

# **ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ**

Відділення "Електрифікація та інформаційні системи"

Кафедра "Електроенергетика, електротехніка  
та електромеханіка"

**До захисту допущено**

Завідувачка кафедрою

\_\_\_\_\_ к.т.н. Нездвецька І.В.

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024 року

## **Пояснювальна записка**

до дипломного проекту молодшого фахового бакалавра

ДП 141.043.033 ПЗ

Тема проекту: “ Електрифікація і автоматизація технологічних процесів  
у цеху для сушіння деревини з розробкою шафи керування обладнанням  
сушильної камери ”

Виконала: студентка IV курсу, групи Е – 43

Спеціальності 141 “Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка”

\_\_\_\_\_ Олішевська А.С.

Керівник: \_\_\_\_\_ Логвінов Г.С.

Консультант роботи \_\_\_\_\_

Рецензент \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

м. Житомир – 2024 року

Форма № Н-9.01

ЖИТОМИРСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ

Відділення «Електрифікації та інформаційних систем»  
Кафедра « Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
Освітньо-кваліфікаційний рівень Фаховий молодший бакалавр  
Спеціальність 141 «Електр енергетика, електротехніка та електромеханіка»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувачка кафедри

к.т.н., доц.Нездвецька І.В.

“ ” 2024 року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ**  
**Олішевська Ангеліна Сергіївна**

1. Тема проекту: „ Електрифікація і автоматизація технологічних процесів у цеху для сушіння деревини з розробкою шафи керування обладнанням сушильної камери “.

керівник проекту Логвінов Г.С. затверджений наказом навчального закладу від „ 25 “ жовтня 2023 року № 434 у

2. Строк подання студентом проекту „ 5 “ червня 2024 року.

3. Вихідні дані до проекту: характеристика та обстеження господарства. Схеми інформаційних та енергетичних потоків сушарки камерного типу.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки.

Відомість проекту

Вступ.

1. Характеристика деревообробного цеху. Розрахунок і вибір електрообладнання цеху. Визначення потужності електродвигунів.

2. Агрегат камерного типу для сушіння деревини. Технологія сушіння. Постановка задач автоматизації.

3. Проектування системи автоматизації сушильного агрегату. Розробка схеми автоматизації агрегату.

4. Вибір і обґрунтування вибору засобів автоматизації. Опис схеми автоматизації.

5. Розробка схеми електричної принципової блока автоматичного керування вентилятором агрегату.

6. Охорона праці.

7. Техніко-економічне обґрунтування.

Висновок

Список використаних інформаційних джерел

## 5. Перелік графічного матеріалу

1. Агрегат сушіння деревини. Схема автоматизації.

3. Блок автоматичного керування вентилятором агрегату сушіння. Схема електрична принципова.

## 6. Консультанти розділів проекту

| Розділ                                   | Прізвище, ініціали та посада консультанта       | Підпис, дата   |                  |
|------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------|------------------|
|                                          |                                                 | завдання видав | завдання прийняв |
| Розділ 1                                 | Логвінов Г.С., викладач спеціальних дисциплін.  |                |                  |
| Розділ 2                                 | Логвінов Г.С., викладач спеціальних дисциплін.  |                |                  |
| Розділ 3                                 | Логвінов Г.С., викладач спеціальних дисциплін.  |                |                  |
| Розділ 4                                 | Логвінов Г.С., викладач спеціальних дисциплін.  |                |                  |
| Розділ 5                                 | Логвінов Г.С., викладач спеціальних дисциплін.  |                |                  |
| Розділ 6. Охорона праці.                 | Логвінов Г.С., викладач спеціальних дисциплін   |                |                  |
| Розділ 7. Техніко-економічний розрахунок | Мельничук В.В., викладач спеціальних дисциплін. |                |                  |
| ГЧ та технічна документація.             | Логвінов Г.С., викладач спеціальних дисциплін   |                |                  |

## 7. Дата видачі завдання „28“ січня 2023 року.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту                       | Строк виконання етапів проекту | Примітка |
|-------|-------------------------------------------------------|--------------------------------|----------|
| 1.    | Розділ 1 Характеристика деревообробного цеху          | 12.03.24                       |          |
| 2.    | Розділ 2 Агрегат камерного типу для сушіння деревини. | 19.03.24                       |          |
| 3.    | Розділ 3 Проектування системи автоматизації           | 26.03.24                       |          |
| 4.    | Розділ 4 Вибір технічних засобів автоматизації        | 05.04.24                       |          |
| 5.    | Розділ 5 Проектування шафи керування вентилятором     | 15.04.24                       |          |
| 6.    | Розділ 6 Охорона праці                                | 07.05.24                       |          |
| 7.    | Розділ 7 Техніко-економічне обґрунтування             | 18.05.24                       |          |
| 8.    | Графічна частина проекту.                             | 01.06.24                       |          |
|       |                                                       |                                |          |

Студент \_\_\_\_\_ Олішевська А.С.

Керівник проекту \_\_\_\_\_ Логвінов Г.С.

## РЕФЕРАТ

Дипломний проект на тему «Електрифікація і автоматизація технологічних процесів у цеху для сушіння деревини з розробкою шафи керування обладнанням сушильної камери» включає в себе пояснювальну записку і графічну частину. Пояснювальна записка містить 79 сторінок формату А4, рисунків 12, таблиць 11, джерел посилання 12 найменувань, графічна частина містить 2 документа формату А1.

Робота присвячена впровадженню електрифікації і автоматизації у технологічному процесі виготовлення пиломатеріалів і сушіння деревини в сушильній установці камерного типу. У проекті розрахований електропривод і вибраний електричний двигун деревообробного верстата, а також впроваджено нову функціональну багатоконтурну схему автоматизації технологічного процесу сушіння деревини в сушильній камері за допомогою повітряного підігріву, припливно-витяжної вентиляції та подачі пакетів дошок або брусків. Зроблено обґрунтований вибір засобів автоматизації сушарки. Виконано розробку схеми електричної принципової шафи автоматичного керування вентилятором сушарки. Виконаний вибір елементів схеми принципової шафи керування. Перелік вибраних елементів наведений на полі схеми електричної принципової.

В розділі «Охорони праці» розроблені заходи по підвищенню електробезпеки в деревообробному цеху. Прийняті технічні рішення обґрунтовані в техніко-економічному розділі. Доведено, що автоматизація технологічного процесу сушіння пиломатеріалів сприяє економії електроенергії на ділянці та підвищенню якості кінцевого продукту.

Ключові слова: КАМЕРНА СУШИЛЬНА УСТАНОВКА, ВЕНТИЛЯТОР, ТЕМПЕРАТУРА, ВОЛОГІСТЬ, ЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЕР, ПОДАЧА, ВИКОНАВЧИЙ МЕХАНІЗМ.

## ЗМІСТ

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....                                                        | 7  |
| ВСТУП.....                                                                                        | 8  |
| РОЗДІЛ 1 ЕЛЕКТРИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ЦЕХУ.....                                                          | 10 |
| 1.1 Характеристика об'єкту розробки.....                                                          | 10 |
| 1.2 Розрахунок і вибір електричного обладнання цеху.....                                          | 14 |
| 1.2.1 Вибір електричного двигуна деревообробного верстата.....                                    | 15 |
| 1.2.2 Розрахунок механічної характеристики двигуна верстата.....                                  | 18 |
| 1.3 Розрахунок вентиляції деревообробного цеху.....                                               | 21 |
| 1.4 Світлотехнічний розрахунок деревообробного цех.....                                           | 24 |
| 1.5 Електротехнічний розрахунок освітлення деревообробного цеху...                                | 27 |
| 1.6 Вибір пускової і захисної апаратури шафи керування вентиляторів.                              | 31 |
| РОЗДІЛ 2 ДЕРЕВОСУШИЛЬНИЙ АГРЕГАТ КАМЕРНОГО ТИПУ.<br>ТЕХНОЛОГІЯ СУШІННЯ. ЗАДАЧІ АВТОМАТИЗАЦІЇ..... | 34 |
| 2.1 Агрегат сушіння деревини як об'єкт технології.....                                            | 34 |
| 2.2 Конструкція агрегату, елементний склад, призначення елементів...                              | 36 |
| 2.3 Технологічний процес сушіння деревини. Задачі автоматизації.....                              | 39 |
| 2.4 Аналітичний огляд відомих систем автоматизації.....                                           | 42 |
| 2.5 Постановка задачі автоматизації.....                                                          | 47 |
| РОЗДІЛ 3 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ .....                                                 | 48 |
| 3.1 Характеристика об'єкта автоматизації.....                                                     | 48 |
| 3.2 Опис функціональної схеми. Елементний склад.....                                              | 51 |
| 3.3 Контури регулювання технологічних параметрів.....                                             | 52 |
| 3.4 Висновки по розділу.....                                                                      | 57 |

|           |            |          |        |      |                                                                                                                                             |      |      |         |
|-----------|------------|----------|--------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|---------|
|           |            |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ                                                                                                                           |      |      |         |
|           |            |          |        |      |                                                                                                                                             |      |      |         |
| Змн.      | Арк.       | № докум. | Підпис | Дата | Електрифікація і автоматизація технологічних процесів у цеху для сушіння деревини з розробкою шафи керування обладнанням сушильної камери.. | Літ. | Арк. | Акрюшіє |
| Розроб.   | Олішевська |          |        |      |                                                                                                                                             |      |      |         |
| Перев.    | Логвінов   |          |        |      |                                                                                                                                             |      |      |         |
|           |            |          |        |      |                                                                                                                                             |      |      |         |
| Н. Контр. | Антипчук   |          |        |      |                                                                                                                                             |      |      |         |
| Затверд.  | Лаврішев   |          |        |      |                                                                                                                                             |      |      | ЖАТФК   |

|                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
|                                                                              | 6  |
| РОЗДІЛ 4 ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....                                  | 58 |
| 4.1 Давачі та виконавчі елементи.....                                        | 58 |
| 4.2 Технологічний контролер та панель оператора.....                         | 62 |
| РОЗДІЛ 5 Проектування шафи керування вентилятором камери.....                | 65 |
| 5.1 Призначення.....                                                         | 65 |
| 5.2 Технічні дані.....                                                       | 65 |
| 5.3 Будова та робота шафи управління.....                                    | 66 |
| РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ.....                                                  | 68 |
| 6.1 Загальні положення.....                                                  | 68 |
| 6.2 Електробезпека.....                                                      | 69 |
| РОЗДІЛ 7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ<br>ПРИЙНЯТИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ..... | 71 |
| 7.1 Вихідні дані для розрахунку.....                                         | 71 |
| 7.2 Розрахунок економічної ефективності.....                                 | 72 |
| ВИЗНОВКИ.....                                                                | 74 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....                                              | 78 |

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

## СПИСОК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

КСА – камерний сушильний агрегат

МАВ – метод активного вентилявання

КТ – контролер технологічний

СУ - система управління

СК – сушильна камера

АСУ – автоматизована система управління

ПЛК – програмований логічний контролер

МК – мікроконтролер

НВЧ – надвисока частота

ПЗ – програмне забезпечення

АЦП – аналого-цифровий перетворювач

ЦАП – цифро-аналоговий перетворювач

ЧЕ – чутливий елемент

ПО –панель оператора

ППП – пристрій плавного пуску

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

## ВСТУП

Автоматизація технологічних процесів в деревообробній промисловості є одним із значущих факторів для економіки України, враховуючи великі обсяги заготівлі деревини та експорту виробів з дерева листяних і хвойних порід. Цим визначається актуальність даного проекту, присвяченого розробці системи автоматизації технологічного процесу в агрегаті сушіння деревини камерного типу.

