 5- вибірний комбінований пристрій.

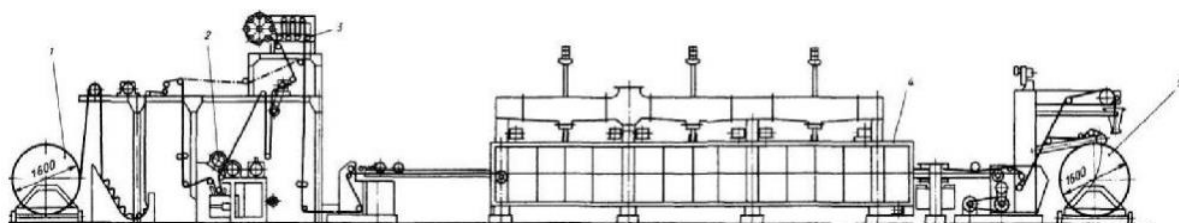


Рисунок 1.3 – Сушильно-ширильна стабілізаційна машина фірми «Вакаяма»

- 1- розкатний пристрій;
- 2- плюсовка двохвальна;
- 3- пристрій виправлення перекосів уточних ниток;

- 4- сушильно-ширительна машина (семисекційна);
- 5- вибірний комбінований пристрій.

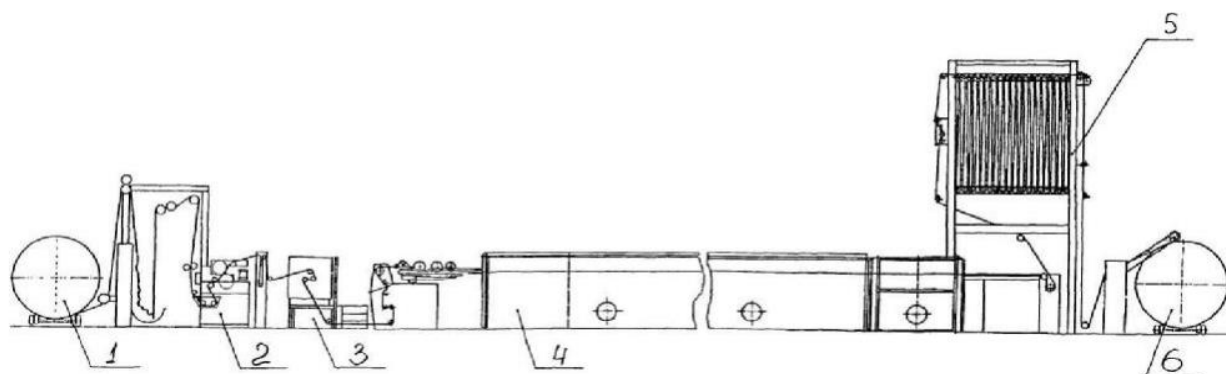


Рисунок 1.4 – Сушильно-ширительна стабілізаційна машина фірми «Елітекс»

- 1- розкатний пристрій;
- 2- плюсовка двохвальна;
- 3- пристрій виправлення перекосів уточних ниток;
- 4- сушильно-ширительна машина;
- 5- вибірний комбінований пристрій.

Лінії заключної обробки російського виробництва типу ЛЗО складаються з комплексу машин, які в залежності від призначення і споживчих властивостей тканини, забезпечують повний цикл обробки для випуску готової продукції. Вони призначені для апретування, виправлення перекосів уточних ниток, ширіння, сушіння, каландрування і термообробки бавовняних, лляних, віскозних і сумішевих тканин.

На вітчизняних підприємствах також набули поширення лінії незмінної обробки зарубіжних фірм «Кіото» і «Вакаяма» (Японія) і «Амдес» (Франція). Вони складаються з двох секцій: просочувально-полімеризаційної та секції промивання і сушіння. На рис. 1 наведена схема двосекційної лінії незмінної обробки фірми «Вакаяма». Для вогнезахисної обробки тканин можна використовувати двосекційну лінію фірми «Вакаяма», в якій змінено склад другої секції (з урахуванням більш інтенсивної промивки). [3]

Таблиця 1.1 - Склад деяких марок сушильно-ширильних стабілізаційних машин

СШСМ фірми «Текстіма» (Німеччина)	СШСМ фірми «Вакаяма» (Японія)	СШСМ фірми «Елітекс» (Чехія)
Заправний пристрій	Заправний пристрій	Заправний пристрій
Лотковий компенсатор	Лотковий компенсатор	Лотковий компенсатор
Просочувальна ванна з двухвальним віджимом (2 шт)	Просочувальна ванна з двухвальним віджимом (2 шт)	Просочувальна ванна з двухвальним віджимом (2 шт)
Автомат правки	Автомат правки	Автомат правки
Ввідне поле	Ввідне поле	Ввідне поле
Сушильно- стабілізаційні секції (3- 8 шт)	Сушильно- стабілізаційні секції (7-8 шт)	Сушильно-стабілізаційні секції (3-9 шт)
Охолоджуючий пристрій	Охолоджуючий пристрій	Охолоджуючий Пристрій
Самоклад	Накатний пристрій	Накатний пристрій

Таблиця 1.2 - Технічна характеристика деяких марок сушильно-ширильних стабілізаційних машин

Технічна характеристика	СШСМ фірми «Текстіма» (Німеччина)	СШМС фірми «Вакаяма» (Японія)	СШМС фірми «Елітекс» (Чехія)
1	2	3	4
Робоча ширина, мм	1600-3400	1800	1800
Швидкість руху тканини, м/хв	16-160	16-160	до 60
Встановлена потужність електродвигунів, кВт	365-641	572	680
Максимальна температура, °С	250	230	240

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4
Максимальний розхід:			
• пара, кг/год	1000-1150	1350	15000
• води, м ³ /год	0,02-0,26	0,15	0,20
Габаритні розміри, мм:			
• довжина	37000	41300-47200	33450
• ширина	3950-6000	4300-5000	4200
• висота	4200	3200	5200

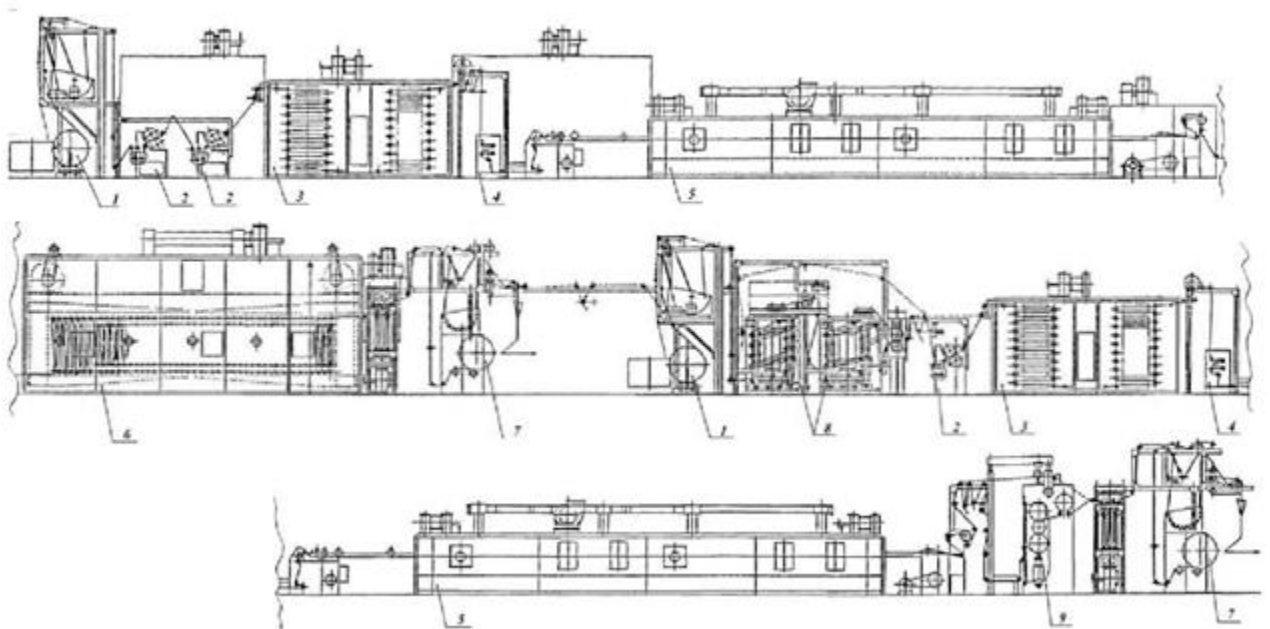


Рисунок 1.5 – Двосекційна лінія незмінної обробки фірми «Вакаяма»

- 1- розкатний пристрій;
- 2- плюсовка двохвальна;
- 3- повітряно-роликова сушильна машина 2-х секційна;
- 4- пристрій для виправлення перекосів уточнихниток;
- 5- сушильно-ширильна машина;
- 6- термокамера роликова;
- 7- комбінований вибірковий пристрій;
- 8- промивна ванна;
- 9- каланд

Істотними недоліками ліній незмінної обробки є великі габаритні розміри по довжині і досить високе споживання електроенергії, в той же час вони відрізняються високою якістю обробки, а також є можливість використання кожної секції індивідуально для інших видів оздоблення.

Таблиця 1.4 - Технічна характеристика двохсекційних ліній заключної обробки фірми «Вакаяма»

Технічна характеристика	2-х секційна лінія незмінної обробки		2-х секційна лінія вогнезахисної обробки	
	перша секція	друга секція	перша секція	друга секція
Робоча ширина, мм	1800	1800	1400	1400
Швидкість руху тканини, м/хв	20-80	20-80	20-80	20-80
Поверхнева щільність тканини, г/м ²	до 480	до 480	до 480	до 480
Питома витрата на 1000 тканини:				
• води, м ³	2,3	23	2,3	23
• пари, кг	0,867	1,053	0,760	0,552
• електроенергії, кВт*год	233,3	53,3	160	50
Габаритні розміри, мм				
• довжина	46700	44300	46700	32300
• ширина	5300	5300	4000	4000
• висота	5000	5000	5000	5000

В машині передбачено об'єднання засобів контролю та локальної автоматики в автоматизований технологічний комплекс з виходом на ПЕОМ

керуючого обчислювального центру, регулювання інтенсивності дії робочого органу на тканину, збір і відведення пуху і пилу від машини [2].

Маркування обладнання здійснюється таким чином:

- літерне позначення відповідає назві або призначенням машини;
- цифровий індекс характеризує машинні основні параметри (число робочих головних органів, завантаження, робочу ширину (см),);

- після індексу цифра відображає серію випуску;

- кінцева буква це приналежність до галузі:

Л – льон

П – пенька

Ш – шерсть

I - штучне волокно

Шл- шовк

У – універсальна

Т – трикотаж

М - модифіковане обладнання

1.3 Переваги та актуальність використання MONTEX 6000

Протягом десятиліть сушильно-ширильна машина Montex 6000 була синонімом першокласних технологій для досягнення найкращих результатів в кінцевій обробці ткані і трикотажної тканин.

Універсальний модульний принцип Monforts Stenter пропонує індивідуальну адаптацію до широкого спектра оздоблювальних ефектів. Та велику універсальність програм для обробки тканини.

Нові особливості роблять Montex 6000 більш економічним в експлуатаванні, більш універсальним у використанні і покращують його екобаланс. Додатково, є спеціальні рішення для процесу фарбування і більш вигідної обробки трикотажних тканин[14].

Система модульного типу для контролю? вимірювання, обліку і параметрів процесу критичних, таких як час витримки, різьба щільності, залишкової вологості, ваги на одиницю площі, контроль ширини виробу, і вологість витяжного повітря.

Для того, щоб забезпечити якість текстильної обробки, Mahlo переслідував ідею об'єднати найбільш важливий процес параметрів модульної

концепції з проектування та виробництва Optipac VMC-12 [14]. Враховуючи потребу контролювати різні технологічні змінні, концепція об'єднання декількох пристроїв в одному агрегаті просто має сенс і є більш економічно ефективною, ніж нанизування на окремі прилади.

Основні продуктивні характеристики:

- Модульна архітектура системи
- Простота в модернізації
- Інформаційний процес візуалізації
- Онлайн моніторинг і контроль всіх відповідних параметр

1.4 Вибір циркуляційних вентиляторів і парових калориферів

Продуктивність вентилятора залежить від швидкості обертання. Швидкість обертання вентилятора n_B об/хв приймається максимально можливою за умовами міцності і малошумності роботи. При безпосередньому з'єднанні вентилятора з електродвигуном число обертів вентиляторів повинно бути вибране з урахуванням існуючого ряду швидкостей обертання асинхронних електродвигунів (480, 570, 720, 960, 1440, 2880 об/хв). Для осьових вентиляторів може прийматися швидкість до 2880 об/хв, для відцентрових – до 2200 об/хв. З умови зниження шуму і досягнення більш високої довговічності можна приймати менші швидкості обертання вентиляторів. Однак використання знижених швидкостей (750 – 1500 об/хв) призводить до збільшення числа вентиляторів, їх розмірів і з цих міркувань знижувати число обертів нерационально [5].

Вентилятор зазвичай вибирається на продуктивність 10 - 15 тис. $\text{м}^3/\text{год}$ (крайні значення 4 – 20 тис. $\text{м}^3/\text{год}$). Велика продуктивність викликає утруднення при роздачі повітря до сопел - подовжується шлях повітря, секції виходить громіздкими. Менша продуктивність збільшує число повторюваних конструктивних елементів в машині і ускладнює її. Число повторюваних секцій в машині збільшується, розмір їх зменшується. Якщо передбачити при проектуванні машин транспортування готових секцій до споживача з

виготовленням і складанням секції тільки на заводі-виробнику, то застосування малих секцій (і вентиляторів) буде доцільно. Напір, створюваний вентилятором, повинен бути 80-120 мм вод. ст. Точне його значення H встановлюється із характеристики вентилятора при прийнятому числі оборотів n_B і максимальному значенні к. к. д. Ця ж точка визначає і точну продуктивність вентилятора V_B м³/год. Якщо витрата робочого повітря V_p , натиск H_p , то споживана вентилятором потужність:

$$N_p = \frac{V_p H_p}{3600 \cdot 102 \eta_B \eta_n} \text{ кВт} \quad (1.1)$$

На робочих характеристиках вентиляторів всі величини вказані для нормальних атмосферних умов: $p_6 = 760$ мм рт. ст.; $t = 20^\circ\text{C}$; $\varphi = 50\%$; $\gamma = 1,2$ кг/м³.

При цьому:

$$V_0 = V_p, \quad H_0 = H_p \frac{1,2}{\gamma_p},$$

$$N_0 = N_p \frac{1,2}{\gamma_p}$$

К. к. д. вентилятора η_B вказується на його характеристиці. К. к. д. передач: при муфтовому з'єднанні електродвигуна і вентилятора $\eta_n = 0,98$, при клінопасовій передачі $\eta_n = 0,95$, при плоскопасовій $\eta_n = 0,90$. Щільність γ_p повітря з температурою t і вологовмістом d підраховується за формулою:

$$\gamma = \frac{1}{v} = 0,289 \frac{p_6}{273+t} \cdot \frac{1000+d}{622+d} \text{ кг/м}^3$$

В сушильних машинах динамічний напір вентиляторів практично не використовується. Тому вибір і розрахунок вентилятора роблять тільки по максимальному статичному к. к. д. і статичному напорі:

$$H_{ст} = H - H_{дин}$$

$$\text{де } H_{дин} = \frac{v_B^2 \gamma}{2 \cdot 9,81} - \text{динамічний напір;}$$

v_B - вихідна швидкість вентилятора в м/сек.

На деяких характеристиках вентиляторів наводяться значення $H_{ст}$ і $\eta_{ст}$ по них і слід проводити розрахунок. Якщо в характеристиці вентилятора не наводиться $H_{ст}$, то остання величина обчислюється (вихідна швидкість вентилятора на характеристиках вказується). Максимальне значення статичного

к. к. д. відповідає повному максимальному к. к. д. при відповідному розході V_B .

Вибір парових калориферів. Для сушильних машин можна використовувати стандартні калорифери. По техніко-економічним показникам найкращим є калорифери пластинчасті з плоскими трубками типу STD (STD-3009 B), потім слідують калорифери зі спіральним оребренням трубок стрічкою типу КФСО і КФБО, і далі, пластинчасті калорифери з круглими трубками типу КФС і КФБ [5].

Калорифери зі спіральним оребренням більше схильні до засмічення і важче очищаються.

Гладкотрубні калорифери застосовувати не рекомендується в зв'язку з великими габаритними розмірами і високим споживанням вентиляційної потужності на одиницю переданого тепла.

Калорифер, встановлений в сушильній машині, вимагає різних витрат в залежності від співвідношення його висоти і площі з боку входу повітря при одному і тому ж тепловому навантаженні і кількості повітря, що пропускається. Зі збільшенням вхідної площі калорифера при зменшенні його висоти зменшуються витрати вентиляційної потужності на подолання опору калорифера, але внаслідок зростання об'єму калорифера (з падінням швидкості повітря падає коефіцієнт теплопередачі) зростає його вартість. Існує певне співвідношення висоти, ширини і довжини калорифера, при якому витрати в *грн/год* мають мінімальну величину. Такому компонованню відповідає певна швидкість проходу повітря через калорифер, що називається оптимальною. Навіть при певних даних на електроенергію, калорифер і значення оптимальної швидкості повітря в калорифері, встановленому в сушильній машині, як певної цифрової величини не існує. Значення оптимальної швидкості залежить від тиску пари в калорифері, температури повітря в сушильній машині, від коефіцієнта корисної дії вентилятора, його приводу, електродвигуна. Для конкретних умов на підставі техніко-економічних розрахунків можна визначити точне цифрове значення оптимальної швидкості при якій забезпечується мінімальні витрати на калориферно-вентиляційну групу. На графіку 1. наведені результати розрахунків витрат для трьох типів калориферів в залежності від

масової швидкості руху повітря через живий перетин калорифера для таких конкретних умов: кількість переданого тепла в калорифері 60000 ккал/год, розхід повітря 9000 м³/год, середня різниця температур між парою і повітрям 30°C. Криві зміни витрат при певній швидкості повітря мають мінімум. Цю швидкість повітря і слід вважати оптимальною. Невелике відхилення фактичної швидкості повітря від оптимальної не призводить до істотного збільшення затрат. З огляду на це, на основі проведених нами техніко-економічних розрахунків можна рекомендувати швидкість повітря в межах, близьких до оптимальних: для калориферів типу STD – 4,5-10,0 м/сек, КФС – 4,5-8,5 м/сек, КФСО – 3,5-5,5 м/сек. При оптимальній швидкості повітря затрати при установці калориферів типу КФСО на 20%, а типу КФС – на 50% вище, ніж при установці калориферів типу STD [5].

Для нестандартних пластинчастих або спірально-навивних калориферів може прийматися орієнтовно швидкість повітря в живому перетині калорифера - 5 м/сек .

2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

2.1 Технічна характеристика Montex 6000

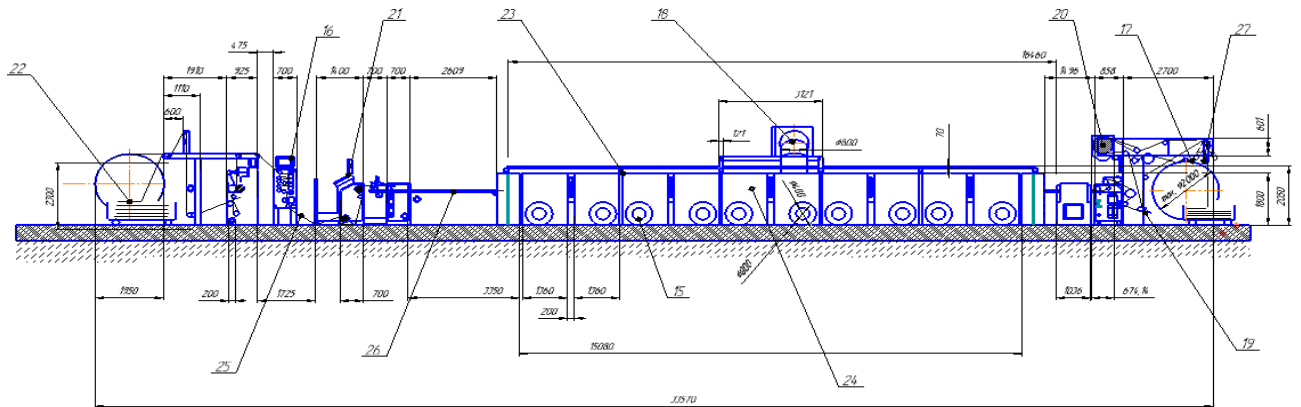


Рисунок 2.1 – Сушильно-ширильна машина Montex 600

До складу сушильно-ширильної машини входить:

- Заправний пристрій
- Лотковий компенсатор
- Просочувальна ванна з двохвальним віджимом (2 шт)
- Автомат правки
- Ввідне поле
- Сушильно-стабілізаційні секції (10 шт)
- Охолоджуючий пристрій
- Самоклад

Технічні характеристики :

1. Робоча ширина - 1800-3200 мм
2. Стандартна робоча швидкість - 2,5-50 м/хв
3. Максимальна температура - 250 °С
4. Кількість сушильних камер – 10
5. Потужність - 790 кВт

6. Максимальний розхід :

пари - 1200 кг/год

води - 0,02-0,26

2.2 Принцип сушіння тканини в сушильно-ширильній машині Montex 6000

Тканина з візка через заправний пристрій надходить у просочувальну ванну, де обробляється рідиною, що підігрівається глухим паром до температури 70-80 °С і звільняється від надлишку вологи з допомогою пари віджимних валів, що забезпечують рівномірність впливу. Для полегшення обслуговування і експлуатації просочувальна ванна може переміщатися по спеціальних ковзанках в бік від віджимних валів. [12]

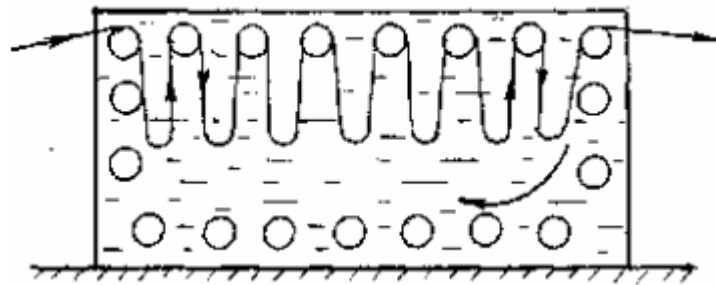


Рисунок 2.2 - Просочувальна ванна роликового типу

Віджата тканина через лоткові компенсатор і тянульні ролики подається до вступного поля. По краях вступного поля на рухливих рамах йдуть нескінченні ланцюги з голчастими ланками. З допомогою пристрою, званого кромкорозпрямляча, кромки тканини розкручуються і направляються датчиками на голки ланок. У разі відхилення кромки від нормального положення датчик передає сигнали на розвідний гвинт, за яким ланцюг відводиться в напрямку відхилення тканини. Це відбувається до тих пір, поки датчик не займе нормального для нього положення. Кромки, спрямовані на

голки, опускаються і притискаються до основи голок з допомогою круглих щіток.

При наколюванні кромки тканини на голки швидкість надходження полотна випереджає швидкість руху ланцюгів на 2-3%, і в силу цього довжина відрізка тканини, розміщеного між голками, більше відстані між ними. Пристрій, який розміщує полотно на голках ланцюга в надмірній кількості, називається механізмом випередження. У разі, якщо тканина з якихось причин не накололась на голки, спеціальним механізмом подається сигнал для зупинки машини.

Наколота тканина разом з ланцюгами вводиться в сушильну камеру. Шириння тканини забезпечується механізмом зміни розташування ланцюгів. Ланцюги у вступному полі розташовані не паралельно, а під кутом і поступово, розходячись у різні сторони, тягнуть за собою тканину по качку, усуваючи провисання і забезпечуючи шириння її на 3-4 см.

В сушильній камері ланцюга, слідуючи паралельно один одному по напрямних, кілька разів змінюють напрям руху за допомогою примусово обертових зірочок. Для попередження провисання тканини на поворотах, на осях зірочок насаджують телескопічні барабани, що складаються з трьох, що входять одна в іншу частин.

Одна зі стінок сушильної камери з укріпленими на ній направляючими ланцюгами по мірі необхідності може переміщатися відносно другої, паралельної їй, завдяки чому можна змінювати відстань між ланцюгами. Це дає можливість на одній і тій же сушильній установці обробляти тканини різної ширини. Величина відстані контролюється на табло і обмежується кінцевими вимикачами.

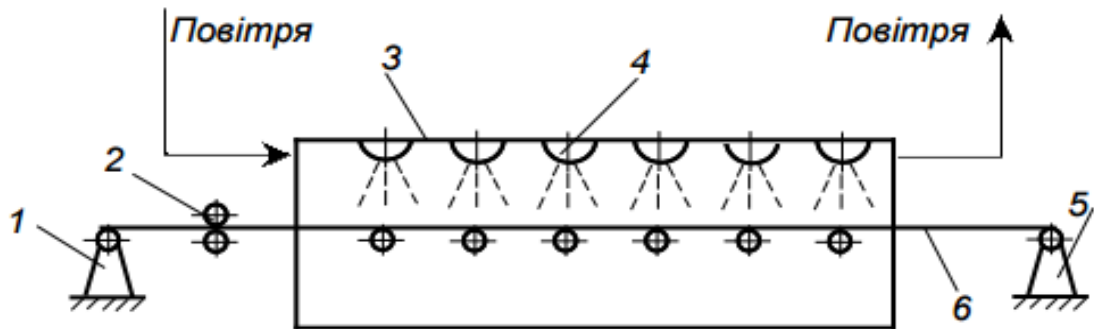


Рисунок 2.3 - Сушка з обдуванням повітрям із сопел: 1 – розмотувальний пристрій, 2 – наносний пристрій, 3 – камера, 4 – сопла, 5 – намотувальний пристрій, 6 – висушуваний матеріал

По довжині сушильна камера розділена на три секції (що відображено в марці машини). У кожній з них самостійно здійснюється підігрів і циркуляція нагрітого повітря, в результаті чого тканину висушується, вмощується по довжині за рахунок запасу між голками ланок і отримує задану ширину. Циркуляцію повітря в секціях забезпечують вентиляційні блоки, розташовані по обидві сторони камери. Кожен вентиляторний блок складається з чотирьох відцентрових вентиляторів, розташованих на вертикальній осі. Парові калорифери, розташовуються між вентиляційними коробами. Повітря, засмоктуване з приміщення знизу і нагріте в першому калорифері до температури 130°C , подається в напірні короба, звідки нагнітається в соплові коробки і через сопла перпендикулярними струменями надходить з двох сторін на тканину. Використання в циркуляційній системі соплових коробів з соплами у вигляді щілин збільшує доступну поверхню випаровування, підвищує коефіцієнт теплопередачі і тим самим інтенсифікує сушіння тканини. Відпрацьоване повітря знову підігрівається в калорифері і подається в наступні соплові коробки, які розміщені між вище розташованими ходами тканини і т. д. Витяжна вентиляція видаляє зволожене повітря з допомогою

вітрогінників і відцентрового вентилятора в атмосферу. Максимальна кількість повітря, що видаляється в годину становить 8000 м³. [12]

Остання гілка тканини, що виходить із сушильної камери, охолоджується холодним повітрям, що поступає назустріч з щілини у торцевій стороні камери.

Величина щілини регулюється заслінкою. Температура тканини на виході з камери не перевищує 35-40 °С.

По виході з сушильної камери тканина знімається з голок і укладається вибірконим пристроєм б у візок. Для полегшення сколювання кромки з голок на цій ділянці ланцюга зближуються. Звільнені ланцюга повертаються до вступного полю, щоб знову транспортувати наколоту на голки тканину через сушку.

На сушильній машині передбачені пристрої, що забезпечують централізовану змазку, автоматичне регулювання рівня розчину і температури у ванні, контроль швидкості руху тканини в залежності від її волого місткості на виході. Автоматичне регулювання температури в камері запобігає небезпеці пересушування тканин. Велика зручність у роботі створює забезпечення контролю і автоматичного регулювання подачі стисненого повітря притискним приладам і автоматичним пристроям. Спеціальний лічильник вказує на кількість висушеної тканини. Сушильна камера облицьована термоізоляційним матеріалом.

2.3 Камери сушки, стабілізації і охолодження

Основною частиною СШМ і СШСМ є її сушильні і стабілізаційні камери з закритим теплоізоляційним огороженням. Сушка або стабілізація в камерах здійснюється циркуляційною системою, яка складається з циркуляційних вентиляторів, парових або електричних калориферів, повітропроводів і повітряних коробів з соплами [5].