Технологічним об'єктом, для якого розробляється система автоматизації, є камерний сушильний агрегат (КСА). КСА призначений для пакетного сушіння дошок і брусків хвойних порід дерева. Максимальна завантажувальна маса пакету заготовок складає 50 куб.м. В якості енергоносія використовується природний газ. На сьогоднішній день, сушка деревини та пиломатеріалів проводиться, в своїй більшості, в камерах сушіння конвекційного типу, дана технологія не є енергоефективною, а сам процес сушіння займає багато часу, але даний спосіб є найбільш бюджетним варіантом для більшості підприємств по деревообробці, а також багато підприємств які працюють не перший десяток років використовують застаріле обладнання і не мають змоги придбати нове. Саме тому, розробка автоматизованої системи сушки деревини на основі конвекційної сушильної камери, з використанням сучасних засобів автоматизації є актуальною та дозволить вагомо підвищити показники якості сушки, зменшити енерговитрати технологічного процесу та необхідний для сушки час.

Метою даного дипломного проекту є розробка проекту автоматизованої системи і сушки деревини в конвекційній сушильній камері, яка володітиме технічними показниками наближеними до потрібного оптимуму, високою надійністю та простим інтерфейсом управління для користувача-оператора. Для вирішення питань контролю та автоматизації, у

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

дипломному проекті передбачено використання різноманітних датчиків, виконавчих та допоміжних механізмів.

На підставі проведеного аналізу технологічної схеми сушарки та регламенту технологічного процесу визначені задачі автоматизації, запропонована функціональна схема системи автоматизації та вибрані технічні засоби для її технічної реалізації. Розроблені локальні системи управління виконавчими механізмами та комп'ютерно-інтегрована система управління агрегатом. Запропоновані інженерні рішення щодо охорони праці обслуговуючого персоналу при експлуатації КСА. Можливість технічної реалізації запропонованої системи автоматизації забезпечена комплектом конструкторської документації.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

## РОЗДІЛ 1 ЕЛЕКТРИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ЦЕХУ СУШІННЯ ДЕРЕВИНИ

### 1.1 Характеристика об'єкту розробки

В даному дипломному проекті розглядаються питання комплексної електрифікації технологічних процесів в деревообробній майстерні, яка може обслуговувати різні сільськогосподарські виробництва у якості постачальника пиломатеріалів для робіт різного призначення, а також для виготовлення заготовок з дерева для різних виробництв. В склад деревообробної майстерні входить пилорама, яка займає окрему виробничу ділянку; приміщення сушильної камери; деревообробний цех, який виконує основні роботи по розпилюванню деревини з метою отримання різних брусів, дошок за допомогою різних рамних, стрічкових та круглих пил. Крім цього застосовуються методи розпилювання на відповідні розмірні заготовки згідно з вимогами безпосереднього замовника.

В проекті передбачено також вирішення питань, пов'язаних з збереженням енергетичних ресурсів. Ці питання планується вирішувати по двох напрямках. По-перше, шляхом застосування найсучаснішого електрообладнання та технологій, які дозволили б забезпечити зменшення енергетичних та ресурсних витрат. Так наприклад: в роботі приймається рішення щодо вибору сучасної пускової і захисної апаратури з використанням магнітних пускачів ПМЛ, автоматичних вимикачів типу ВА-51, ВА-16, по-друге проектуванням шафа автоматизованого керування вентилятором та іншим електричним обладнанням сушильної камери, яка є об'єктом, що споживає значну частину енергії у деревообробному цеху .

Технологічні рішення передбачають застосування сучасного деревообробного обладнання та енергоощадних режимів, розробку та застосування автоматичних методів регулювання технологічними режимами

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

на різних стадіях технічного процесу. Зокрема планується розглянути систему автоматичного регулювання процесами сушки деревини, що обумовить не тільки підвищення якості сушки, але і забезпечить зменшення енерговитрат, які в усьому технологічному процесі займають значне місце і становлять до 50-60% від усіх енерговитрат деревообробної майстерні.

Важливим є також те, що в даній роботі планується використання технологічного процесу, який передбачає повний цикл переробки деревини від пилорами до сушіння та різних видів механічної обробки, до виготовлення конкретної продукції та транспортування до складу.

Для висвітлення технологічного обладнання деревообробного цеху наведемо його перелік відповідно до виконуваних технологічних операцій:

- 1 - пилорама (розпилювання деревини);
- 2 - сушарка (сушіння деревини);
- 3 - пила,(циркулярка);
- 4 - круглопильний верстат;
- 5 - фугувальний верстат;
- 6 - вертикально-свердлильний верстат;
- 7 - фрезерний верстат;
- 8 - столярний верстат;
- 9 - рейсмус;
- 10 – електричний рубильник;
- 11 – верстат для заточування.

Проводячи аналіз сучасного стану розвитку деревообробки та обравши конкретні технологічні операції нами було вибрано відповідне до перерахованого технологічне обладнання (табл. 1.1).

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

Таблиця 1.1 - Технологічне обладнання деревообробного цеху

| № | Назва обладнання                 | Робоча машина, тип | Електро-двигун          | P <sub>ном</sub> , кВт |
|---|----------------------------------|--------------------|-------------------------|------------------------|
| 1 | Циркулярка                       | ЦМЭ-2              | АИР90L2У3               | 3,0                    |
| 2 | Фугувальний верстат              | СФ-25-1            | АИР80А2У3               | 1,5                    |
| 3 | Рейсмус                          | СР3-4              | АИР100S2У3<br>АИР71В2У3 | 4,0 (вал)<br>1,1       |
| 4 | Вертикально-свердлильний верстат | МС-11              | АИР80А2У3               | 1,5                    |
| 5 | Електрорубильник                 | И-25               | АИР63А2У3               | 0,37                   |
| 6 | Фрезерний верстат                | Ф-4                | АИР63А2У3               | 0,37                   |
| 7 | Заточний верстат                 | С-475              | АИР56А2У3               | 0,18                   |
| 8 | Круглопильний верстат            | Ц-5                | АИР112М2У3              | 7,5                    |
| 9 | Пилорама                         | Р-65-1             | АИР225М8У3              | 28                     |

В таблиці 1.2 наведено основне технологічне обладнання сушарки.

В якості електричного привода робочих машин (верстатів) використані сучасні двигуни марки АИР (див. табл. 1.1).

Вибір відповідних верстатів зроблено згідно з їх призначенням: циркулярна пила призначена для повздовжнього та поперечного розпилювання заготовок; фугувальний (СФ 25) та рейсмусовий верстати призначені для стругання заготовки з дерева в розмірі; вертикально-свердлильний (МС-11) виконує роботи по свердлінні гнізд, пазів та інших технологічних та конструктивних отворів. Фрезерний верстат (Ф-4) призначений для профільної обробки заготовок та обробки по шаблонам так само як і електричний рубильник (И-25).

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

Таблиця 1.2 - Технологічне обладнання сушильної камери

| Найменування обладнання                    | Кількість | $P_{\text{ном}}$ , кВт | $P_{\text{спож}}$ , кВт |
|--------------------------------------------|-----------|------------------------|-------------------------|
| Вентилятор осьовий                         | 3         | 2,2                    | 2,17                    |
| Система зволоження повітря                 | 1         | 0,2                    | 0,2                     |
| Вологовивідні клапани з електроприводом    | 2         | 0,017                  | 0,014                   |
| Регулятор температури та вологості повітря | 1         | 0,06                   | 0,06                    |
| Блок керування вентилятором                | 1         | 0,05                   | 0,05                    |
| Електрокалорифер                           | 4         | 9,0                    | 9,0                     |

Швидкість робочих органів верстатів від 40-60 до 250-300 об/хв., в залежності від призначення та виду роботи. Можливе застосування лише однієї швидкості з нормальними пусковими характеристиками. Навантаження робочих машин циклічне, має пульсуючий або ударний характер. При пуску електродвигуни верстатів відсутні навантаження на різучий інструмент.

У більшості верстатів швидкість подачі постійна і регулюється за допомогою ремінних шківів або зміною передач редуктора.

В деревообробному цеху передбачається також заточний верстат типу С-457, який призначений для заточування ножів, пил та іншого робочого деревообробного інструменту. До складу обладнання майстерні входить також пилорама (Р-65), що призначена для розпилювання круглого лісу. Пилорама має номінальну потужність 28 кВт. Деревообробна майстерня обладнана відповідними вентиляційними пневматичними установками, а на окремих робочих місцях передбачаються індивідуальні витяжні шафи.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

Особливо витяжні шафи присутні на ділянках, де передбачена можливість появи значного пилу. Окрему ділянку у вигляді окремого приміщення (залізобетонна камера), являє сушильна камера, у якій відбувається сушіння деревини до відповідної технологічної вологості. В склад обладнання камери входить вентилятор осьовий, система зволоження, регулятор температури і вологості, електрокалорифер. Встановлена потужність камери становить 42,84 кВт. В якості прикладу наведена технічна характеристика камери (табл. 1.2).