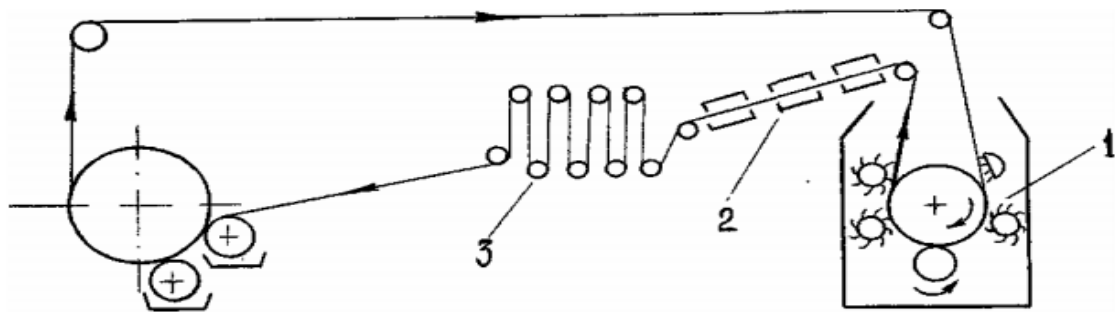


Рисунок 2.4 – Показано: 1 - очищення, промивання; 2 - сушка; 3 - охолодження.

Остов сушильно-ширильних-стабілізаційних машин складається із загального каркасу сушильних, стабілізаційних і охолоджувальних камер і рам вхідного і вихідного полів.

Основи однопольних машин виконуються з прокатної сталі малих номерів. Часто застосовується штампована сталь П-подібних профілів, що значно полегшує вагу остова і машини в цілому. Конструктивні виконання остовів не перешкоджає доступу до внутрішніх частин машини. При розігріві від 30 до 200°С в великих машинах довжина острова змінюється значно. Для запобігання небажаних температурних деформацій остов довгих однопольних машин значно змінюється. Для попередження небажаних температурних деформацій довгих однопольних машин має одну опору, зв'язану з фундаментом (мертву точку) зазвичай в кінці машини; інші опори остова здійснюються рухливими в поздовжних або поперечних напрямках. В деяких машинах з одного боку стойки остова можуть переміщатися тільки в поздовжньому напрямку, для чого на фундаментальних опорах встановлюються спеціальні обмежувачі. З іншого боку машини стійки остова встановлюються на рівні пластинки без обмежувачів. Всі рухомі частини та механізми машини конструюються і компонуються з урахуванням температурних деформацій машини[5].

Існує безліч типів циркуляційних систем СШМ. Кожна з них забезпечує двосторонній сопловий обдув тканини. Повітря забирається з сушильної камери центробіжними або осьовими вентиляторами і через систему калориферів, повітропроводів і сопел подається на тканину. Іноді обмеження камер забезпечується для підсосу свіжого повітря жалюзійними отворами, розташованими в нижній або бічній частині машини. Викид надмірної пароповітряної суміші проводиться з верхньої частини камер спеціальними витяжними вентиляторами.

У багатьох машинах застосовані осьові вентилятори, встановлений вертикально на стельовій частині шатра або на бічній частині камери. В інших машинах повітря нагнітається центробіжними вентиляторами. При установці одного вентилятора повітря поступає після вентилятора в загальним повітропровід, які потім розділяється на верхній і нижній; в інших машинах повітря подається на лицьову і виворітну сторону тканини від різних вентиляторів.

Іноді циркуляційні вентилятори встановлюється на фундаменті, завдяки чому значно зменшується передача вібрації на острів, поліпшуються умови роботи великих ланцюгів і напружених, зменшується шум.

Раціональна конструкція і компоновка циркуляційного контуру визначають досконалість конструкції сушильної і цивілізаційної камер, простоту обслуговування і надійність роботи основних частин і механізмів машини.

Найбільш громіздкими і металомісткими є схеми тепловентиляційних систем з одним з осьовим вентилятором, розташованим вертикально на стелевій частині шатра. Незалежно від місця положення вентилятора (по центру машини або збоку) повітряпровід займає весь об'єм камер, перегороджуючи доступ до внутрішніх частин машини.

Більш компактні машини з бічним розташуванням осьових і відцентрових вентиляторів.

Крім того, в цих машинах скорочується зона розрідження, стикаються з теплоізоляційним шатром, що сприяє зменшенню подсосів холодного повітря. Для поліпшення доступу до внутрішніх частин камер в деяких машинах передбачено підйом за допомогою двигуна стельового щита кожної секції разом з укріпленнями на ньому верхніми повітряпроводами. Іноді права і ліва частини циркуляційного контуру включає вентилятори, які приводять їх електродвигуни, калорифери, фільтри та ін., разом з тепловою ізоляцією розсуваються в сторони при необхідності огляду або ремонту. Центральна частина машини і при цьому залишається нерухомою.

Центробіжні вентилятори можуть монтуватися, як і осьові, на одному валу електродвигуном, що збільшує надійність роботи машини, зменшує додаткові механічні втрати, знижує габаритні розміри, збільшує економічність, покращує зовнішній вигляд машини.

Застосовуються також центробіжні вентилятори з двостороннім всмоктуванням. Компоновка вентиляторів з загальним валом уздовж машини відрізняється простотою, зручністю монтажу обслуговування і ремонту. Однак тут підшипники вентилятора працюють у важких температурних умовах, що викликає необхідність їх централізованого охолодження.

В машині з циркуляційним контуром кожні 6 вентиляторів (з дванадцяти встановлених в шестисекційній машині) працюють від одного електродвигуна. Вал вентиляторів складається з окремих ділянок, з'єднаних між собою муфтами.

В інших машинах на одному валу змонтовано по чотири центробіжних вентиляторів. Кожен вентилятор нагнітає повітря в окрему соплову коробку. Вентилятори зустрічного циркуляційного контуру розташовані в нижній частині секції. Таким чином, повітря здійснює короткий шлях в циркуляційному контурі, що скорочує втрату напору вентилятора і збільшує ефективність роботи тепловентиляційної системи.

Для приводу циркуляційних вентиляторів часто встановлюються

двохшвидкісні електродвигуни змінного струму. Максимальна швидкість потрібна для інтенсивного обдування тканини в режимі сушки, мінімальна для розігріву машини і здійснення режиму стабілізації.

Тепловентиляційні системи відрізняються типом сопел.

Для кращого використання вентиляційної потужності щілини сопел часто виконується розсувними (телескопічними). Довжина щілин сопла змінюється в відповідності до відстані між щілинами (тобто шириною тканини). Сопла з круглими отворами нерідко виконуються у вигляді так званих сітчастих. Соплові коробки в цьому випадку мають кілька рядів отворів, що утворюють сітку.

На відміну від щілинних дірчасті сопла не можуть виконуватися розсувними. Тому вони розміщуються на великій відстані від тканини (для проходу великих ланцюгів). Це знижує їх ефективність. Однак щілинні телескопічні сопла, розміщені між великими ланцюгами поблизу тканини, складніші в виготовленні.

Конструктивно соплові коробки іноді виконуються у вигляді окремих знімних рукавів, які виходять із загального нагнітального короба або кожуха циркуляційного вентилятора[5].

В циркуляційних системах багатопольних машин повітря подається осьовим або центробіжними вентиляторами на тканину через сопла, або загальним потоком вздовж або в поперек полотна тканини.

Найбільш часто в сучасних машинах застосовуються циркуляційні схеми з тепловим обдувом тканини при швидкості повітря на виході з сопел близько 15-20 м/с. Центробіжні вентилятори цих машин встановлюються блоками по чотири вентилятора двостороннього всмоктування, змонтованих на одному вертикальному валу. В загальному випадку кількість вентиляторів на одному валу встановлюється в залежності від числа полів або заходів тканини.

Недоліком таких схем є те, що вал вентиляторів знаходиться в зоні

високих температур: необхідні спеціальні ущільнення підшипників вала для запобігання потрапляння мастила підшипників на тканину, утруднено обслуговування машини.

Машини із загальним обдувом тканини менш ефективні, ніж соплові.

Осьові вентилятори можуть монтуватися на горизонтально розташованих осях по всій довжині машини. Однак в більшості випадків вони монтуються на вертикальних осях.

Спроба винести підшипники вентиляторів з камери сушки ускладнює конструкцію теплоізоляційної огорожі. При цьому зменшується рівномірність обдуву тканини, так як від одного вертикально розташованого осьового вентилятора повітря надходить одночасно до трьох полів тканини і в цьому випадку важко забезпечити рівномірність розподілу повітряних потоків по поверххах сушки.

Є також схеми багатопольних машин, в яких між рухомими полотнами тканини утворюються зони нагнітання і зони розрідження, завдяки чому повітря частково проникає через полотно тканини, збільшуючи інтенсивної сушки.

Витяжна вентиляційна система СШМ служить для створення розрідження в камері сушки, зменшення вмісту вологи сушильного агента і організованого викиду в атмосферу пароповітряної суміші, забрудненої продуктами розпаду високомолекулярних апретів та ін.

Різниця в схемах вентиляції по викидам полягає лише в числі встановлених в машині вентиляторів. Природно, різні і конструкція вентиляційних агрегатів, повітропроводів і регулюючих шиберів.

В режимі стабілізації необхідний велике відсмоктування забрудненого повітря з машини. Тому в стабілізаційних машинах проводиться відсмоктування з кожної секції машини[5].

За технологічними умовами в усіх машинах, де відбувається стабілізація, необхідне інтенсивне охолодження тканини на виході зі

стабілізаційних камер. Охолодження тканини бажано і після сушки. Охолоджувальні камери виконуються у вигляді секцій однотипних з секціями стабілізаційних камер, або у вигляді простих пристроїв. Пристрій для охолодження тканини виконується у вигляді закритої секції, відпрацьоване повітря з якої повинен викидатися в атмосферу за межі цеху. Повітря забирається в основному з приміщення цеху через вихідну щілину осьовим вентилятором, що приводиться від двигуна змінного струму через передачу. Вентилятор нагнітає повітря в верхню і нижню соплові коробки, який через сопла подається на полотно. Відпрацьоване частково підігріте повітря викидається центробіжним вентилятором.

2.4 Гіротермічна рівновага текстильних волокон

Здатність різних речовин поглинати пари води називається гігроскопічністю. Вологість волокна при відносній вологості повітря $\varphi = 1$ називається гігроскопічною вологістю. Вона характеризує максимальну сорбційну ємність колоїдного тіла.

При вологості матеріалу вище гігроскопічної тиск пари над поверхнею матеріалу P_m рівний тиску насиченої пари води при температурі матеріалу і не залежить від його вологості[1].

Якщо вологість матеріалу менша гігроскопічної, то тиск пари повітря над поверхнею матеріалу нижчий ніж тиск насиченої пари води і є функцією вологості і температури матеріалу.

Вологовміст матеріалу при зволоженні намоканням завжди вищий від гігроскопічного вологовмісту.

Капілярно-пористі колоїдальні тіла в різних технологічних процесах піддаються впливу тепла і рідини (гідротермічна обробка), тепла і пари (гіротермічна обробка). В стані рівноваги з оточуючим вологим повітрям

температура тіла рівна температурі повітря , а тиск пари в матеріалі P_m рівний

парціальному тиску пари в повітрі P_n .

Рівноважна вологість матеріалу залежить від температури, вологості оточуючого повітря і від способу досягнення рівноваги (десорбція – сушіння або сорбція – зволоження). Відносна вологість повітря φ рівна відношенню кількості водяної пари в одиниці об'єму вологого повітря в заданих умовах до максимально можливої концентрації водяної пари при тій же температурі і при безперечно барометричному тиску [1]:

$$\varphi = \frac{P_n}{P_n} = \frac{P_m}{P_n} = \frac{P_m}{P_p} \quad (2.1)$$

де P_p – тиск пари рідини ;

P_n – тиск насиченої пари при даній температурі

В стані рівноваги вологовміст тіла однаковий по всьому його об'ємі. Середній інтегральний вологовміст рівний вологовмісту влюбій точці.

В даний час теорія явищ сорбції і десорбції не дає строго аналітичного рішення питання про єдність різних видів зв'язку вологи з матеріалом, тому важливого значення набуває емпіричне співвідношення між рівноважним вологовмістом і відносною вологістю повітря. Б. А. Поснов дає наступну емпіричну залежність :

$$\frac{1}{\omega_p} = \frac{1}{\omega_c} + B \ln \varphi \quad (2.2)$$

де ω_p – рівноважний вологовміст , % ;

ω_c – максимальний гігроскопічний вологовміст, % ;

B – коефіцієнт, залежний від температури ;

φ – відносна вологість повітря

Це співвідношення справедливе в інтервалі $0,1 \leq \varphi \leq 1,0$.

Максимальний приведенний гігроскопічний вологовміст і коефіцієнт B задані в табл. 2.1

Таблиця 2.1

Матеріал	t, °C	ω_c , %	B, l/%
Бавовна-сирець	–	21,7	0,15
<u>Бавовняно-паперовий</u>	–	13,9	0,13
Ляна пряжа	–	13,9	0,07
Джут	24	25,0	0,08
Шовк-сирець	24	19,2	0,08
Вовна	–	31,2	0,67
Комплексні нитки:			
• ацетатні	–	9,07	0,40
• віскозні	–	17,8	0,07
• мідно-аміачні	–	18,2	0,08
• <u>нітроцелюлозні</u>	–	17,8	0,07
Шовк натуральний	–	18,2	0,08
Скляне волокно	24	4,34	3,18
Азбестове волокно	24	1,00	0,21
Вата гігроскопічна	–	28,6	0,03
Скляна вата	–	0,62	4,92

2.5 Сорбційні властивості волокон

Сорбція – складне фізико-хімічне явище поглинання газів, парів та розчинених речовин твердими тілами або рідинами. Окремий випадок сорбції – поглинання текстильними матеріалами із оточуючого середовища парів води.

При певних умовах оточуючого середовища і при даному вмісті в волокнах водяних парів може протікати процес сорбції – подальшого поглинання водяних парів або зворотній процес – віддачі парів води в оточуюче середовище, десорбції. Коли волокна попадають із середовища з меншою відносною вологістю в середовище з більшою відносною вологістю, починається процес поглинання водяних парів зовнішньою поверхнею волокон за рахунок насичення неврівноважених сил міжмолекулярної

взаємодії. Цей процес називається адсорбцією. [1]

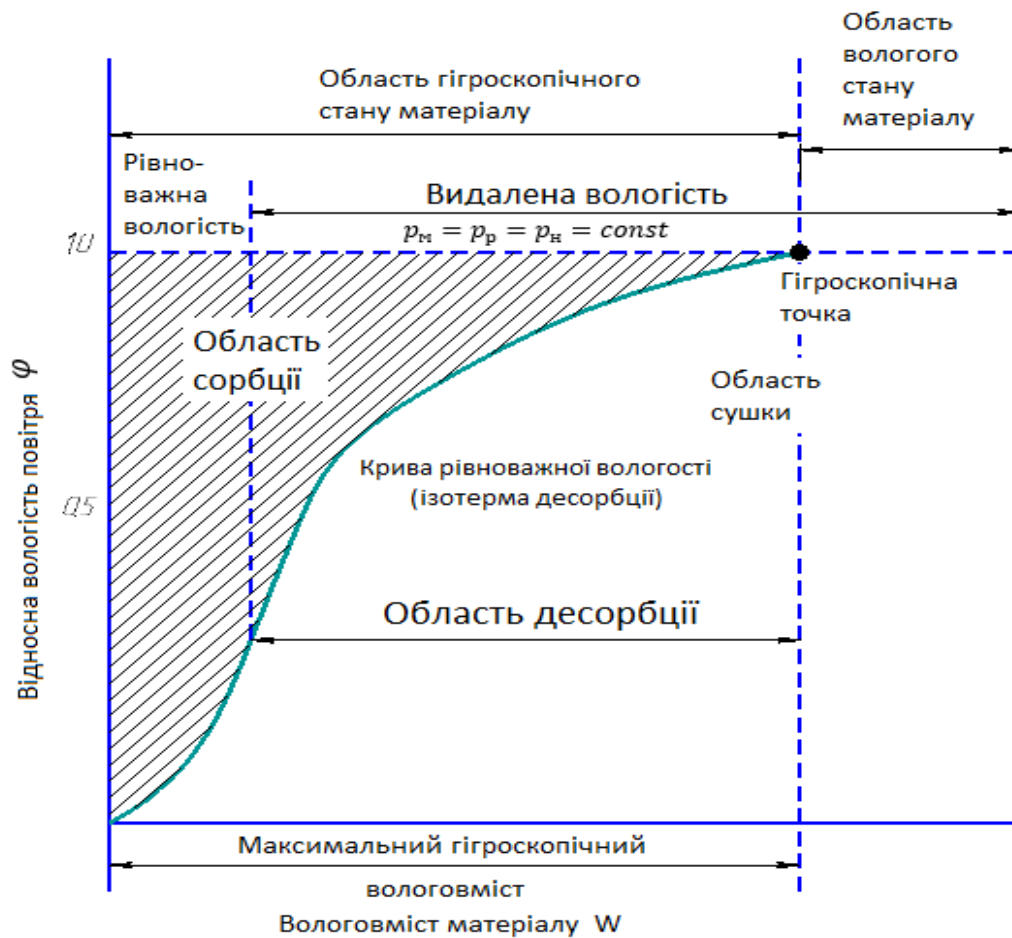


Рисунок 2.5 – Графік зміни стану вологого матеріалу в процесі сушіння

p_n – тиск насиченої пари при температурі матеріалу ;

p_p – тиск пари рідини ;

p_m – тиск пари на поверхні матеріалу

Вологість матеріалу, відповідна сорбційній рівновазі, називається рівноважною вологістю.

При зміні параметрів середовища вміст водяних парів на зовнішній поверхні волокон протягом декількох секунд приходить в рівновагу з оточуючим середовищем. Проникання молекул води в середину структури в міжмолекулярний простір, тобто абсорбція, здійснюється значно повільніше. Отже, справжня сорбційна рівновага може бути досягнена тільки після дуже довгого витримування матеріалу в одних і тих самих атмосферних умовах.

Оскільки умови оточуючого середовища постійно змінюються, то матеріали не досягають справжньої рівноваги вологості, тому практично мають на увазі умовну рівноважну вологість, близьку до справжньої. Зазвичай пухка волокниста маса досягає умовної рівноважної вологості за 2 - 6 годин, нитки – за 6 - 8 годин.

На рис. 2.5 представлено графік зміни стану вологого матеріалу в процесі сушіння. Із нього видно, що правильний процес сушіння повинен бути організований так, щоб не переходити криву рівноважної вологості, яка визначається атмосферними параметрами і хімічними властивостями даного волокна.

Перехід в область сорбції може мати наступні наслідки [1] :

- руйнування фізико-хімічних властивостей волокна, що спричинить брак у виробництві.
- після сушіння волокно відновлює рівноважну вологість шляхом сорбування парів вологи із атмосфери, що викликає зайві витрати на процес сушіння.

Відомо, що ізотерми сорбції і десорбції співпадають тільки при крайніх точках значення відносної вологості повітря при $\varphi = 0$ і $\varphi = 1$.

Причому ізотерма сорбції лежить вище ізотерми десорбції. Це явище називають гістерезісом сорбції.

- Різниця між вологістю при сорбції і десорбції становить (%) :
- Бавовняне волокно – 0,9
- Мерсеризована бавовна – 1,5
- Віскозне волокно – 1,8
- Ацетатне волокно – 2,6
- Шерсть і натуральний шовк – 1,2
- Нейлон – 0,25

Це необхідно враховувати при зволоженні волокна в камерах кондиціонування.

Особливо варто врахувати, що ізотерми сорбції і десорбції будуть суттєво відрізнятися для бавовни-сирця і бавовни, обробленої лужним розчином. Очищена бавовна поглинає менше води, ніж бавовна-сирець. Це пояснюється тим, що при цьому видаляються деякі нецелюлозні гігроскопічні домішки.

На сорбційну властивість бавовни впливає багато видів обробки. Так, сушіння при високій температурі дещо знижує здатність до поглинання води.

Найбільший вплив на здатність до сорбції надає мерсеризація, після якої поглинання води волокном при певній пружності пара підвищується приблизно на 50%.

При десорбції взірець, попередньо оброблений водою, при більш високих ступенях зволоження утримує більшу кількість води, ніж взірець, попередньо оброблений насиченою парою.

В табл. 2.2 приведена кондиційна вологість текстильних волокнистих матеріалів, встановлених ДСТУ, а в табл. 2.3 – рівноважний вологовміст (%) текстильних волокон в залежності від вологості повітря при постійній температурі 24°C.[1]

Таблиця 2.2

Матеріал	Вологість, %	ГОСТ
Бавовняне волокно	8	3279 – 53
Льон тіпаний	12	10330 – 63
Ляне волокно	12	9394 – 60
Вовна мита	17	6327 – 52
Вовна заводська	15	7737 – 55
Віскозне штапельне волокно	12	10546 – 63
Мідно-аміачне волокно	12,5	8937 – 58
Ацетатне	7	9513 – 60
Лавсанове волокно	1	10435 – 63

2.6 Вплив температури і вологості на якість текстильних волокон

Температура агента сушки в конвективних сушках, температура нагрітої поверхні при контактній сушці, а також температура випромінювання при радіаційній сушці є найбільш ефективним засобом інтенсифікації процесу сушіння. Проте термолабільність текстильних матеріалів обмежує застосування дуже високих температур. Оскільки збережені якості висушеного матеріалу – обов'язкова умова при проектуванні сушильних пристроїв, то необхідно знати, як впливає температура на якість текстильних матеріалів.

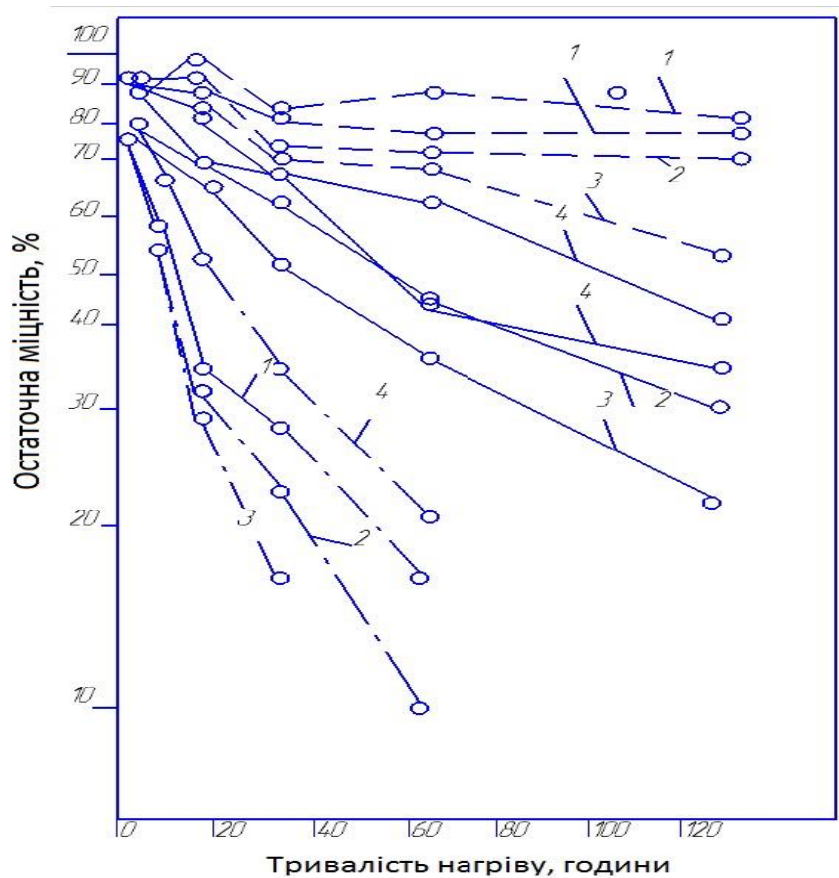


Рисунок 2.6 – Зміна міцності одиничного бавовняного волокна в залежності від тривалості нагріву в різних умовах

Таблиця 2.3

Луб'яні волокна	сизаль	3,5	4,9	5,7	6,7	8,0	9,6	11,3	13,1	15,3	–
	льон	–	–	–	7,2	8,3	10,1	11,7	13,6	16,4	>25
	маніла	3,0	4,7	5,8	7,0	8,5	10,1	11,9	13,8	15,9	>25
	пенька	–	–	–	8,4	9,1	10,8	12,7	14,4	18,6	–
	джут	3,0	5,0	7,4	8,9	10,4	12,0	14,2	16,8	20,0	>25
	кенаф	–	–	–	9,4	10,1	12,4	14,7	17,3	22,5	>25
Скляне волокно		0,10	0,15	0,19	0,22	0,22	0,23	0,25	0,30	0,40	–
Вовна натуральна		4,70	7,00	8,90	10,80	12,80	14,90	17,20	16,90	23,40	–
Шовк-сирець		3,80	5,50	6,80	8,00	9,25	10,45	12,20	15,00	19,50	–
Натуральний шовк		3,20	5,50	6,90	8,00	8,90	10,20	11,90	14,30	18,80	–
Комплексні нитки	поліамідні	1,1	1,4	1,7	2,3	2,8	3,4	4,1	5,1	5,7	–
	нітроцелюлозні	2,60	4,85	6,50	7,55	8,70	10,80	12,30	13,90	16,40	–
	мідноаміачні	4,00	5,70	6,80	7,90	9,20	10,80	12,30	13,90	16,40	–
	віскозні	–	–	7,60	–	9,40	–	12,90	–	16,80	–
	ацетатні	0,80	1,10	1,40	1,90	2,40	3,00	3,60	4,30	5,3	–
Бавовна сирець		2,00	3,50	4,70	5,50	6,50	8,00	10,70	–	–	–
Вологість повітря, %		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

Нагрів волокон і пряжі викликає постійні втрати міцності на розрив,

видовження при розриві і ступені полімеризації як бавовняного, так і хімічних волокон. Нагрів зменшує здатність целюлози абсорбувати вологу і барвники, збільшує міцність, змінює *pH* і електропровідність. Ці зміни непомітні при температурі **100°C**, але швидко зростають при подальшому підвищенні температури[1].

Якщо визначити ступінь руйнування волокна по графіку на рис. 2.6 для тривалості нагріву 30 год., то отримаємо наступні дані, приведені в табл. 2.3

Таблиця 2.4

Температура повітря, °C	Остаточна міцність, %, при відносній вологості повітря, %		
	3	16	47
110	82	80	75
138	65	–	55
162	32	25	17

Криві 1 (рис. 2.6) побудовані для відносної вологості 3%, криві 2 – 16%,

Криві 3 – 47% і криві 4 – для відносної вологості 100%. Всі криві , позначені суцільною лінією, побудовані для температури повітря **100°C**, пунктирні криві – для температури **138°C**, штрихпунктирні криві – для температури **162°C**. [1]

При вологості повітря 100% і відсутності кисню значно скорочується ступінь руйнування. Дані про термостійкість текстильних волокон наведені в табл. 3.5.

Інтенсивність конвективної сушки визначається рівнянням балансу тепла :

$$\alpha \cdot (t_c - t_n) = rj_n + c\rho_0 \cdot R\vartheta dt/d\tau \quad (2.3)$$

де α – коефіцієнт теплообміну ;

t_c – температура оточуючого середовища ;

t_n – температура поверхні матеріалу ;'

Таблиця 2.5

Волокно	Температура повітря, °С	Характеристика стану волокна
Бавовна	100	Втрата міцності 25% при нагріві більше 5 годин
Льон	160	Руйнується
	120	Початок втрати міцності
Вовна	160	Руйнується
	150	Втрата міцності 25% при тривалому нагріві
	250-300	Обвуглюється
Шовк натуральний	140	Втрата міцності 22%
Хімічні волокна :		
○ віскозне	170	Розкладається
	120	Початок втрати міцності
	180	Розкладається, обвуглюється
○ ацетатне	140	Втрата міцності 45%
	210-250	Розкладання, плавлення
○ лавсанове	140	Втрата міцності 32-44%
	235-255	Розкладання, плавлення
Поліакрилонітрильне	140	Втрата міцності 30-48%
	235	Розм'якшується
Вінол	180	Втрата міцності 35% (при тривалому нагріві)
	180-220	Розм'якшування
	220-240	Плавлення
Поліетиленове	80	Втрата міцності до 80%
	118-132	Розм'якшування, плавлення
Хлорин	70-80	Початок втрати міцності
	95-100	Розм'якшується
Капрон	100	Початок втрати міцності
	200	Розм'якшення
	196-216	Плавлення

r – прихована теплота випаровування ;

$j_{\text{п}}$ – інтенсивність випаровування ;

c – питома теплоємність матеріалу ;

ρ_0 – густина матеріалу ;

$R\vartheta$ – величина, що характеризує відношення об'єму матеріалу до його поверхні ;

τ – час

Тепло, отримане в сушильній машині, витрачається на випаровування вологи і нагрів самого матеріалу. Тепло, що витрачається на нагрів матеріалу, дуже мале і ним можна знехтувати.