У верстатів, які застосовуються в майстерні, швидка подача заготовки на обробку і регулювання здійснюється за допомогою ремінних шківів або зміною передач редукторів швидкості. Особливостями роботи обладнання є також те, що при пуску електричного двигуна верстати не мають навантаження на ріжучому інструменті, оскільки пуск здійснюється перед подачею заготовки на обробку.

Швидкість обертання робочих органів становить від 40 до 300 об/хв в залежності від призначення та виду роботи. Треба підкреслити, що більшість верстатів застосовуються тільки з однією швидкістю та з нормальними пусковими характеристиками.

## 1.2 Розрахунки і вибір електричного обладнання деревообробного цеху

Основу електрообладнання цеху складають електроприводи. Рациональний електропривод вибираємо за наступними вимогами:

- найбільш повна відповідність електроприводу приводним характеристикам робочих машин (технологічним, кінематичним, механічним, навантажувальним та інерційним);
- максимальне використання потужності електродвигуна в процесі роботи;

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

- відповідність елементів електроприводу умовам навколишнього середовища;
- відповідність електроприводу параметрам електромережі, від якої він живиться;
- забезпечена відповідність електроприводу робочій машині за умов пуску;
- витримана можливість забезпечення максимального можливого числа включень електродвигуна в повторно-короткочасному режимі роботи.

### 1.2.1 Вибір електродвигуна деревообробного верстата

Електропривод круглопильного верстата – це електромеханічна система, яка складається з: електричного двигуна, перетворювального, механічного передавального та керуючого пристроїв і призначена для приведення в рух виконавчих органів робочої машини та керування цим рухом. Основою будь-якого електропривода є один або декілька електродвигунів, призначених для перетворення електричної енергії в механічну. Вони отримують живлення від джерела електроенергії, в т. ч. і через перетворюючий пристрій, який перетворює параметри електричної енергії (струм, напругу, частоту).

Механічний передавальний пристрій передає механічну енергію від електродвигуна до виконавчого органу робочої машини та узгоджує вид та швидкість їх руху. В сучасних деревообробних верстатах найбільш поширені клинопасові передачі а також різноманітні за своєю конструкцією з'єднувальні муфти.

Електродвигуни вибирають за родом струму, напругою, режимом роботи, електричною модифікацією, конструктивним виконанням, ступенем захисту персоналу від доторкання до струмоведучих частин та потрапляння всередину корпусу твердих сторонніх предметів і вологи, кліматичним виконанням, частотою обертання, потужністю.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

Режим роботи двигуна залежить від організації подачі: якщо брус поступає за брусом без перерви, то режим роботи тривалий S1, в іншому разі – переміжний режим роботи S6.

При виборі потужності приводного двигуна деревообробного верстату вхідною величиною є статичне навантаження на валу механізму. Значення і характер навантаження верстату визначаються силами, які діють на робочий орган. Таким чином, вибір потужності електродвигуна здійснюється за навантажувальною діаграмою деревообробного верстата, яка залежить від розмірів, виду деревини, режимів обробки  $P = f(t)$ .

Значення і характер навантаження верстату визначаються силами, які діють на робочий орган. Таким чином, вибір потужності електродвигуна здійснюється за навантажувальною діаграмою деревообробного верстата  $P=f(t)$ , яка залежить від розмірів, виду деревини, режимів обробки.

Режим роботи електродвигуна – тривалий (S1). Напишемо для даного режиму роботи умову вибору електродвигуна за потужністю:

$$P_{н.дв.н} \geq P_{дв.р} = \frac{P_{дв.р}}{\eta_e}; \quad (1.1)$$

де  $P_{дв.р}$  – розрахункова потужність, кВт;

$\eta_e$  - ККД передачі верстата.

Розрахункову потужність деревообробного верстату визначають за формулою:

$$P_{дв.р} = F_p V_p; \quad (1.2)$$

де  $F_p$  – величина сила різання деревини, Н;

$V_p$  - швидкість різання, м/с;

$$F_p = 9,81 \cdot C_p t \rho^{0,75}, \quad (1.3)$$

де, коефіцієнт різання  $C_p = 11$ ;

$t$  - глибина різання, мм;

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

$\rho$  - величина подачі, мм/об.

Тоді  $F = 9,81 \cdot 11 \cdot 2 \cdot 1^{0,75} = 216 \text{ Н}$ .

Швидкість різання деревини:

$$V_p = \frac{\pi \cdot D_n}{60 \cdot 1000}; \quad (1.4)$$

$$V_p = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 2500}{60 \cdot 1000} = 13,1$$

Тоді  $P_{\text{дв.р}} = 216 \cdot 13,1 = 2830 \text{ Вт};$

$$P_{\text{дв}} = \frac{P_{\text{дв.р}}}{\eta_{\text{к.п}} \eta_{\text{з.п}}} = \frac{2830}{0,95 \cdot 0,97} = 3070 \text{ Вт}. \quad (1.5)$$

де в знаменнику знаходяться ККД клинопасової і зубчастої передач.

Згідно з кінематичною схемою деревообробного верстата коробка передач забезпечує швидкість з передаточним числом 0,5;1,25;1,7.

Отже вибираємо швидкісний двигун з числом обертів:

$$n_{\text{дв.нб}} = \frac{n_{\text{щ.нб}}}{i_{\text{к.п}} \cdot i_{\text{з.п}}} = \frac{2500}{0,54 \cdot 1,7} = 2730 \frac{\text{об}}{\text{хв}}; \quad (1.6)$$

$i_{\text{к.п}}$  - передаточне число клинопасової передачі;

$i_{\text{з.п}}$  - передаточне число зубчастої передачі.

Для електроприводу деревообробного верстату приймаємо трьох фазний багато швидкісний асинхронний електродвигун з короткозамкненим ротором марки АИР112М6/4/2.

Технічні параметри електродвигуна занесено в таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 - Технічні характеристики електродвигуна АИР112М6/4/2

| Р, кВт | N,<br>об/хв | $\eta$ | $\cos\phi$ | $I_{\text{п}}/I_{\text{н}}$ | Інд.<br>Мех.х-<br>ка | $M_{\text{к}}/M_{\text{н}}$ | $M_{\text{п}}/M_{\text{н}}$ | $J_{\text{р}},$<br>кг·м |
|--------|-------------|--------|------------|-----------------------------|----------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 3,2    | 2800        | 0,75   | 0,86       | 6,5                         | 5                    | 2,0                         | 1,7                         | 0,017                   |

|      |      |          |        |      |                   |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ |  |  |  | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |  |  |  |      |

Таким чином номінальна потужність вибраного двигуна більше від розрахункової, з урахуванням ККД передач ( $3,2 > 3,07$ ), а отже за потужністю двигун вибрано правильно.

Деревообробний верстат кріпиться на лапи, тому за конструктивними вимогами вибираємо ІМ1081. За ступенем захисту, кліматичним виконанням, категорією розміщення обираємо двигун ІР54, АІР112М6/4/2.

### 1.2.2 Розрахунок механічної характеристики електродвигуна

Механічною характеристикою електродвигуна обертального руху називають залежність кутової швидкості його валу від обертового моменту.

Розраховуємо механічну характеристику електродвигуна за рівнянням механічної характеристики:

$$M_c = M_o + (M_{сн} - M_o) \left( \frac{\omega}{\omega_n} \right)^x; \quad (1.7)$$

де  $M_c$  - статичний момент опорів, Нм;

$M_o$  - момент від сили тертя, Нм;

$x$  - степінь зміни швидкості від зміни моменту;

$M_{сн}$  - номінальний момент;

При  $x=0$ ,  $M_o = M_{сн}$ .

Приймаємо, що момент від сили тертя становить 20% від номінального. Тоді:

$M_o = 0,2 M_{вн}$ ;

$$M_{вн} = 9550 \frac{P_{дв.р}}{\eta} \quad (1.8)$$

де  $M_{вн}$  - номінальний момент верстата,

$P_{дв.р}$  - потужність двигуна розрахункова;

Отже момент електроприводу при холостому ході:

$$M = 0,2 \cdot 9550 \cdot \frac{2,83}{2800} = 2 \text{ Нм};$$

$M_c = 2 \text{ Нм}$ , при пуску двигуна не змінюється.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

Визначаємо зведений до валу двигуна момент інерції:

$$J_{зв} = J_d + J_n + \frac{J_{заг}}{i^2}; \quad (1.9)$$

$J_d$  - момент інерції ротора;

$J_n$  - момент інерції елемента передачі від двигуна до шпинделя;

$J_{заг}$  - момент інерції загальний, кг.м<sup>2</sup>;

$i_2$ -передаточне число між валом двигуна і валом верстата.

Приймаємо  $I_n = I_d$ .

$$I_{заг} = \frac{\pi \rho D^4 L}{32} = \frac{3.14 \cdot 800 \cdot 0.1^4 \cdot 1.6}{32} = 0.013 \text{ кг.м}^2; \quad (1.10)$$

$$i = \frac{n_{дв.н}}{n_{шт}} = \frac{2600}{2500} = 1.12; \quad (1.11)$$

$$I_{зв} = 0.17 + 0.17 + \frac{0.013}{1.12^2} = 0.045 \text{ кг.м}^2;$$

Будуємо механічну характеристику двигуна  $f(M_d)$  і робочої машини  $\omega = f(M_{с.св.})$ ;

$$M_{с.св.} = \frac{M_o}{i \cdot \eta_{пер}} = \frac{2}{1.12 \cdot 0.95 \cdot 0.97} = 1.9 \text{ Нм} \quad (1.12)$$

$$M_{дин} = M_d - M_{с.зв} \quad (1.13)$$

Розраховуємо і будуємо графік динамічного моменту двигуна  $\omega = f(M_d)$ . Графік  $\omega = f(M_d)$  поділяємо на ділянки з  $\Delta\omega$  (рис. 1.2). На кожній ділянці знаходимо середнє значення динамічного моменту.

Перевіримо можливість пуску деревообробного верстата за умовою:

$$0.8 M_{дв.п} \geq M_{с.зв.о} \quad (1.14)$$

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

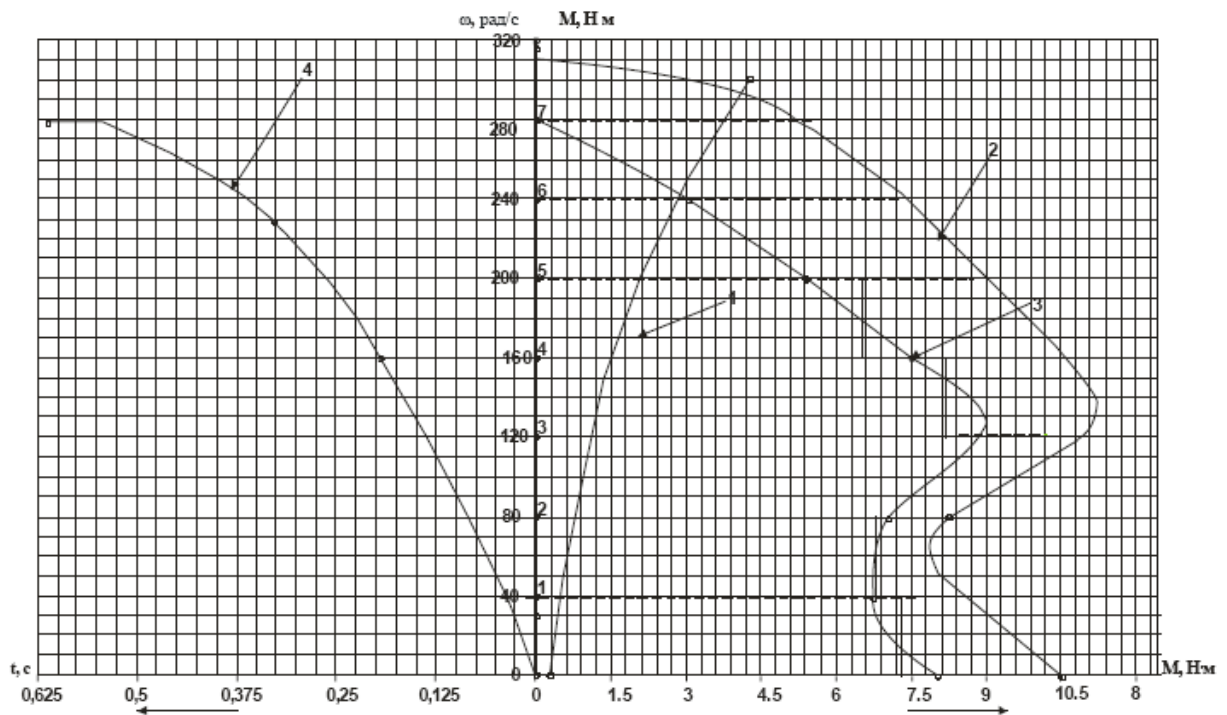


Рисунок 1.1 Графік визначення часу пуску електродвигуна  
Величини розрахунків моментів часткових пусків зведено в табл. 1.4.  
Таблиця 1.4 - Величини моментів часткових пусків електродвигуна

| №  | W, л/с | Мдип.ср., Нм | t    | $t_n = \sum \Delta t, c$ |
|----|--------|--------------|------|--------------------------|
| 1  | 31.4   | 11           | 0.13 | 0.13                     |
| 2  | 31.4   | 9.2          | 0.15 | 0.28                     |
| 3  | 31.4   | 8.3          | 0.17 | 0.45                     |
| 4  | 31.4   | 8.3          | 0.17 | 0.62                     |
| 5  | 31.4   | 8.6          | 0.16 | 0.79                     |
| 6  | 31.4   | 9.3          | 0.15 | 0.93                     |
| 7  | 31.4   | 10.1         | 0.14 | 1.07                     |
| 8  | 31.4   | 12.0         | 0.12 | 1.19                     |
| 9  | 47.1   | 15.0         | 0.14 | 1.33                     |
| 10 | 15.7   | 8.5          | 0.08 | 1.51                     |

$M_{дв.п.}$  - момент пуску двигуна,

$M_{с.зв.о}$  - момент зрушення,

$$M_{дв} = \mu \cdot M = 1,7 \cdot 10,9 = 18,5 \text{ Нм.}$$

Отже маємо  $18,5 \gg 1,9 \text{ Нм}$ . Умова виконується.

|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

ДП 141.043.033 ПЗ

Арк.

### 1.3 Розрахунок вентиляції деревообробного цеху

З метою забезпечення санітарно-гігієнічних умов праці в усіх виробничих приміщеннях необхідно передбачити припливно-витяжну вентиляцію з врахуванням відсотків від обладнання, яке виділяє шкідливі речовини.

Розрахунок вентиляції проводимо для деревообробного цеху на прикладі витяжної шафи біля фрезерного верстату, де кратність повітрообміну рівна трьом.

Необхідний обмін повітря за годину визначаємо за формулою:

$$L_n = V \cdot K_p, \frac{\text{м}^3}{\text{год}}; \quad (1.15)$$

де  $V$  – об'єм приміщення для якого розраховуємо вентиляцію,  $\text{м}^3$ ;  $V = 2310 \text{ м}^3$ ;

$K_p$  – кратність повітрообміну, приймаємо відповідно до рекомендацій  $K_p = 3$ .

В результаті

$$L_n = 2310 \cdot 3 = 6930 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}.$$

Місцева витяжка повітря приміщення виконане у вигляді витяжної шафи.

Кількість повітря, що видаляється із шафи, визначаємо за формулою:

$$L_{ш} = 3600 V_{сер} \cdot F, \frac{\text{м}^3}{\text{год}}; \quad (1.16)$$

де  $V_{сер}$  – середня швидкість повітря в робочому отворі,  $\text{м/с}$ ;  $V_{сер} = 1,5 \text{ м/с}$ ;

$F$  – площа поперечного перерізу робочого отвору,  $\text{м}^2$ ;

$$F = 0,4 \text{ м}^2$$

$$L_{ш} = 3600 \cdot 1,5 \cdot 0,4 = 2160 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}.$$

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

Сумарний повітрообмін буде дорівнювати:

$$\sum L = L_i + L_o, \text{ м}^3/\text{год}; \quad (1.17)$$

$$\sum L = 6932 + 2160 = 9090 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Відповідно до розміру витяжної шафи приймаємо повітропровід перерізом  $216 \times 216$  мм із оцинкованої сталі.

Опір мережі повітропроводів визначаємо за формулою:

$$H_c = 0,0825 \left( \lambda \frac{l}{d} + \sum \beta \right) \frac{L^2 \cdot \gamma}{d^4}, \text{ Н/м}^2 \quad (1.18)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт опору мережі на прямолінійних ділянках мережі,  $\lambda = 0,015$ ;

$d$  – діаметр повітропроводу, мм, для квадратних повітропроводів

приймається рівновеликий діаметр, в даному випадку приймаємо  $d = 0,315$  м;

$L$  – посекундна витрата повітря,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$$L = 9090 \text{ м}^3/\text{год} = 2,5 \text{ м}^3/\text{с};$$

$\gamma$  – густина повітря в повітропроводі,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

при  $t = 18^\circ \text{C}$   $\gamma = 12,1 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

Сумарний коефіцієнт опору повітропроводу:

$$\sum \beta = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5 + \beta_6 + \beta_7. \quad (1.19)$$

де  $\beta_1$  – коефіцієнт опору конічного розтруба з кутом  $\alpha = 60^\circ$ ,  $\beta_1 = 0,22$  [4];

$\beta_2, \beta_4$  – коефіцієнт опору відводів,  $\beta_2 = \beta_4 = 0,25$ ;

$\beta_3, \beta_5$  – коефіцієнт опору бокових входів,  $\beta_3 = \beta_5 = 0,6$ ;

$\beta_6$  – коефіцієнт опору прямокутного трійника,  $\beta_6 = 1,0$ ;

$\beta_7$  – коефіцієнт опору зонти звичайного,  $\beta_7 = 1,3$  [4].

В результаті

$$\sum \beta = 0,22 + 0,25 + 0,6 + 0,25 + 0,6 + 1,0 + 1,3 = 4,22$$

$l$  – довжина повітропроводу, м, приймаємо  $l = 8$  м.

Визначаємо опір мережі повітропроводів

$$H_c = 0,0825 \left( 0,015 \frac{5}{0,315} + 4,22 \right) \cdot \frac{2,5^2 \cdot 12,1}{9,84 \cdot 10^{-3}} = 2830 \text{ Н/м}^2.$$

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

Приведений тиск, який повинен забезпечувати вентилятор, визначаємо за формулою:

$$P_p = 2830 \cdot \frac{273+t}{273+t_1} \text{ Па} \quad (1.20)$$

де  $t$  – розрахункова температура в приміщенні,  $t=15^\circ\text{C}$ ;

$t_1$  – температура повітря в системі,  $t_1=18^\circ\text{C}$ . Тоді

$$P_p = 2830 \cdot \frac{273+15}{273+18} = 2800 \text{ Па}$$

Враховуючи підсмоктування повітря, подача вентилятора повинна бути збільшена у порівнянні з розрахунковою на 10% (вимога СНіП 11-Г7-62):

$$L_6 = 909 + 9090 = 9999 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Вентилятори з штучними спонукачами обміну повітря вибирають за їх номінальними подачами  $L_n$  і тиском  $P_n$  та відповідними розрахунковими подачами  $L_6$  і тиском  $P_p$ , виходячи з умов:

$$\begin{aligned} L_n &\geq L_6, \\ P_n &\geq P_p. \end{aligned} \quad (1.21)$$

Згідно даних умов вибираємо відцентровий вентилятор типу В-ЦЧ-75-4 [5] з наступними номінальними характеристиками:

- продуктивність  $L_n = 6360 \text{ м}^3/\text{год.}$ ;
- тиск  $P_n = 4600 \text{ Па.}$ ;
- частота обертання робочого колеса  $n_n = 2900 \text{ об/хв.}$ ;
- встановлена потужність електродвигуна  $P_{\text{дв}} = 5,5 \text{ кВт.}$  тому що:

$$P_{\text{дв}} = \frac{K_{\text{заг}} \cdot P_n}{\eta} = \frac{1,1 \cdot 4,75}{0,95} = 5,5 \text{ кВт} \quad (1.22)$$

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

### 1.4 Світлотехнічний розрахунок деревообробного цеху

Світлотехнічний розрахунок зводять до вибору виду і системи освітлення, нормованої освітленості, коефіцієнта запасу світлових приладів, розрахунку розміщення світлових приладів, визначення потужності джерел світла.