При цьому j_{π} наближено можна визначити із формули :

$$j_{\pi} = \frac{\alpha}{r} \cdot (t_c - t_{\pi}) = a_m \rho_0 (\nabla u + \delta \nabla t)$$

(3.12)

де α_m – коефіцієнт дифузії вологи;

∇u – градієнт вологовмісту матеріалу;

δ – відносний коефіцієнт термодифузії;

∇t – градієнт температури.

Таким чином, інтенсивність сушки визначається добутком різниці температури агента сушки t_c і температури поверхні висушуваного матеріалу t_{π} на коефіцієнт теплообміну α , що залежить від гідродинамічного потоку, фізичних властивостей нагрітого агента сушки і вологовмісту матеріалу. Але інтенсивність сушки залежить від інтенсивності подачі вологи з внутрішніх шарів матеріалу до поверхні, тобто від коефіцієнту дифузії вологи α_m і радієнту вологовмісту ∇u (градієнт температури ∇t направлений в зворотню сторону).

При м'якому режимі сушки, коли інтенсивність випаровування не випереджає дифузю вологи до поверхні випаровування, температура поверхні матеріалу рівна температурі мокрого термометра t_m .

$$t_m = t_{\pi} < t_c$$

Відповідно, викладене може бути справедливим тільки для першого періоду сушки. Як відомо, в другому періоді випаровування випереджає

дифузію і температура поверхні швидко росте.

На рис. 2.7 представлені графіки зміни температури шару фарбованої бавовни в процесі сушіння, отримані експериментально.

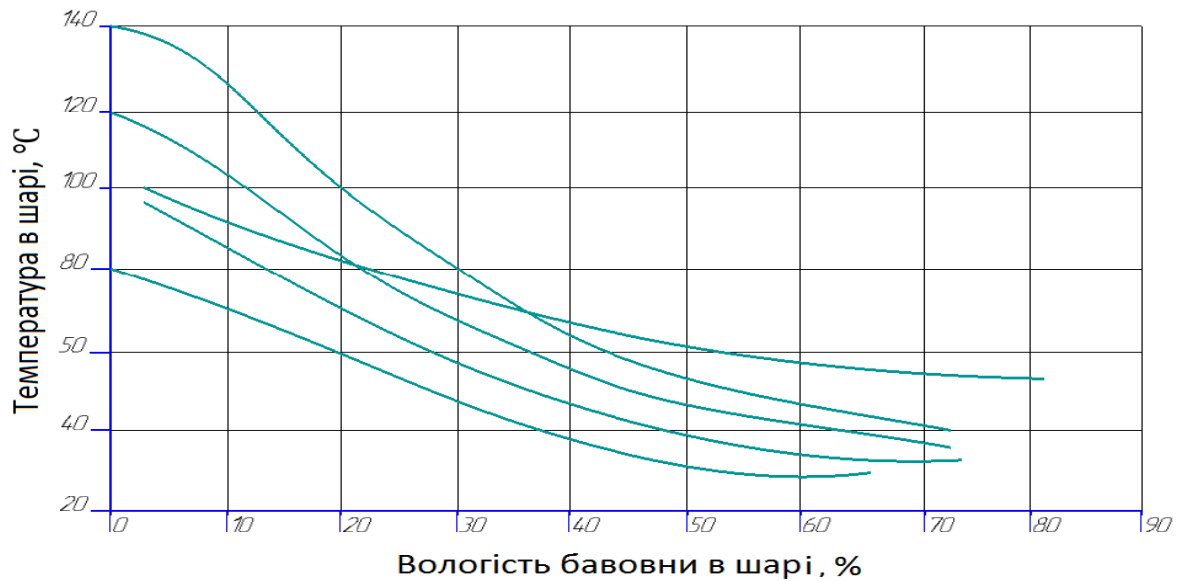


Рисунок 2.7 – Криві зміни температури шару бавовни в процесі сушіння

Вони підтверджують теоретичне положення про те, що в перший період сушіння температура матеріалу (при м'ягкому режимі сушіння) не підвищується температура мокрого термометра, в цей час як в другому періоді сушіння температура t_n швидко росте, наближується до температури t_c

(табл. 2.6)

Таблиця 2.6

ω , %	t_c , °C	t_n , °C	t_c , °C	t_n , °C
60	140	44	80	30
35	140	65	80	42
8	140	130	80	75

Таким чином, при виборі режиму сушіння і конструкції сушильної машини можна застосовувати дуже високі температури в першому періоді сушки (наприклад, при $t_c = 400^\circ\text{C}$, $d = 100$ г на 1 кг сухого повітря,

$t_n = t_m = 73^\circ\text{C}$), якщо не буде порушена закономірність: дифузія повинна бути інтенсивніша ніж швидкість випаровування. В протилежному випадку температура буде зростати що визве пошкодження волокон . [1]

3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1 Механізм і кінетика процесу конвективного сушіння тканини

При конвективному сушінні тепло тканини передається від нагрітого повітря або продуктів згорання палива. Оскільки процеси сушіння повітрям і димовими газами практично нічим не відрізняються, то далі під терміном “повітря” розуміється як повітряно-парове середовище, так і суміш продуктів спалювання палива, повітря і пари.

При конвективному сушінні пароутворення на початку йде на відкритих поверхнях полотна тканини. До цих відкритих поверхонь підводиться волога з внутрішніх шарів. При великій вологості матеріалу тиск пари на поверхні матеріалу рівний тиску насиченої пари при температурі поверхні.

Різниця тиску пари над поверхнею матеріалу і в обдуваючому повітрі обумовлює дифузію парів в повітря. В міру видалення вологи глибина зони пароутворення на поверхнях полотна збільшується. З пониженням вологості окремих ділянок поверхневого шару нижче гігроскопічної відбувається зменшення тиску парів на цій поверхні відповідно кривої рівноважної вологості. При цьому вологість в середині матеріалу залишається більш високою. Видалення пари з внутрішніх шарів матеріалу відбувається за рахунок дифузії, ефузії, градієнта загального тиску і явища теплового ковзання.

Швидкість сушіння тканини з самого початку зменшується, що обумовлено поступовим підсиханням на велику глибину і все більшою кількістю виступаючих елементів нерівної поверхні тканини.

На графіку 3.1 приведена крива 1 сушки і температурна крива 2 тканин при конвективному способі сушіння.

На ділянці *I* відбувається розігрів тканини та випаровування вологи з виступаючих волокон і ниток. Оскільки фактична поверхня випаровування в цей момент велика, більша видимої геометричної поверхні тканини, швидкість падіння вологості тканин також дуже велика [5].

На ділянці *II* відбувається випаровування вологи в поверхневому шарі при підводі рідин зсередини. На ділянці *III* відбувається різке поглиблення поверхні випаровування і видалення зв'язаної вологи з внутрішніх шарів матеріалу.

Розбиття по ділянках проведено умовно, так як ясно виражений границь між ними немає. При конвективному сушінні температура тканини спочатку дуже швидко піднімається до температури, рівної температурі мокрого термометра, потім починається повільний підйом температури і при повному висиханні температура тканини порівнюється з температурою обдуваючого повітря (при відсутності випромінювання). Наведена температурна крива характеризує середню температуру тканини. В дійсності тканина по товщині не має однакової температури: в поверхневих шарах температура вища, ніж в середніх. При сушінні грубої тканини або тканин пухкої структури поверхневі шари або виступаючі волокна і нитки можуть висохнути і нагрітися до температури повітря, в той час як внутрішні волокна залишатимуться ще вологими і матимуть більш низьку температуру.

Дослідження показали, що узагальнення дослідних даних з кінетики сушки можливі, якщо ці дані висловити в безрозмірних величинах.

Відносна швидкість сушіння:

$$\psi = \frac{d\omega}{d\tau} : \left(\frac{d\omega}{d\tau} \right)_{\omega=\omega_n} = \frac{d\omega}{d\tau} \cdot \frac{1}{N_n} ,$$

де $\frac{d\omega}{d\tau}$ - швидкість сушіння (% в сек) в момент видалення вологості ω (швидкість сушіння визначається, як тангенс кута між дотичною і кривою сушки в точці з вологістю ω і віссю абсцис);

$$N_n = \left(\frac{d\omega}{d\tau} \right)_{\omega=\omega_n}$$

N_n - швидкість сушіння в момент видалення вологості ω_n , так званою вологістю приведення.

Відносна вологість :

$$E = \frac{\omega}{\omega_n}$$

Незалежно від режиму сушіння дослідні точки в координатах $\psi = f(E)$ складаються на одну криву.

Для тканини ця крива може бути виражена функцією виду

$$\psi = \frac{E}{(1-a)+aE}, \quad (3.1)$$

де a - постійна для даного способу сушіння величина.

Розкриваючи і перетворюючи рівняння (2.2), отримаємо :

$$\begin{aligned} \frac{d\omega}{d\tau} \cdot \frac{1}{N_n} &= \frac{\omega}{(1-a)\omega_n+a\omega}; \\ \frac{(1-a)\omega_n+a\omega}{N_n\omega} d\omega &= d\tau; \\ \frac{(1-a)\omega_n}{N_n} \cdot \frac{d\omega}{\omega} + \frac{a}{N_n} d\omega &= d\tau. \end{aligned}$$

Інтегруючи останній вираз в межах ω_1 , ω_2 і 0, τ , отримуємо формулу для визначення часу τ при сушінні тканини від вологості ω_1 до вологості ω_2 :

$$\tau = \frac{1}{N_n} \left[2,3(1-a)\omega_n \lg \frac{\omega_1}{\omega_2} + a(\omega_1 - \omega_2) \right]$$

або, виносячи за дужки a і позначаючи:

$$\frac{a}{N_n} = F, \quad \frac{2,3(1-a)\omega_n}{a} = A,$$

Отримаємо формулу Г.К. Филоненко:

$$\tau = F \left(A \lg \frac{\omega_1}{\omega_2} + \omega_1 - \omega_2 \right) \quad (3.2)$$

Маючи лише одну криву сушіння, можна встановити конкретний вид залежності (2.2) і, отже, A . Потім проводячи одноразові дослідні сушки тканини при різних режимах, встановлюють із формули (2.3) значення F для

цих режимів. Функціональна залежність F від режимних параметрів сушіння (швидкості, температури і вологості повітря) виявляється на основі отриманих даних звичайними методами [5].

Оскільки графічне диференціювання не відрізняється великою точністю, рекомендується безпосередньо по наявній кривій сушіння встановлювати залежність (2.3), а не (2.2)

Розділивши рівняння (2.3) на τ , після перестановки членів отримаємо:

$$\frac{\omega_1 - \omega_2}{\tau} = -\frac{A}{\tau} \lg \frac{\omega_1}{\omega_2} + \frac{1}{F}$$

Позначимо:

$$Z = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\tau}; \quad X = \frac{1}{\tau} \lg \frac{\omega_1}{\omega_2}$$

Тоді:

$$Z = -AX + \frac{1}{F}$$

В координатах $Z = f(X)$ це рівняння прямої лінії, для якої легко визначається значення $1/F$ (відрізок, відсікаємий на осі ординат) і A (тангенс кута нахилу прямої лінії).

Якщо відомо A , то може бути визначений і вид узагальненої характеристики кінетики сушіння $\psi = f(E)$, в якій:

$$a = \frac{1}{1 + \frac{A}{2,3\omega_n}}$$

Значення наведеної вологості ω_n слід приймати досить високим (~100%). При наявності на кривій сушіння періодів постійної і падаючої швидкості сушки за ω_n приймається критична вологість ω_k , при якій починається період падаючої швидкості. Г. К. Філоненко в лабораторних дослідах отримав для бавовняної тканини $\omega_k = 105\%$.

Викладений метод дозволяє узагальнювати експериментальні дані в порівняно простих формулах, що вимагають обмеженого числа дослідних

даних для їх встановлення і в той же час досить добре відображаючих процес сушіння.

В практиці можуть зустрітися випадки, коли значення постійної a в формулі (3.2) буде залежити від режиму сушіння. При перевірочній побудові всіх дослідних точок в координатах $\psi = f(E)$, або $\omega = f(\tau/E)$ це висловитися великим розкидом точок, не допускаючим їх усереднення одної кривої без істотного зниження точності шуканої аналітичної залежності. В цьому випадку доводиться приймати коефіцієнти з формули (2.2), або A з рівняння (2.3) залежними від режимних параметрів сушіння і шукати цю залежність. Прикладом подібного випадку коли форма кривої сушіння залежить від режиму сушіння, є контактнo- конвективна сушка для якої формула включає коефіцієнт A , який залежить від режимних параметрів сушіння [5].

При обробки дослідних даних треба прагнути отримати порівняно прості залежності, зручні для практичних розрахунків. Уточнення формул за рахунок їх ускладнення зазвичай невиправдане, оскільки реальний режим сушіння в промисловій сушарці буде завжди дещо відрізнятися від розрахункового, приймамого в проекті, і здаване уточнення розрахунку не дасть позитивних результатів.

Нижче наводяться формули для визначення часу сушіння τ сек тканини масою B кг/м² від вологості ω_1 до вологості ω_2 .

3.2 Тривалість сушки в соплових сушильних машинах

В цих машинах гаряче повітря подається перпендикулярно поверхні тканини через щілинні або круглі сопла з великою швидкістю виходу (20-40 м/сек). Обробка 181 досліду сушіння різних тканин на сушильних машинах марок СШ-110Л, СШ-230Л, СШВ-110, ЄСУ-1, фірм «Дунглер», «Монфорст»,

«Вакаяма», «Киото», «Тексима», «Матер Платт» дозволила встановити наступні залежності для визначення тривалості соплової сушки тканин [5].

При охолодженні із щілинних сопел:

$$\tau = 200В \frac{1000+21h^{\frac{3}{\sqrt{h}}}}{1000(t_c-t_n)^{\frac{3}{\sqrt{v_0^2}}}} \sqrt[3]{F_{об}} (21 \lg \frac{\omega_1}{\omega_2} + \omega_1 - \omega_2) \quad (2.4)$$

При охолодженні із круглих сопел:

$$\tau = 200В \frac{1000+1,7h^2}{1000(t_c-t_n)^{\frac{3}{\sqrt{v_0^2}}}} \sqrt[3]{F_{об}} (21 \lg \frac{\omega_1}{\omega_2} + \omega_1 - \omega_2) \quad (2.5)$$

В цих формулах:

h - відстань між соплами і тканиною в *см*;

v_0 - швидкість виходу повітря із сопел в *м/сек*;

$F_{об}$ - величина обдуваної поверхні тканини, що приходить на одиницю площі вихідних січень сопел, в $м^2$.