Робоче освітлення, це освітлення, що призначене для забезпечення нормальних умов роботи обслуговуючого персоналу. Воно повинно забезпечувати нормовану освітленість у всіх точках робочої поверхні і мати відповідну якість, обумовлене відхиленнями напруги, пульсацією світлового потоку, спектральним складом світла, рівномірністю освітлення та ін.

Робоче освітлення включають тільки при виконанні персоналом робіт в даному приміщенні.

Проведемо для деревообробного цеху світлотехнічний розрахунок методом питомої потужності.

Відзначимо вихідні дані, що необхідні для проведення розрахунку освітлення вибраним методом:

- довжина приміщення  $A = 48000$  мм;
- ширина приміщення  $B = 19000$  мм;
- висота приміщення  $H = 6000$  мм;
- площа приміщення  $S = 912$  м<sup>2</sup> ;
- нормована освітленість  $E_n = 100$  лк;
- коефіцієнти відбиття:
- стелі  $\rho_c = 50$  %;
- стін  $\rho_{ст.} = 30\%$ ;
- робочої поверхні 10%.

Визначимо розрахункову висоту підвісу світильника за формулою:

$$H_p = H - h_c - h_p, \text{ м.}; \quad (1.23)$$

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

де Н- висота приміщення;

$h_c$ - відстань від стелі до світлового центру світильника, м,  $h_c=1,5$  м;

$h_p$ - рівень робочої поверхні над підлогою, м.  $h_p = 1$  м.

$$H_p = 6 - 1,5 - 1 = 3,5 \text{ м.}$$

Обчислимо відстань між світильниками за формулою:

$$L = \lambda H_p; \quad (1.24)$$

де  $\lambda$  - відносна відстань між світильниками, для кривої світлорозподілу М (рівномірний). Відповідно до вибраного джерела світла світильника НСП 09, відносну відстань можемо прийняти  $\lambda = 0,9$ .

$$L = 0,9 \times 3,5 = 3,15 \text{ м.}$$

Приймаємо  $L = 3$  м.

Визначаємо кількість світильників в ряду за формулою:

$$n_A = \frac{A}{L}, \text{ шт}; \quad (1.25)$$

де А - довжина приміщення, м. Тоді

$$n_A = \frac{48}{3} = 16 \text{ шт.}$$

Знаходимо в приміщенні кількість рядів світильників за формулою:

$$n_B = \frac{B}{L}, \text{ рядів};$$

де В – ширина приміщення, м. Отже

$$n_B = \frac{19}{3} = 6,33 \text{ рядів.}$$

Приймаємо  $n_B$  6 рядів.

Загальну кількість світильників в цеху сушіння деревини обчислюємо за формулою:

$$N = n_A \cdot n_B, \text{ шт}; \quad (1.26)$$

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

$$N = 16 \cdot 6 = 96 \text{ шт.}$$

Питому потужність для вибраного нами світильника НСП09 з нормованою освітленістю  $E_n = 100$  лк, а також відповідно до площі приміщення

$$S = 912 \text{ м.}$$

Вибираємо із літератури [7] :  $P_{\text{пит}} = 23,6 \text{ Вт/м}^2$ .

Знаючи, що кількість ламп в світильнику  $n=1$ , визначаємо розрахункову потужність необхідної нам лампи, встановленої в світильник:

$$P = \frac{P_{\text{пит}} \cdot S}{n \cdot N}, \text{ Вт;} \quad (1.27)$$

де  $P_{\text{пит}}$  –питома потужність світильника НСП09, Вт/м<sup>2</sup> ;

$S$  - площа приміщення, м<sup>2</sup> ;

$N$  - загальна кількість світильників в цеху;

$n$  - кількість ламп в світильнику.

$$P = \frac{23,6 \cdot 912}{1 \cdot 96} = 224 \text{ Вт.}$$

Для прийнятого нами типу світильника доцільно вибрати енергозберігаючу світлодіодну лампу загального призначення типу КЛ 28 з номінальною потужністю  $P_n=28$  Вт, яка має такий же світловий потік, як і лампа розжарення в 200 Вт. Ф лампи дорівнює 2300 лм.

Визначимо фактичну освітленість за формулою:

$$E_{\phi} = E_n \frac{P_n}{P} \text{ лк;} \quad (1.29)$$

$$E_{\phi} = 100 \frac{200}{224} = 96 \text{ лк.}$$

Визначаємо відповідність фактичної освітленості нормованій, по допустимому відхиленню освітленості, за формулою:

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

$$\Delta E = \frac{E_{\phi} - E_n}{E_n} 100\%; \quad (1.30)$$

$$\Delta E = \frac{96 - 100}{100} 100\% = -4\%.$$

Таким чином, вибрана система освітлення цілком задовольняє вимогам щодо освітленості приміщень деревообробного цеху.

### 1.5. Електротехнічний розрахунок освітлення деревообробного цеху

Для для комутації освітлювальних приладів та захисту від коротких замикань освітлювальної мережі застосовують автоматичні вимикачі.

Вибір автоматичних вимикачів проводимо за умовами:

$$\begin{aligned} U_{нав} &\geq U_{мер} \\ I_{нав} &\geq I_{роб} ; \\ I_{н.роз} &\geq I_{роб} \end{aligned} \quad (1.31)$$

де  $U_{нав}, U_{мер}$  – відповідно, номінальна напруга автоматичного вимикача та напруга електричної мережі, В.

$I_{нав}, I_{н.роз}$  – відповідно, номінальний струм автоматичного вимикача та розчіплювача, А.

$I_{роб}$  - робочий струм групи А.

Освітлювальне навантаження розділено на 6 груп, оскільки в кожній групі нараховується по 16 ламп, то потужність кожної з груп становитиме:

$$P = N_{гр} \cdot P_n, \text{ Вт}; \quad (1.32)$$

$$P = 16 \cdot 200 = 3200 \text{ Вт}.$$

Робочий струм групи визначаємо за формулою:

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

$$I_p = \frac{P}{U_H \cos \varphi}, \text{ A}; \quad (1.33)$$

де  $U_H$  - номінальна напруга мережі, В;

$P$  - потужність однієї групи освітлювального навантаження, Вт;

$\cos \varphi$  - коефіцієнт потужності, для ламп розжарювання  $\cos \varphi = 1$ ;

$$I_{роб} = \frac{3200}{220 \cdot 1} = 14,5 \text{ A}.$$

Аналогічно знаходимо струми інших робочих груп.

Для першої робочої групи вибираємо автоматичний вимикач типу ВА16-14 з  $I_{н.роз} = 16 \text{ A}$ . Перевіримо відповідність умов:

- 1)  $660 \text{ В} > 220 \text{ В}$ ;
- 2)  $25 \text{ А} > 14,5 \text{ А}$ ;
- 3)  $16 \text{ А} > 14,5 \text{ А}$ .

Оскільки умови виконуються, то автоматичний вимикач вибрано вірно. Аналогічно проводимо вибір автоматичних вимикачів для інших груп освітлювального навантаження, а дані заносимо в розрахунково – монтажну таблицю.

Для вибору автоматичного вимикача на вводі розподільного щитка, необхідно розрахувати струм на вводі за формулою:

$$I_{роб.вводу} = \frac{\sum P_i}{\sqrt{3} U_H \cos \varphi}, \text{ A}. \quad (1.34)$$

де  $\sum P_i$  - сумарна потужність споживачів, Вт;

$U_H$  - номінальна напруга живильної мережі, В;

$\cos \varphi$  - сумарний коефіцієнт потужності.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

Тоді

$$I_{роб.вводу} = \frac{19200}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 1} = 29,7 \text{ А}.$$

Для вибору вимикача на вводі скористаємось наступними умовами:

$$1) U_{наб} \geq U_{нсп};$$

$$2) I_{наб} \geq I_{роб.вводу};$$

$$3) I_{роз} \geq I_{роб.вводу}.$$

Вибираємо триполюсний автоматичний вимикач типу ВА51-29-34 з  $I_n = 63 \text{ А}$ ,  $I_{роз} = 31,5 \text{ А}$ . Перевіримо відповідність умов:

$$1) 660\text{В} > 380\text{В};$$

$$2) 63\text{А} > 29,7\text{А};$$

$$3) 31,5\text{А} > 29,7\text{А}.$$

Умови виконуються, отже даний автоматичний вимикач задовольняє нашим вимогам, а його тип можна записати наступним чином:

ВА51- 29-340010P00UXЛЗ.

Апарати захисту освітлювальної мережі доцільно розміщувати в одному комплектному пристрої, для чого вибираємо щиток освітлення, який відповідає кількості робочих груп освітлення і за розмірами задовольняє тип вибраних автоматичних вимикачів. Згідно вимог вибираємо щиток типу ЩА-611 фірми —ЕЛЕТОН||, який комплектується ввідним автоматичним вимикачем ВА51-29-34 та шістьма секційними однополюсними вимикачами типу ВА51-25-14 з  $I_n = 25 \text{ А}$ .

Марку і переріз проводів освітлювальної мережі вибираємо із умови достатньої механічної міцності і довгочасного нагріву проводів. Вибираємо для освітлювальної мережі робочих груп провід марки АПРИ.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

Поперечний переріз проводу визначаємо з умови:

$$I_{роб} \leq I_{тр.доп} . \quad (1.35)$$

де  $I_{роб}$  - робоча сила струму освітлювальної групи, А;

$I_{тр.доп.}$  - тривало-допустимий струм для перерізу даного проводу, А.

При тривало-допустимій силі струму освітлювальної мережі необхідно вибирати переріз проводу не менше 2 мм<sup>2</sup> для збереження надійної механічної міцності.

На основі вище перерахованих вимог, вибираємо провід марки ППВ(2×2) з перерізом 2 мм<sup>2</sup> , з мідними жилами, гумовою ізоляцією і тривало-допустимою силою струму  $I_{тр.доп} = 21$  А.

Оскільки попередньо визначено, що струм однієї робочої групи рівний  $I_{роб} = 14,5$  А, то необхідна нам вимога виконується, оскільки

$$14,5\text{А} > 21\text{А}.$$

Аналогічно вибираємо проводи для інших груп, а дані вибору заносимо в розрахунково-монтажну таблицю.

Для мережі вводу вибираємо кабель марки АВВГ, поперечний переріз якого визначаємо за умовою:

$$I_{вводу} \leq I_{тр.допк} \cdot 0,92 .$$

Вибираємо кабель АВВГ (4×10) з  $I_{тр.доп} = 42$  А. Перевіряємо відповідність умови:

$$29,7\text{А} < 42 \cdot 0,92 \text{ А};$$

$$29,7\text{А} < 38 \text{ А}.$$

Оскільки умова виконується, то вибраний кабель задовольняє нашим вимогам.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

## 1.6 Вибір пускової і захисної апаратури та шаф керування

Вибір пускової і захисної апаратури виконуємо на прикладі електродвигуна приводу вентилятора. Для захисту кола від струмів короткого замикання та перевантажень обираємо автоматичний вимикач. Для розрахунку скористаємось наступними умовами вибору автоматичного вимикача:

$$\begin{aligned} 1. & U_{a.ном} \geq U_{мер.ном}; \quad 2. I_{a.ном} \geq I_{дв.ном}; \quad 3. I_{т.ном} \geq I_{дв.ном}; \\ 4. & I_{у.е} \geq 1,65 K_i I_{дв.ном} \end{aligned} \quad (1.35)$$

Для вентилятора потужністю 30 кВт  $I_{дв.ном} = 60 \text{ А}$ ;  $K_i = 6,5$ ;

Вибираємо автоматичний вимикач типу ВА-2005М63 з номінальним струмом  $I_{a.ном} = 63 \text{ А}$ , вимик. здатністю  $I_{гр.вим.зд} = 12 \text{ кА}$ ; діапазоном теплового розчіплювача  $I_{т.ном} = 45 \dots 63$ ; струмом електромагнітного розчіплювача  $I_{у.е} = 787 \text{ А}$  [5].

Перевіримо відповідність умов для вибраного вимикача:

$$\begin{aligned} 1) & 660 \text{ В} > 380 \text{ В}; \\ 2) & 63 \text{ А} > 60 \text{ А}; \\ 3) & 63 \text{ А} > 60 \text{ А}; \\ 4) & 787 \text{ А} > 6,5 \cdot 60 = 390 \text{ А}. \end{aligned} \quad (1.38)$$

Приймаємо  $I_{к.з}^{(3)} = 3 \cdot 1226 = 3,7 \text{ кА}$ .

Так як зазначені умови виконуються, то вибраний нами тип автоматичного вимикача з його номінальними даними задовольняє нашим вимогам.

Для комутації електродвигуна приводу вентилятора вибираємо електромагнітний пускач за умовами:

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

$$\begin{aligned}
 1) & U_{н.м.п.} \geq U_{мер}; \\
 2) & U_{н.м.п.} \geq U_{кон. кер}; \\
 3) & I_{н.м.п.} \geq I_{н.дв.}; \\
 4) & I_{н.тепл.р.} \geq I_{н.дв.}; \\
 5) & I_{неспр.теп.р.} \geq I_{н.дв.}
 \end{aligned}
 \tag{1.39}$$

Вибираємо магнітний пускач типу ПМА-5102А з  $I_n=60\text{А}$ , а для захисту електродвигуна від недопустимих перевантажень вибираємо теплове реле типу РТИ 3363 з  $I_n= 63\text{А} \dots 80\text{ А}$ ,  $I_{неспр.теп.р.} = 63\text{А}$  [5].

Перевіримо відповідність умов для вибраного нами магнітного пускача і теплового реле:

- 1)  $660\text{ В} > 380\text{ В};$
- 2)  $220\text{ В} = 220\text{ В};$
- 3)  $63\text{ А} > 60\text{ А};$
- 4)  $63\text{ А} > 60\text{ А};$

Умови виконуються, а отже даний тип апаратів нам підходить.

Аналогічно виконуємо вибір пускової і захисної апаратури і для іншого технологічного обладнання. Вибір засобів автоматизації, таких як вимірювач-регулятор та таймер, а також давачі температури та вологості, наведений у розділі 4 даного проекту.

Перевіримо відповідність умов:

- 1)  $380\text{В} = 380\text{В};$
- 2)  $250\text{А} > 69,7\text{А}.$

Оскільки всі апарати захисту та керування силової мережі доцільно розміщувати в одному комплектному пристрої, то виберемо шафу керування за умовами:

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

- 1)  $U_{ш\ кер.} \geq U_{ел. мер.}$ ;
- 2)  $I_{н ш. кер.} \geq I_{розр.}$ ;
- 3) за схемою виконання;
- 4) за конструкцією;

Для керування роботою обладнання лісосушильної камери вибираємо шафу керування типу Ш9408-8072УХЛ2 з параметрами:  $U_{ш\ кер.} = 380В$ ,  $I_{ш\ кер.} = 80А$ .

Висновки до розділу 1.

В даному розділі розглянуті питання вибору сучасного деревообробного обладнання для виготовлення якісних пиломатеріалів. Проведені розрахунки і зроблений вибір електричного обладнання деревообробного цеху. У якості типового електроприводу деревообробного цеху вибрано електропривод деревообробного верстата. Для даного верстата розрахований раціональний електропривод, та вибраний електричний двигун. Проведено розрахунок вентиляції, світлотехнічний та електротехнічний розрахунок освітлення деревообробного цеху, виконано вибір пускової та захисної апаратури та шаф керування.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

## РОЗДІЛ 2 ДЕРЕВОСУШИЛЬНИЙ АГРЕГАТ КАМЕРНОГО ТИПУ. ТЕХНОЛОГІЯ СУШІННЯ. ЗАДАЧІ АВТОМАТИЗАЦІЇ

### 2.1 Агрегат сушіння деревини як об'єкт технології

Сушіння матеріалів є енергоємним процесом, зв'язаним зі значною витратою палива, пару, а також електроенергії, а отже використання високоточної автоматики дозволить значно скоротити термін сушіння та знизити енергетичні затрати. Сушать деревину у виді пиломатеріалів (дошок, брусів, заготовок), шпону (тонколистового матеріалу), трісок, стружки і волокон. Також поширеним є сушіння круглих лісоматеріалів (деталі опор ліній електропередачі, зв'язку, будівельні деталі). Деревину висушують з метою: збереження розмірів і форми деталей; запобігання псуванню і загниванню; збільшення питомої міцності; підвищення якості подальшої обробки і склеювання [1].

Після повного аналізу предметної області, розгляду видів сушки деревини та їх реалізації, прийняте рішення, об'єктом автоматизації вибрати конвекційний сушильний агрегат камерного типу періодичної дії у виді типової фронтальної камери з завантаженням 50 куб.м. вилковим навантажувачем. Камерне сушіння пиломатеріалу методом активного вентилявання – найбільш популярний спосіб зневоднення деревини, що проходить у відповідних приміщеннях які називають камерами. Зазвичай камерним називають конвекційне-тепловий вид сушіння реалізований на різних конструкціях. Вибір режиму сушки обирається в залежності від бажаного сухого матеріалу, адже тривалість самого процесу при м'якому та форсованому режимах відрізняється приблизно у 2 рази, а також від кінцевого призначення матеріалу, адже режим прямо пропорційний до міцності деревини отриманої в завершенні самого процесу [2]. Міграція повітря в камерах відбувається за допомогою відцентрових вентиляторів,

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

або осьових вентиляторів. Значення швидкості циркуляції повітряних мас по штабелю в сучасних камерах коливається в межах від 1,0 до 5,0 м/с у залежності від породи деревини [3].

Через особливості розвитку напружень всередині деревини, найбільш важливим є початковий період сушіння матеріалу до середньої вологості 30%. Саме тому режими камерного сушіння побудовані так, що на першому ступені процесу була усунена найбільша частина вологи, а по тривалості цей ступінь займає від 40 до 45% усього терміну сушіння матеріалів. Для пиломатеріалів твердих листяних порід сушіння потрібно проводити в особливих низькотемпературних умовах при середній температурі близької до 40 °С, адже в даному випадку процес підсушування є керованим, а тривалість такого процесу в 6-8 разів менший ніж під час атмосферного сушіння, значно зменшується і ступінь нерівномірності просушування усього штабеля.

За принципом роботи розрізняють камери періодичної і неперервної дії. При використанні камер періодичної дії після закінчення сушіння повністю розвантажують і на цей час її виключають. Камера неперервної дії являє собою тунель із щільними дверима в обох кінцях. Матеріал висихає під час повільного руху штабелів на вагонетках уздовж тунелю [4].

Газові сушарні обігріваються гарячою водою. Головним принципом газових сушарок є використання газового котла для нагрівання води, яка по системам труб надходить до теплообмінника де за допомогою вентиляторів нагріває повітряні маси які забезпечують відведення надлишкової вологи з деревини та направляють її до заслінок та виведення в атмосферу.

Тиск всередині камери також є важливим параметром для сушіння деревини. Потрібно завжди контролювати тиск в потрібних межах, адже це відіграє важливу роль у рівномірному прогріву штабеля, що в свою чергу позитивно впливає на якість кінцевого матеріалу. Зовнішній вигляд сушильного агрегату деревини камерного типу подано на рис 2.1.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд сушильного агрегату деревини камерного типу

## 2.2 Конструкція, елементний склад, призначення елементів

Для підвищення ефективності і видатності установок використовують збільшення напруги об'єму сушильної камери за вологою, сушильні агенти з високою початковою температурою, комбіновані методи енергопідведення, раціональне включення сушильних установок в енергетичну та теплову схеми підприємства тощо. Ефективність сушильних установок багато в чому залежить від обраних методів та режимів сушіння, типу сушильної установки та її розрахунку. Проектування повинно базуватися на відомих нам основних принципах технології сушіння: в залежності від властивостей об'єктів сушіння вибирається найбільш раціональний метод і оптимальний режим сушіння і на

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

цій основі проводять вибір або розробку сушильної установки. В основі конструкції камерні сушарки (рис. 2.2) являють собою герметичну камеру, усередині якої висушуваний матеріал розташовується на полицях 2, сітках, листах або на рухомих вагонетках. У таких сушарках можна висушувати і великогабаритні матеріали, і сипучі вологі продукти, а також пастоподібні і рідкі матеріали. Процес сушіння проводиться в періодичному режимі.