Для щілинних сопел:

$$F_{об} = \frac{s}{b},$$

де s - крок сопел;

b - ширина щілин сопел.

Для круглих сопел:

$$F_{об} = \frac{4s_1s_2}{\pi D^2},$$

де s_1 - крок рядів круглих отворів;

s_2 - крок отворів в ряді;

D - діаметр круглих отворів сопел.

В разі застосування розсувних щілинних сопел соплові щілини виконуються переривчастими.

При підрахунку площі отворів цих та інших конструкцій необхідно враховувати зменшення площі через наявність перемичок або інших елементів конструкції, зменшуючих вільний перетин для виходу повітря.

Більш точна формула для визначення часу сушіння тканини при сопло-

вому обдуві:

$$\tau = \frac{18Bs}{cRe^{0,8}K_1^{0,35}D_p\Delta p} \left[19 \lg \frac{\omega_1}{\omega_2} + 0,9(\omega_1 - \omega_2) \right], \quad (2.6)$$

де s - крок сопел в m ;

c – коефіцієнт, характеризуючий тканину (в середньому $c=0,1$); для бязі $c=0,073$, для міткалю $c=0,102$, для штапельного полотна $c=0,111$;

D_p – коефіцієнт дифузії пари в повітря;

$K_1 = \frac{p_6}{p_6 - p_{nm}}$ – критерій, що враховує вплив масообміну на теплообмін;

$\Delta p = p_{nm} - p_{pc}$ - потенціал сушки;

p_{nm} - тиск парів при температурі мокрого термометра в $mm \text{ рт. ст.}$;

p_{pc} - тиск парів в обдуваючому середовищі.

Коефіцієнт дифузії парів в повітря:

$$D_p = 0,307 \cdot 10^{-6} T \left(\frac{760}{p_6} \right)$$

де $T=273+0,5(t_c + t_m)$;

p_6 – барометричний тиск в $mm \text{ рт. ст.}$

Число Рейнольдса:

$$Re = \frac{vs}{\nu}$$

де b – ширина сопел;

v_0 – швидкість виходу повітря із сопел;

h – відстань між тканиною і соплами;

s – крок сопел;

$A = 0,09 \div 0,12$ - коефіцієнт турбулентної струменя, який залежить від турбулентності входящого в сопло потоку.

При односторонньому обдуві тканини час сушіння, обчислений по раніше приведених формулах, збільшується в 1,8 рази.

Безрозмірним рівнянням кривих соплової сушки є залежність

$$\psi = \frac{E}{0,1 + 0,9E}$$

Графічна залежність інтенсивності і тривалості соплової сушки тканини від конструктивних розмірів соплового апарату показано на графіку 2

На графіку 3 зображені експериментальні залежності зусиль, діючих на купи в сушильній і стабілізаційній зонах при температурі 185°C. Маса тканини

75 г /м². Крива 1 показує, що тканина, введена в зону сушіння через 10 сек. має вологість, близьку до 0,1%, і через 15 – 17 сек. стає абсолютно сухою [5].

Крива 2 показує, що зусилля, які діють на клупи, при паралельності клупних ланцюгів (без попереднього ширіння тканини) виникають в той момент, коли з тканини починає випаровуватися адсорбційно пов'язана волога і починає підвищуватися температура тканини.

У вологій тканині внутрішніх напруг, обумовлених перерозподілом енергії зв'язку макромолекул, не виникає, температура тканини близька до температури мокрого термометра.

Підвищення внутрішніх напруг в тканині при утриманні її в фіксованому положенні починається в момент початку випаровування сорбційно пов'язаної вологи і триває до моменту досягнення температури тканини, близької до температури пластифікації. Далі йде зниження внутрішніх напруг в тканині.

Якщо тканину обробляти у вільному стані (не фіксуючи ширину), то вона буде сідати (зменшувати розмір) по ширині (крива 5).

По кривій 3 можна простежити зміну зусиль, діючих на клупи в СШСМ на всій довжині ланцюгового поля машини, після попереднього ширіння по качку на 2,5%.

Тканина оброблялася протягом 35 сек, при цьому протягом 4 сек із тканини була випарувана вільна волога. Випаровування адсорбційно

пов'язаної вологи тривало приблизно в 3 рази довше. Як і на кривій 2, різке підвищення внутрішніх напружень в тканині, і як наслідок зусиль на клупи, виникає в момент досягнення тканини сорбційної вологості - в момент початку зростання температури тканини (крива 4).

Далі характер зміни зусиль аналогічний характеру зміни зусиль, виражених кривою 2, з тією лише різницею, що при збільшенні часу перебування в зоні стабілізації і зі збільшенням деформації при ширінні, зусилля на клупи після досягнення максимального значення різко зменшується.

Момент початку скорочення розмірів полотна тканини (крива 5) збігається з початком підвищення температури тканини [5].

Наведені криві характеризують механізм протікання процесу стабілізації тканини з поліамідних і поліефірних волокон.

3.3 Система контролю «Optipac VMC-12»

Система контролю таких параметрів як: вологість тканини на виході, кількість та насиченість водяної пари в сушильних камерах є надзвичайно важливою для текстильної промисловості в цілому. Для контролю вологості в сушильно-ширильній машині Montex 6000 використовується система модульного типу для контролю, вимірювання, обліку і параметрів критичних процесу - Optipac Vmc-12.

Основні характеристики продукту :

- Модульна архітектура системи;
- Простота в модернізації;
- Інформаційний процес візуалізації;
- Онлайн моніторинг і контроль всіх відповідних параметрів.

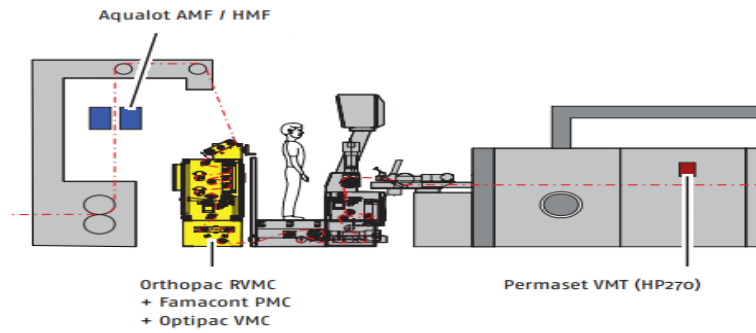


Рисунок 3.1 – Принцип роботи

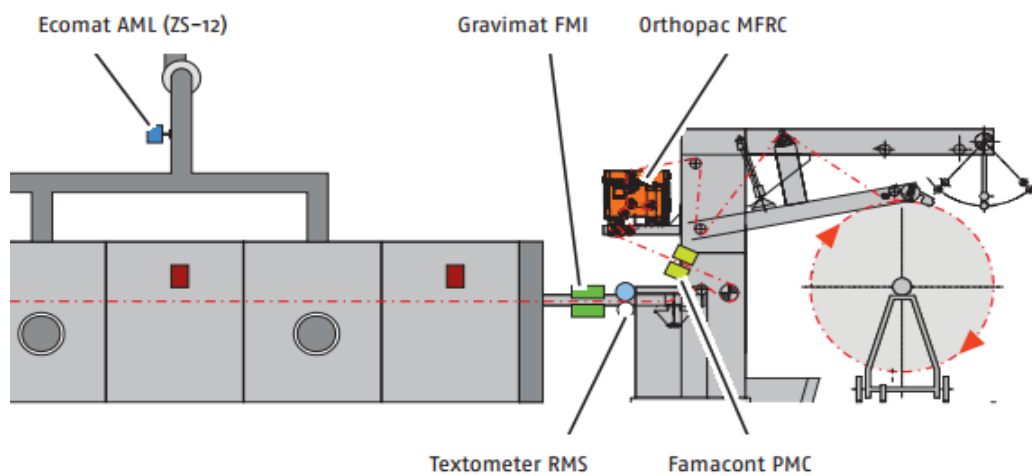


Рисунок 3.2 – Розташування чутників

3.4 Візуалізація

Всі дані, які, власне кажучи, поступають з датчиків відображаються на пульті управління екранного типу. Здійснюється контроль за спияння натискань на команди відповідного типу на екрані сенсорного типу. Візуалізація оболонки графтипу інтуїтивна та проста у використанні. Вся інформація основна відображається на головний екран[9].

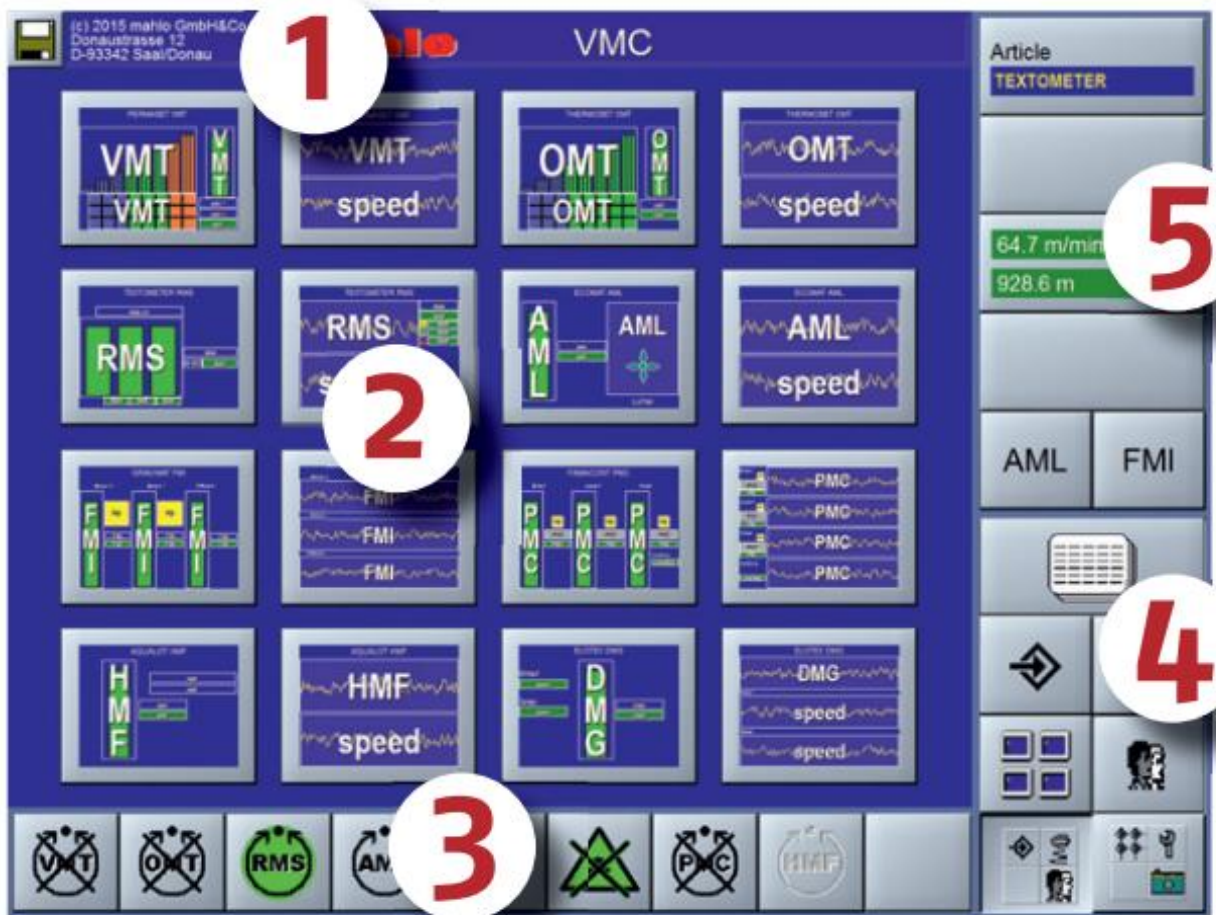


Рисунок 3.3 - Скріншот інтерфейсу головного вікна.

Користувачський інтерфейс складається з наступних полів:

- 1) Лінія заголовку – на даній лінії відображаються сигнали тривоги, основна інформація параметрів.
- 2) Параметральне поле виводу – відображаються основні параметри контрольовані.
- 3) Блок горизонтальний– кнопки операційні для функцій базових та підменю.
- 4) Блок вибору – навігація по операційному програмному забезпеченні.
- 5) Блок вертикальний– кнопки операційні для меню вибору.

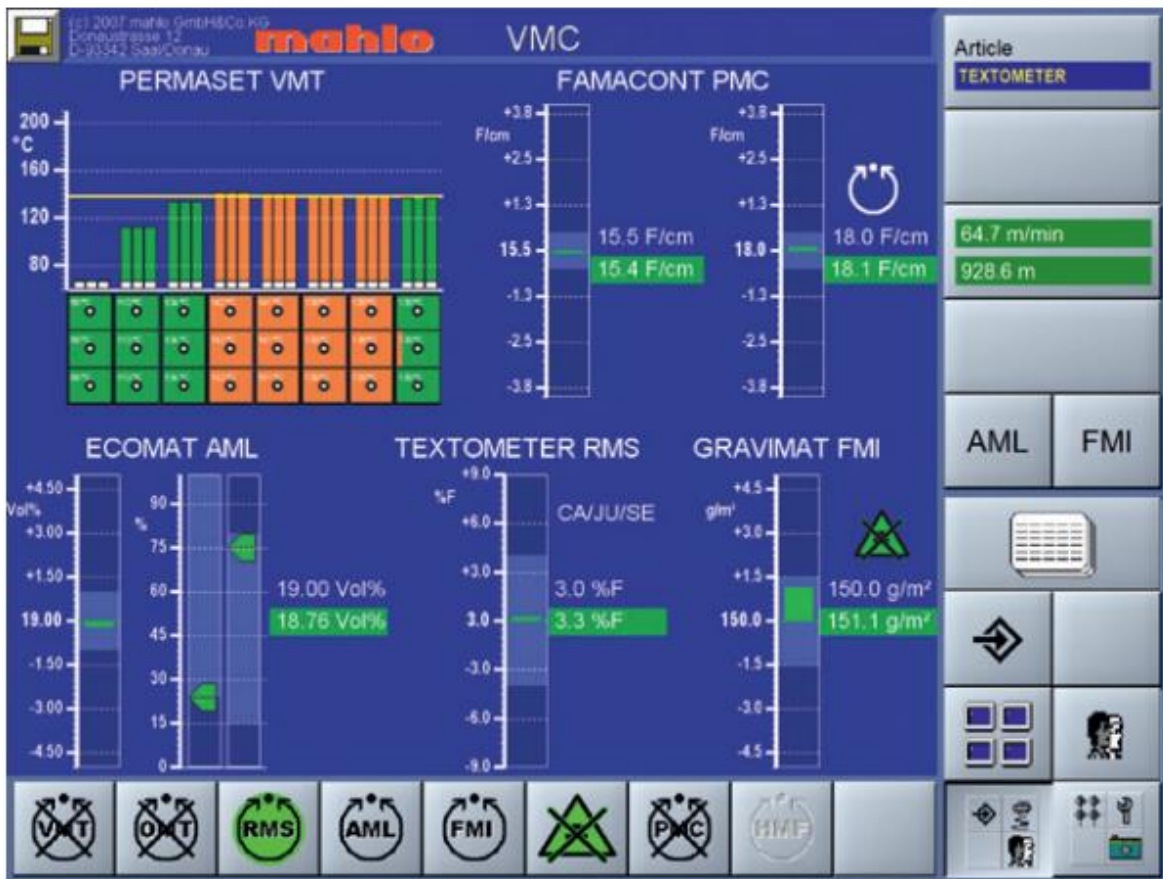


Рисунок 3.4 - Екран вимірюваних величин різних процесів.