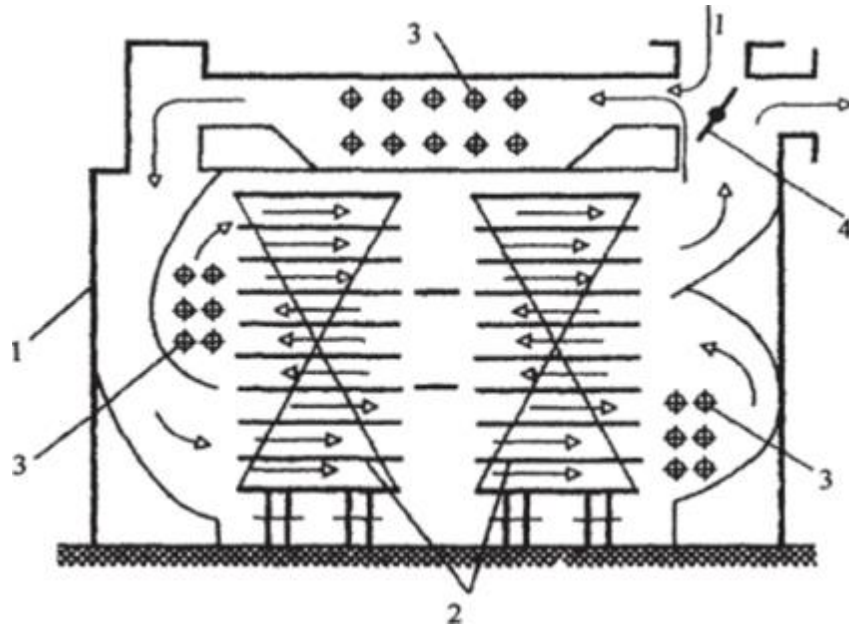


Рисунок 2.2 - Камерна сушарка: 1 - корпус камери; 2 - штабелі для вологого матеріалу; 3 - калорифери проміжного підігріву повітря; 4 - заслінка, регулююча частку рециркулюючого сушильного агента; - Атмосферні повітря; - відпрацьоване повітря

Вологий матеріал завантажується в камеру 1, висушується гарячим теплоносієм до необхідного вмісту води і потім вивантажується з сушарки. Атмосферне повітря за допомогою вентилятора через калорифер 3 подають в простір камери, всередині якої знаходяться полиці 2 з висушуваним матеріалом. Заслінка 4 служить для регулювання витрат рециркулюючого і відпрацьованого повітря.

|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

ДП 141.043.033 ПЗ

Арк.

Елементний склад сушильного агрегату камерного типу включає в себе:

**Корпус.** Виготовлений з листової сталі, між подвійними стінками яких закладаються або мати з пресованого скловолокна, або скловата, що гірше, оскільки остання з часом кришиться і осідає, утворюючи повітряні порожнини. В ролі між листового матеріалу обрано мати з пресованого скловолокна. Доведено, що якість теплоізоляції корпусу сушильної камери можна вважати прийнятною, якщо коефіцієнт теплопередачі не перевищує граничні 0,4. Цій вимозі цілком задовольняє за ціною і трудомісткістю укладання рулонний теплоізоляційний матеріал типу Isover.

**Система повітрообміну.** Для організації обміну повітрям між камерою і зовнішньою атмосферою використовуються спеціальна труба із заслінкою. Дана заслінка керується електроприводом. Труба монтується над місцем найвищої концентрації повітряних мас. Припливно-витяжні труби можуть розташовуватися як на даху камери, так і на фронтальній і тильній стінках камери.

**Система управління процесом сушки.** На кожному етапі в сушильній камері(СК) повинні підтримуватися певні значення температурних і вологості параметрів, які забезпечуються поданням відповідної кількості пари в калорифер, зволожувач і необхідним відведенням вологого повітря із СК через відвідні канали, забезпечені регульованими заслінками. Особливістю процесу є також і те, що температура і вологість деревини на основному етапі сушки повинні змінюватися по визначеному, різному для різних сортів деревини, тимчасовому закону.

**Система циркуляції.** Вона представлена циркуляційним насосом який проводить транспортування гарячої води від котла до нашої камери, далі вода потрапляє до радіатора над яким розташований вентилятор, який направляє потік повітря безпосередньо на штабелі з деревиною, потім відпрацьована вода по трубі повертається до котла та використовується повторно. Також по

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

іншій трубі гаряче повітря від котла, за допомогою відцентрового вентилятора потрапляє до камери, де вентилятор направляє потік гарячого повітря по всій території камери для забезпечення прогрівання усіх зон КСА.

**Теплове устаткування.** У ролі нагрівача системи використовується газовий котел потужністю 30 кВт, а у ролі теплообмінника біметалічні труби з алюмінієвими накатними ребрами. Теплообмінник з таких труб має коефіцієнт тепловіддачі в 1,8 разів більше, ніж пластинчатий калорифер при меншому в 0,65 разу аеродинамічному опорі.

### 2.3 Технологічний процес сушіння деревини. Задачі автоматизації

При сушінні деревини головним є забезпечення контролю параметрів технологічного процесу, для різних видів деревини розроблено різні параметри потрібної температури та вологості всередині камери які представлені в таблиці 2.1 та таблиці 2.2 [5].

Таблиця 2.1 – Технологічний процес трьохступеневого сушіння листяних порід

| Вологість<br>деревини,<br>% | Номер режиму і параметри повітря |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------------|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|                             | 2                                |      | 3    |      | 4    |      | 5    |      | 6    |      | 7    |      |
|                             | t °C                             | Δt°C | t °C | Δt°C | t °C | Δt°C | t °C | Δt°C | t °C | Δt°C | t °C | Δt°C |
| A >30                       | 82                               | 3    | 75   | 3    | 69   | 3    | 63   | 2    | 57   | 2    | 52   | 2    |
| A 30...20                   | 87                               | 6    | 80   | 6    | 73   | 6    | 67   | 5    | 61   | 54   | 55   | 4    |
| A < 20                      | 108                              | 27   | 80   | 6    | 91   | 24   | 83   | 22   | 77   | 21   | 70   | 20   |
| Б >30                       | 82                               | 4    | 75   | 4    | 69   | 4    | 63   | 3    | 57   | 3    | 52   | 3    |
| Б 30...20                   | 87                               | 8    | 80   | 8    | 73   | 7    | 67   | 6    | 61   | 6    | 55   | 5    |
| Б < 20                      | 108                              | 29   | 100  | 28   | 91   | 25   | 83   | 23   | 77   | 22   | 70   | 21   |
| В > 30                      | 82                               | 6    | 75   | 5    | 69   | 5    | 63   | 4    | 57   | 4    | 52   | 4    |
| В 30...20                   | 87                               | 10   | 80   | 9    | 73   | 8    | 67   | 7    | 61   | 7    | 55   | 7    |

Згідно з таблицею вище використовується 3 основних моделі сушіння деревини листяних порід, де метод А є найбільш вибагливим до контролю і найменшим можливим відхиленням від заданої температури, метод Б більш лояльний до відхилення температури від заданої, але в невеликих межах і метод В допускає значне відхилення від заданого температурного діапазону, метод В не підходить для сушіння деревини зі середньою вологістю  $< 20 \%$ .

Для кожного методу існують свої режими сушіння в залежності від потрібних параметрів міцності та стійкості кінцевого продукту сушіння. При першому режимі сушіння проводиться інтенсивніше та швидше ніж при інших режимах, але у кінцевому рахунку отримаємо гірші показники міцності та стійкості ніж при другому та подальших режимах. При сьомому режимі процес буде проходити повільно, але це буде сприяти рівномірному вивільненню зайвої вологи зі штабелі, що позитивно вплине на кінцевий продукт, який буде мати високі показники міцності. Дані налаштування використовуються не є кінцевими, адже клієнт має можливість ввести свої параметри в залежності від бажаного результату.

Широкий спектр методів та режимів забезпечує високу вірогідність отримання потрібного результату не залежно від зовнішніх завад та людського фактору при сушінні деревини в конвекційних камерах.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

Таблиця 2.2 – Технологічний процес сушіння в залежності від товщини деревини

| Волога деревини,<br>% |            | Номер режиму для пиломатеріалів товщиною, мм |         |          |          |         |          |         |
|-----------------------|------------|----------------------------------------------|---------|----------|----------|---------|----------|---------|
|                       |            | 1                                            | 2       | 3        | 4        | 5       | 6        | 7       |
|                       |            | До 22                                        | 23 і 25 | 26 і 32  | 33 і 40  | 41 і 50 | 51 і 60  | 61 і 75 |
| Номальний режим (Н)   |            |                                              |         |          |          |         |          |         |
| > 35                  | T і Δt, °C | 83 і 9                                       | 79 і 7  | 79 і 6   | 75 і 5   | 73 і 5  | 71 і 4   | 64 і 3  |
| 35...25               | T і Δt, °C | 88 і 14                                      | 84 і 12 | 84 і 12  | 80 і 10  | 77 і 9  | 75 і 8   | 68 і 7  |
| < 25                  | T і Δt, °C | 110 і 36                                     | 105 і   | 105 і 32 | 100 і 30 | 96 і 27 | 85 і 24  | 85 і 24 |
| Жорсткий режим (Ж)    |            |                                              |         |          |          |         |          |         |
| > 35                  | T і Δt, °C | 94 і 11                                      | 92 і 10 | 92 і 8   | 90 і 7   | 87 і 6  | 83 і 5   | 73 і 4  |
| 35...25               | T і Δt, °C | 99 і 16                                      | 97 і 15 | 97 і 13  | 95 і 12  | 92 і 11 | 88 і 10  | 78 і 9  |
| < 25                  | T і Δt, °C | 125 і 42                                     | 123 і   | 123 і 39 | 120 і 37 | 115 і   | 110 і 32 | 98 і 29 |

Основною вимогою до сушильних установок є забезпечення рівномірного сушіння матеріалу та отримання продукції високої якості в усьому об'ємі камери при високих техніко-економічних показниках: мінімальних габаритах самої камери та мінімальних витрат на побудову сушарки, мінімальних затрат електроенергії та теплоти на висушування сировини, простому ремонті обладнання та інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу керування.