3.5 Структура програмного забезпечення

Необхідною частиною будь-якої комп'ютерної інформаційної системи є її програмне забезпечення (ПЗ). ПЗ – це комплекс програм, призначених для вирішення на комп'ютері ІС визначеного класу завдань. За своїм призначенням ПЗ – невід'ємна частина будь-якої ІС, що відображає принципову основу організації обчислювального процесу, програмного принципу обробки інформації комп'ютерною системою.



Рисунок 3.5 - Структура керуючої програми.

3.6 Структура керуючої керування

Керуюча програма – обов’язковий компонент будь-якої ОС. Її функції – планування проходження безперервного потоку завдань, управління розподілом ресурсів, реалізація прийнятих методів організації даних, управління операціями вводу-виводу, організація мультипрограмної роботи, управління працездатністю системи після збоїв та інші.

Керуюча програма складається з ряду компонентів, серед яких слід виділити чотири основних:

- управління статичними ресурсами (управління завданнями);
- управління динамічними ресурсами (управління задачами);

- управління даними;
- управління поновленням.

Управління статичними ресурсами - (управління завданнями) виконує попереднє планування потоку завдань для виконання і статичний розподіл ресурсів між завданнями, що одночасно виконуються у процесі підготовки до виконання. До таких ресурсів відносяться розподіл пам'яті (основної, віртуальної, зовнішньої), доступні для використання завданням простої, які припускають тільки монопольне використання, набори даних та інші. Такі ресурси закріплюються за завданням або його частиною з моменту його ініціалізації до моменту завершення та використовуються у монопольному режимі [9].

Управління динамічними ресурсами - (управління задачами) виконує динамічний розподіл ресурсів системи між декількома задачами, які вирішуються одночасно, у мультипрограмному режимі. Ці функції виконують програми супервізора, які входять до ядра ОС, що постійно знаходиться у оперативній пам'яті.

Управління даними - забезпечує всі операції вводу-виводу (обміну між оперативною пам'яттю та периферійними пристроями) на фізичному та логічному рівнях. Воно містить у собі ряд служб, які забезпечують виконання таких функцій, як управління каталогом, управління розподілом пам'яті прямого доступу, обробку помилок вводу-виводу та таке інше. Вони реалізують різні структури даних та можливість доступу до них.

Управління поновленням - реєструє машинні збої та відмови, і поновлює працездатність системи після збоїв, якщо це можливо.

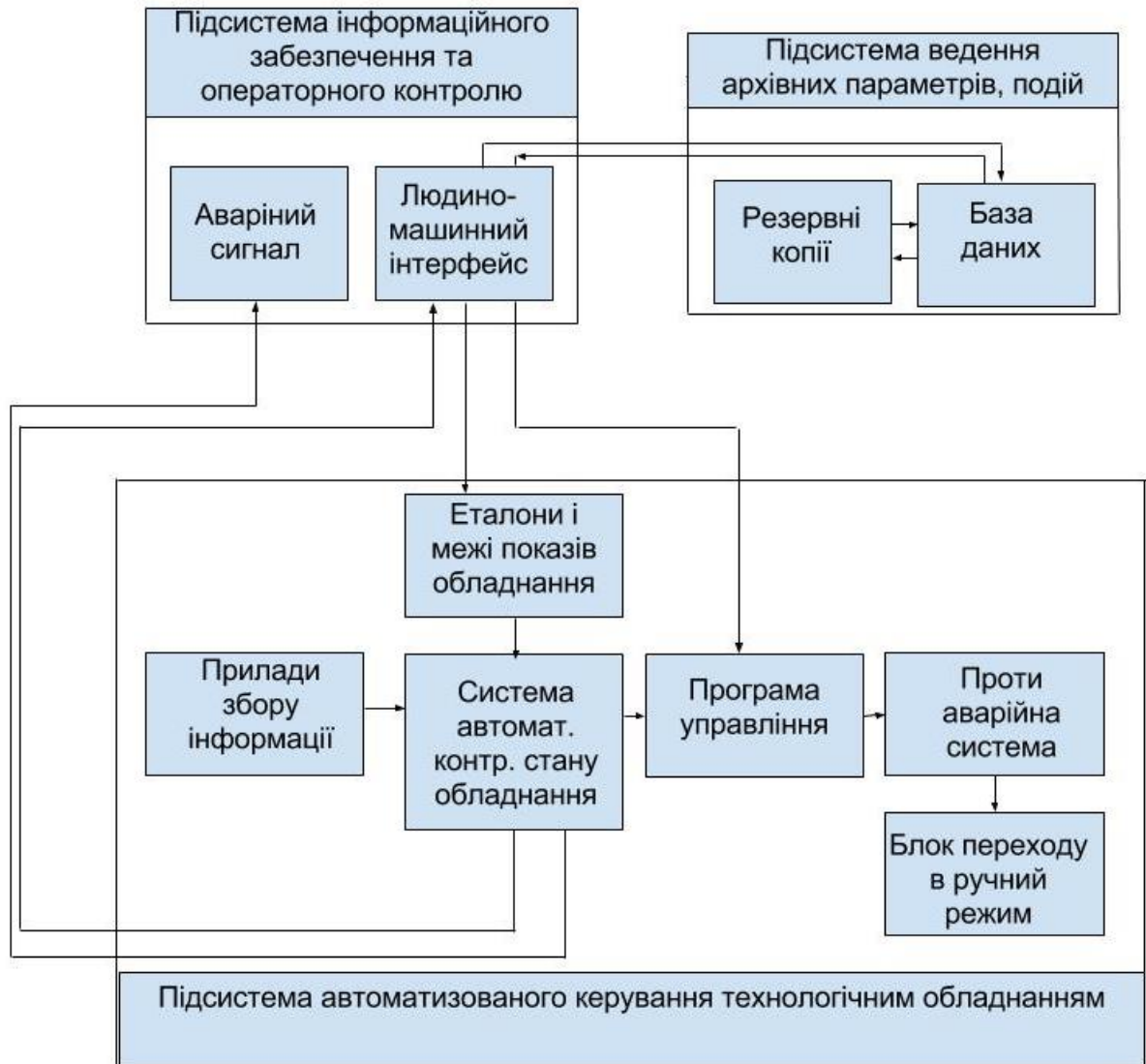


Рисунок 3.6 - Структура керуючої програми.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Вимоги до охорони праці на вироництві

Виробничі та допоміжні приміщення повинні бути обладнані опалювальними та вентиляційними системами, що забезпечують нормами роботи. У виробничих приміщеннях повинна підтримуватися температура 18-22 °С.

Робочі місця, проходи всередині цехів не повинні захаращуватися кроєм, напівфабрикатами або готовими виробами. Всі робочі місця повинні бути добре освітлені природним або штучним світлом.

Процеси, пов'язані із застосуванням клеїв, високих температур, тисків (склеювання, пресування, дублювання та ін.), повинні бути організовані в окремих приміщеннях або ізольованих ділянках і повинні бути обладнані системами загальної припливної вентиляції, а місця виділення пари і газів - місцевими витяжними установками.

Підприємство повинно бути забезпечено подачею води: для санітарно-гігієнічних та господарсько-питних потреб, для виробничо-технічних потреб згідно з технологічним процесом, а також для потреб пожежної безпеки[13].

На території підприємства повинні бути встановлені сигналізуючі пристрої, що попереджують робочих про небезпеку (світлові, звукові і т.д.), а також попереджувальні написи, що нагадують робочим про дотримання правил техніки безпеки з яскравими малюнками.

Кабінет промислової безпеки та охорони праці є організаційним та навчально-методичним осередком пропаганди знань з питань промислової безпеки та охорони праці серед працюючих, поширення позитивного досвіду з профілактики виробничого травматизму, професійних захворювань, аварій тощо.

ПОЛОЖЕННЯ ПРО КАБІНЕТ ОХОРОНИ ПРАЦІ

Вступний інструктаж проводиться в кабінеті охорони праці чи в приміщенні, що спеціально для цього обладнане, з використанням сучасних технічних засобів навчання, навчальних і наочних приладів по програмі, розробленою службою охорони праці з урахуванням особливостей виробництва. Програма і тривалість інструктажу затверджуються керівником підприємства.

Запис про проведення вступного інструктажу виконується в журналі реєстрації вступного інструктажу, що зберігається в службі охорони праці чи в працівника, що відповідає за проведення вступного інструктажу, а також у документі про прийом працівника на роботу.

Працівники підприємств при прийомі на роботу і періодично в процесі роботи, а вихованці, учні і студенти під час учбово - виховного процесу повинні проходити навчання і перевірку знань відповідно до вимог «Типовим положенням про службу охорони праці». Допуск до роботи (виконанню навчальних практичних завдань) без навчання і перевірки знань з питань охорони праці забороняється.

Формою перевірки знань з питань охорони праці працівників є іспит, що проводиться по екзаменаційних білетах у виді усного чи опитування шляхом тестування на автоекзаменаторі з наступним усним опитуванням. Результати перевірки знань працівників з питань охорони праці оформляються протоколом.

4.2. Закони України щодо охорони праці та її організації на підприємствах

Новітня редакція Закону (від 21.11.2002 р., зі змінами й доповненнями) містить 9 розділів, що включають 44 статті.

Перший розділ Закону України «Про охорону праці», крім визначення понять і термінів, сфери дії і переліку законодавчих актів регламентує основні принципи державної політики в сфері охорони праці. До них, у відповідності зі статтею 4, відносяться принципи :

- пріоритет життя і здоров'я працівників;
- соціальний захист працівників;
- адаптація до можливостей;
- інформування і підготовка;
- економічні методи управління;
- комплексний підхід;
- координація;
- суцільний технічний контроль;
- міжнародне співробітництво.

Другий розділ Закону містить гарантії прав працівників (статті 5-9), регламентує права на охорону праці жінок (ст.10), неповнолітніх (ст.11), інвалідів (ст.12). По забезпеченню гарантій на охорону праці відповідно до законодавства, права працівників і обов'язки роботодавців представлені на рис. 4.1.

Позитивним у Законі України «Про охорону праці», є те, що він містить розділи, які регламентують питання щодо управління охороною праці, як на рівні підприємства так і на рівні держави[13].

Стаття 13 «Управління охороною праці та обов'язки роботодавця» Закону України «Про охорону праці» вимагає від власника створення умов праці, які відповідають вимогам нормативних актів по охороні праці. Щоб досягти такого результату, власникові необхідні розробка й застосування заходів різного характеру. Охоронні заходи підрозділяють на три головних напрями – правовий, технічний й санітарний.

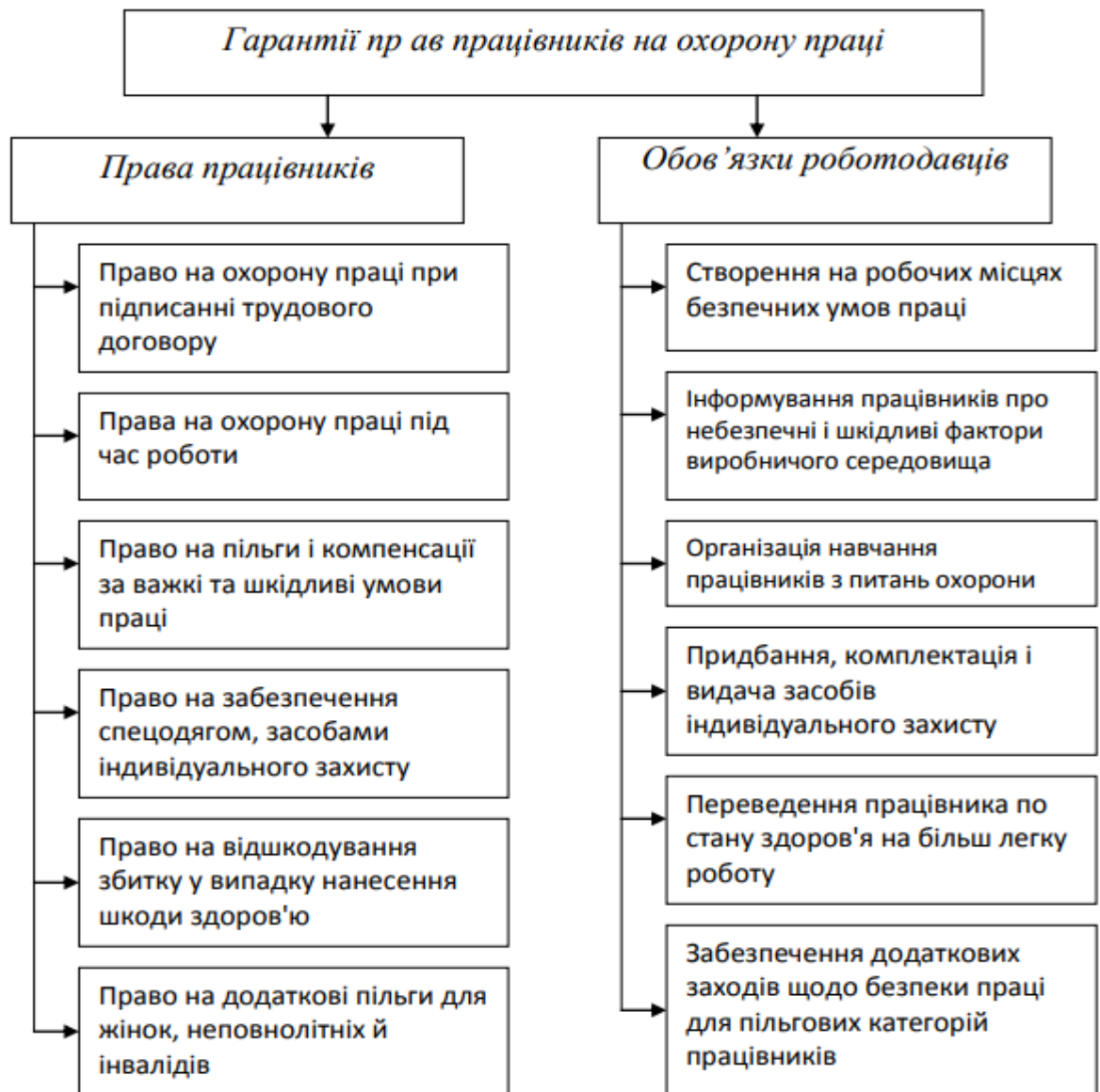


Рисунок 4.1 - Забезпечення гарантій на охорону праці

Правове поле охорони праці на виробництві регулюється даним Законом, що регламентує :

Стаття 5: право громадян на охорону праці; державне регулювання питань охорони праці разом з суспільним контролем;

- гарантії єдності основних принципів державної політики в сфері охорони праці; права громадян на охорону праці при укладанні трудового договору;

- права на соціальне страхування робочих підприємств від

нешасних випадків і професійних захворювань.

Стаття 6: гарантії права на охорону праці під час роботи на підприємстві;

Стаття 7: права робітників на пільги і компенсації за важкі та шкідливі умови праці.

Стаття 8: Закон регламентує права на видачу працівникам спецодягу, інших засобів захисту, що миють і знешкоджують;

Стаття 9: права на відшкодування власником шкоди працівникам у випадку ушкодження їхнього здоров'я;

Стаття 10: гарантії охорони праці жінок; неповнолітніх (ст. 11) і інвалідів (ст. 12);

Стаття 17: права на обов'язкові медичні огляди;

Стаття 18: права на навчання з питань охорони праці;

Стаття 20: права на забезпечення соціальних гарантій у колективному договорі;

Стаття 22: права на розслідування та облік нещасних випадків на виробництві і професійних захворювань;

Стаття 23: заходи щодо попередження травматизму і захворюваності.

Відповідно до статті 31 Закону України «Про охорону праці», державне управління охороною праці, очолює Кабінет міністрів України. Новою структурою державної виконавчої влади, що безпосередньо реалізує політику в сфері охорони праці, є Спеціально уповноважений центральний орган виконавчої влади по нагляду за охороною праці (ст. 33), положення про діяльність якого затверджено Указом Президента України.

У його функції входить: комплексне управління охороною праці на державному рівні; реалізація державної політики в сфері охорони праці; контроль за виконанням функцій державного управління охороною праці міністерствами й іншими виконавчими органами; розробка національної програми поліпшення безпеки, гігієни праці і виробничого середовища та

контроль за її виконанням; координація роботи міністерств, місцевої адміністрації і об'єднань у сфері охорони праці; управління Державним фондом охорони праці, проведення державної експертизи умов праці, контроль якості проведення атестації робочих місць.

Діяльність адміністрації підприємств із охорони праці на виробництві складається у впровадженні сучасних заходів техніки безпеки, усуненні причин виробничого травматизму, забезпеченні нормальних санітарно-гігієнічних умов для запобігання професійних захворювань працюючих. Адміністрація також забезпечує відповідне технічне оснащення всіх робочих місць, створює на них умови, які відповідають вимогам охорони праці.

Завдання адміністрації - розробка заходів щодо поліпшення і оздоровлення умов праці шляхом механізації і автоматизації виробничих процесів, зниженню і усуненню запиленості та загазованості повітря робочої зони, інтенсивності шуму, вібрації і випромінювання.

Для забезпечення сприятливих умов праці адміністрація підприємства зобов'язана: здійснювати перспективне і поточне планування поліпшення умов праці з урахуванням досягнень наукового прогресу та передової практики; вести облік виконання запланованих заходів, виділяти кошти на профілактику виробничого травматизму і захворюваності.

Для проведення безпосередньої роботи з охорони праці на підприємствах створюються служби охорони праці. Функції їх регламентуються «Типовим положенням про службу охорони праці», відповідно до ст. 15 Закону України «Про охорону праці». Ці функції можна розділити на три групи:

- організаційні,
- консультаційні,
- контрольні.

Головним завданням служби охорони праці на підприємстві є вдосконалення організації роботи зі створення нешкідливих і безпечних умов

праці й виробничого побуту людей, проведення єдиної і ефективної політики в сфері охорони життя та здоров'я працівників.

На рівні підприємства повинні бути створені комісії з питань охорони праці. В їх склад повинні ввійти представники керівника, профспілкового комітету, уповноважені трудового колективу, а також фахівці з гігієни і безпеки праці, представники галузевих служб і функціональних відділів підприємства. Основні напрямки підвищення рівня безпеки праці на виробництві включають: культуру виробництва; змістовність праці; виробничу естетику[13].

Зараз в Україні діє понад 235 міжгалузевих і 2014 галузевих нормативних актів, в тому числі 698 правил, 344 міждержавні стандарти системи стандартів безпеки праці (ГОСТ ССБТ) і 39 державних стандартів України (ДСТУ), 200 положень і статутів, 327 інструкцій, 162 керівництва або вказівки, вимоги, рекомендації, 15 технічних умов безпеки, 49 переліків та інших нормативних документів.

4.3. Шкідливі речовини та їх класифікація залежно від дії на організм людини

Шкідливі речовини та їх небезпека

У сучасній техніці застосовується безліч речовин, які можуть потрапляти в повітря і становити небезпеку здоров'ю людей. Для визначення небезпечності медики досліджують вплив цих речовин на організм людини і встановлюють безпечні для людини концентрації та дози, які можуть потрапити різними шляхами в організм людини.

На промислових підприємствах повітря робочої зони може забруднюватися шкідливими речовинами, які утворюються в результаті технологічного процесу або містяться в сировині, продуктах та напівпродуктах і відходах виробництва. Ці речовини потрапляють у повітря у

вигляді пилу, газів або пари і діють негативно на організм людини. В залежності від їх токсичності та концентрації в повітрі можуть бути причиною хронічних отруєнь або професійних захворювань [13].

За токсичною дією шкідливі речовини поділяють на: кров'яні отрути, які взаємодіють з гемоглобіном крові і гальмують його здатність до приєднання кисню (оксид вуглецю, бензол, сполуки ароматичного ряду та ін.); нервові отрути, які викликають збудженість нервової системи, її виснаження, руйнування нервових тканин (наркотики, спирти, сірчаний водень, кофеїн та ін.); подразнюючі отрути, що вражають верхні дихальні шляхи і легені (аміак, сірчаний газ, пара кислот, окиси азоту, ароматичні вуглеводні та ін.); ті, що пропалюють та подразнюють шкіру і слизові оболонки (сірчана та соляна кислоти, луги); печінкові отрути, дія яких супроводжується зміною та запаленням тканин печінки (спирти, дихлоретан, чотири хлористий вуглець); алергени, що змінюють реактивну спроможність організму (алкалоїди та інші речовини); канцерогени, що спричиняють утворення злоякісних пухлин (3,4-бензопірен, кам'яновугільна смола); мутагени, що впливають на генетичний апарат клітини (окис етилену, сполуки ртуті та ін.).

Гігієнічне нормування шкідливих речовин

Залежно від ступеня токсичності, фізико-хімічних властивостей, шляхів проникнення в організм, санітарні норми встановлюють гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони виробничих приміщень, перевищення яких неприпустиме.

Гранично допустимою концентрацією (ГДК) шкідливої речовини в повітрі робочої зони вважається така концентрація, вплив якої на людину в разі її щоденної регламентованої тривалості не призводить до зниження працездатності чи захворювання в період трудової діяльності та у наступний період життя, а також не справляє негативного впливу на здоров'я нащадків. Робочою зоною вважається простір заввишки 2 м над рівнем підлоги або

робочої площини, на якій розташовані місця постійного або тимчасового перебування працюючих [13].

ГДК деяких шкідливих газів, пари та пилу, що часто потрапляють у повітря робочої зони виробничих приміщень промислових підприємств, наведено нижче:

За ступенем дії на організм людини шкідливі речовини поділяються на чотири класи небезпеки:

- 1- надзвичайно небезпечні;
- 2- високонебезпечні;

Таблиця 4.1 - Гранично допустима концентрація речовин

Речовина	ГДК мг/ м ³	Речовина	ГД К мг/ м ³
1	2	3	4
Гази та пара			
Акролеїн	0,2	Луги їдкі (розчинив перерахунку на NaOH)	0,5
Амілацетат	100	Металева ртуть	0,01
Аміак	20	Окиси азоту (NO ₂ , NO)	2
Ацетон	200	Сірчаний водень	10
Бензин та гас (в перерахунку на С)	300	Сірчаний ангідрид	1
Бензол	5	Скипидар (в перерахунку на С)	300
Вуглецю оксид	20	Сода кальцинована	2
Вуглецю діоксид	9000	Спирт метиловий	5
Вуглець чотирихлористий	20	Спирт етиловий	100 0
Дихлоретан	10	Толуол	50
Кислота сірчана	1	Уайт-спірит (в перерахунку на С)	300

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	
Кислота соляна	5	Хлору діоксид	0,1
Кислота оцтова	5	Ефір етиловий	300
Пил			
Ксилол	50	Ефір диетиловий	300
Зерновий	4	Тютюновий	3
Вапняковий	6	Цукровий	10
Борошняний	6	Рослинний, тваринний з вмістом SiO_2 : більше 10% в межах 2-10% менше 2 %	2
Крохмальний	6		
Вугільний (коксівий та сланцевий)	6		4
Вугільний (з домішками SiO_2 , до 2%)	10		6

- 1- помірно небезпечні;
- 2- малонебезпечні.

Для деяких речовин, що досить часто потрапляють у повітря виробничих приміщень, встановлюються так звані середньогодинні допустимі концентрації. Наприклад, для оксиду вуглецю, який постійно потрапляє у повітря топочних приміщень, встановлені такі допустимі норми:

- 50 мг/м³ - при тривалості роботи до 1 години;
- 100 мг/м³ - до 30 хвилин;
- 200 мг/м³ - при роботі не більше 15 хвилин.

Повторні роботи можна виконувати при наведених концентраціях не раніше ніж через дві години [13].

У державних стандартах наведено більше 700 речовин, для яких встановлені значення ГДК. При одночасному знаходженні в повітрі робочої зони декількох шкідливих речовин односпрямованої дії, близьких по хімічному складу і характеру біологічної дії на людину, для визначення можливості працювати в цій зоні користуються такою залежністю:

$$\frac{C_1}{ГДК_1} + \frac{C_2}{ГДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ГДК_n} \leq 1, \quad (4.1)$$

де C_1 , C_2 і C_n - фактичні концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони, мг/м³; $ГДК_1$ і $ГДК_2$, $ГДК_n$ - гранично допустима концентрація шкідливих речовин, що знаходяться в повітрі робочої зони, мг/м.

Приклади речовин односпрямованої дії: оксид вуглецю і оксид азоту, сірчаний газ і сірчаний водень, або інші вуглеводневі сполуки.

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

У роботі було проведено дослідження розробки автоматизованої системи управління технологічним процесом сушіння.

В результаті проведених дослідів встановлено:

1. Під час проведення розрахунків 3 типів калориферів було обрано та оптимізовано калорифер типу СТД, що забезпечило менші затрати енергоресурсів за рахунок використання оптимальної швидкості (4,5-10 м/сек);
2. В результаті аналізу сушіння і темпу нагріву різних типів тканин встановлено, що необхідно забезпечувати стабільний градієнт загального тиску і теплового ковзання при температурі вище 60 °С, що забезпечує скорочення часу сушки на 7,5%.
3. Було досліджено залежність вологості і температури тканини від часу сушіння і встановлені оптимальні режими темпу нагріву.
4. Розроблена система контролю ОРПІРАС VMC-12 є надзвичайно важливою, адже дозволяє проводити реєстрацію вимірювання, та контроль процесуальних параметрів при тривалості інтервалів на протяжності робочої ширини.
5. Здійснено вибір оптимальної циркуляційної системи, що має покращені експлуатаційні характеристики.
6. Проведено модернізацію системи управління шляхом введення додаткових датчиків контролю параметрів технологічного процесу, модернізовано програмне забезпечення із врахуванням цих змін та експериментально встановлених оптимальних параметрів технологічного процесу.

Впровадження системи забезпечує оптимізацію процесу сушіння, що дозволяє покращити якість продукції та зменшити кількість браку на 4%, та зменшити енерговитрати на 6-8% залежно від типу тканини.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Sousa L.H., Estudo da Secagem de Materiais Te^xteis, Monografia de Qualificac,a~o para Doutorado, PEQ=DEQ-UEM,Maringa, BR, 2000.
2. Ryan M., Modak A., Zuo H., Ramaswamy S., Worry G. Through air drying. *Drying Technology*. 21 (4), 2003. 719–734.
3. Belhamri A. Characterization of the first falling rate period during drying of porous material. *Drying Technology*. 21 (7), 2003. 1235–1252.
4. Motta Lima O.C., Pereira N.C., Machado M.A. L.S. Generalizeddrying curves in conductive=convective paper drying. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*. 17 (04–07), 2000. 539–548.
5. Sousa L.H., Monteiro A.S., Perri V.R., Motta Lima O.C., Pereira, N.C., Mendes, E.S. Generalization of the drying curves in convective and conductive=convective textile fabric drying. *Proceedings of the XIV International Drying Symposium (IDS 2004)*, Sa~o Paulo-BR. Vol. A, 2004. 710–717.
6. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп'ютерні мережі. Книга 1. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-8052 від 28.05.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2013. – 256 с.
7. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-11650 від 16.07.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2014. – 312 с.
8. Микитишин А.Г., Митник, П.Д. Стухляк. Комплексна безпека інформаційних мережевих систем: навчальний посібник – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. – 256 с.
9. Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д. Телекомунікаційні системи та мережі : навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» – Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017 – 384 с.

10. Введення в комп'ютерну графіку та дизайн: Навчальний посібник для студентів спеціальності 174 "Автоматизація, компютерно-інтегровані технології та робототехніка"/Укладачі: О.В. Тотосько, П.Д. Стухляк, А.Г. Микитишин, В.В. Левицький, Р.З. Золотий - Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2023 - 304с. <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/41166>.
11. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42995>.