Рівномірність процесу сушіння є одним із основних параметрів особливо для установок, сушіння матеріалів, в яких початкова вологість може змінюватись в широких межах. Важливою вимогою є можливість висушування партій сировини з різною вологістю за один прохід. Для зменшення тривалості сушіння важливо інтенсифікувати процеси зовнішнього теплообміну, для багатьох матеріалів інтенсифікація процесів внутрішнього переносу теплоти і маси.

|      |      |          |        |      |                   |  |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|--|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ |  | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |  |      |

Технологічний процес висушування лісових заготовок та технологічний алгоритм робочого циклу КСА включає декілька етапів.

**Перший етап** - прогріваємо деревину, під час чого волога з неї не убуває, при цьому волога, що знаходиться в зовнішніх зонах, нагрівається сильніше, ніж у внутрішніх, і це викликає рух її зовні всередину. Якщо при цьому ми не уповільнимо вологовіддачу з поверхні, то зовнішні шари пересохнуть і можуть розтріскатися. Тому прогрівати штабель пиломатеріалів треба обов'язково при високій відносній вологості агента сушки, щоб звести вологовіддачу до нуля.

**Другий етап** - сушка деревини від високої початкової вологості до так званої критичної, що дещо перевищує значення вологості межі гігроскопічності (межі насичення волокон) 28-30 %. На цьому етапі з деревини видаляється уся вільна волога, і процес сушки протікає найбільш інтенсивно.

**Третій етап** - сушка від критичної вологості до заданої кінцевої. На цьому етапі з деревини видаляється пов'язана волога. Процес йде набагато повільніше, ніж на другому етапі.

**Четвертий етап** - охолодження пиломатеріалів. В деяких випадках йому передують кондиціонування.

На підставі викладеного вище можемо зазначити задачі автоматизації технологічних процесів сушіння лісоматеріалів у КСА:

- підтримка заданого температурного режиму;
- підтримка заданої вологості повітряних мас в камері;
- координаційне управління виконавчими механізмами КСА.

## 2.4 Аналітичний огляд відомих систем автоматизації

Існує відома система управління яка базується на контролері KDM-E (KILN DRIER MANAGER)

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |



Рисунок 2.3 – Зовнішній вигляд контролеру KDM-E

Дана система забезпечує контроль потрібних параметрів таких як температура і вологість в автоматичному режимі, а також є можливість введення власних налаштувань. Дозволяє здійснювати повне і максимально точне управління і контроль процесу сушіння одночасно в декількох камерах. Пульт може бути віддалений від камери на відстань до 1 км і підтримує можливість віддаленого доступу і діагностики Технічною Сервісною службою, для оперативного вирішення виникаючих питань. Програмне забезпечення включає бібліотеку всіх основних режимів для найпоширеніших порід деревини, дозволяє дистанційно керувати процесами сушіння, проводити діагностику, архівувати, аналізувати і роздруковувати графіки сушіння.

Найчастіше дану систему використовують для камер об'ємом 50 куб.м. які включають в себе триходовий кран (CONTROLLI Італія) з електричним приводом для автоматичної підтримки температури нагріву камери. Електропривод дозволяє підвищити точність зміни температури в камері і повністю виключає людський фактор, в процесі регулювання температури. Алюмінієві засувки (шиберні заслінки) розташовуються на даху сушильної камери в кількості 2 шт. Всі засувки оснащені електроприводами (BILEMO Швейцарія) ступінь відкриття регулюється автоматично комп'ютером і відображається на моніторі у оператора. Система вентиляції складається з

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

реверсивних вентиляторів з 8 лопатями діаметром 800мм або і двигунів (NERI MOTORI Італія) в тропічному виконанні клас захисту IP 55, потужністю 4 кВт. У камері встановлені кліматичні групи з встановленими датчиками температури, целюлозними пластинками для вимірювання ЕМС (рівноважної вологості повітря) і датчиками для вимірювання вологості деревини. Дані про параметри сушки і про стан виконавчих елементів надходять в систему контролю безперервно. Стан процесу сушіння контролюють 2 пари датчиків температури і вологості, а також 8 пар датчиків вологості деревини [6].

При роботі даний електронний контролер постійно інформує клієнта про неполадки або проблеми виникають з обладнанням або процесом сушіння, що дозволяє замовнику вчасно уникнути серйозних проблем. Управління контролером настільки просто і інтуїтивно, що дозволяє навчити за короткий термін його користування навіть непідготовлений спеціально персонал. Система управління контролером повністю російською мовою.

Головним мінусом даної системи управління є висока ціна, унеможлиблюється кореневе налаштування камери в залежності від геопозиції, а також стає неможливим ремонт та заміна деталей що вийшли з ладу, адже дана камера виготовлена закордоном.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

# Система управління камерного агрегату «Геліос» на базі контроллера БУС-020



Рис 2.4 – Зовнішній вигляд контролера БУС-020

Мікропроцесорні і мікрокомп'ютерні блоки є автономними і повнофункціональними, забезпечуючи проведення сушки в автоматичному режимі, але при підключенні комп'ютера, ноутбука, можливості роботи зі статистичними даними, зручність, ступінь візуалізації зростає на порядок.

Дана система управління дозволяє здійснювати сушку деревини повністю в автоматичному циклі за допомогою підключення до систем управління сушінням деревини

БУС-020, вимірювальних модулів Аіп 9-03 (вимірює температуру і вологість повітря, вологість деревини), Тіп 4-01 (вимірює температура деревини, теплоносія, температуру повітря за межами камери), модуля введення-виведення Аіо - 02 (управляє приводами з аналоговим управлінням або інверторними джерелами живлення); підключати на одне робоче місце оператора достатня в рамках підприємства кількість камер на розумному віддаленні до 500 метрів). Програма управління сушінням деревини «Геліос» також дозволяє:

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

- вибирати з бібліотеки найбільш підходящу програму сушіння деревини (вкладену або модифіковану);
- створювати власні режими технологічних процесів сушки деревини;
- змінювати параметри управління в процесі сушіння деревини.
- спостерігати і керувати процесом сушіння через Інтернет-браузер з будь-якого комп'ютера або смартфона через web-інтерфейс. При реалізації даної опції потрібне постійне підключення комп'ютера або блоку управління БУС-020 до Інтернету;
- виробляти оповіщення про неполадки і відхилення в роботі сушильних камер по електронній пошті і СМС - повідомленнями на мобільний телефон з широкими можливостями налаштування в необхідному обсязі інформованості, як для оператора, так і для керівника підприємства;
- зберігати, обробляти, редагувати необмежену кількість режимів сушіння, передавати режими сушіння і параметри управління на інші робочі місця;
- дистанційно керувати в ручному режимі виконавчими пристроями сушильної камери;
- фіксувати параметри сушильної камери і деревини в разі аварійної ситуації для прийняття подальших рішень при продовженні сушки;
- здійснювати гарантований контроль і документування даних по параметрах сушіння деревини, як на робочому місці оператора, так і віддалено, що дозволяє керівнику безпосередньо контролювати технологічний процес і при необхідності вносити корекції в дії співробітників при будь-яких позаштатних ситуаціях, аж до переходу на дистанційний ручний режим управління.
- зчитувати і відображати поточні вимірювані параметри камери, проводити перегляд і експорт параметрів процесу сушіння в графічній і табличній формі за певний період часу;
- генерувати звіти, встановленого зразка, для фітосанітарної служби [7].

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

Дана система має такі недоліки: ціна системи, надійність, складність в експлуатації та час спрацювання при екстрених ситуаціях

Проаналізувавши дані системи управління було вирішено розробити власну яка буде мати високу ефективність при максимально низькій ціні, адже економічний фактор є дуже вагомим при виборі сушарки для деревини, адже кожен хто їх використовує спочатку аналізує за скільки часу дана сушарка себе окупить. Тому розроблена система автоматизації буде схожою з зазначеними вище, але буде використовувати інші алгоритми функціонування та виконавчі механізми.

## 2.5 Висновки. Постановка задач проектування

Отже, проблема максимальної ефективності сушіння деревини при найменших ресурсних затрат досі має актуальність і виходячи з даного твердження було проаналізовано існуючі варіанти вирішення проблеми, але вони мають свої недоліки і тому було прийнято рішення розробити власну систему автоматизації для камерного сушильного апарату конвективного типу

На підставі вищевикладеного поставимо наступні задачі проектування, що належать вирішенню в рамках проекту.

**Задача 1.** Розробити функціональну схему автоматизації КСА, здійснити вибір технічних засобів автоматизації.

**Задача 2.** Розробити локальні системи управління електроприводом вентиляторів.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

## РОЗДІЛ 3 ПРОЕКТУВАННЯ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

### 3.1 Характеристика об'єкта автоматизації

Головними характеристиками об'єкта є техніко-економічні показники та показники якості кінцевого матеріалу. На дані показники, в сушарці камерного типу впливають:

- електрична енергія, що використовується для живлення електрообладнання;
- витратні матеріали.

На якісні показники впливають:

- швидкість роботи заслінок та клапанів;
- підтримка оптимальної температури для деревини;
- підтримка оптимальної вологості в камері;
- алгоритми підтримки нормального робочого стану.

Підтримка своєчасного закривання та відкривання заслінок забезпечує ефективний контроль за температурою та вологістю в камері, швидкість увімкнення вентиляторів забезпечують своєчасну циркуляцію повітря всередині камери, від насоса та електромагнітного клапану залежить ступінь нагрівання деревини. Контроль за даними параметрами забезпечить витрату ресурсів на певному рівні, при правильному налаштуванні алгоритмів роботи можна досягти оптимальної кількості витрат реагентів та економії електроенергії. Це ілюструє схема матеріальних та інформаційних потоків подана на рисунок 3.1.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

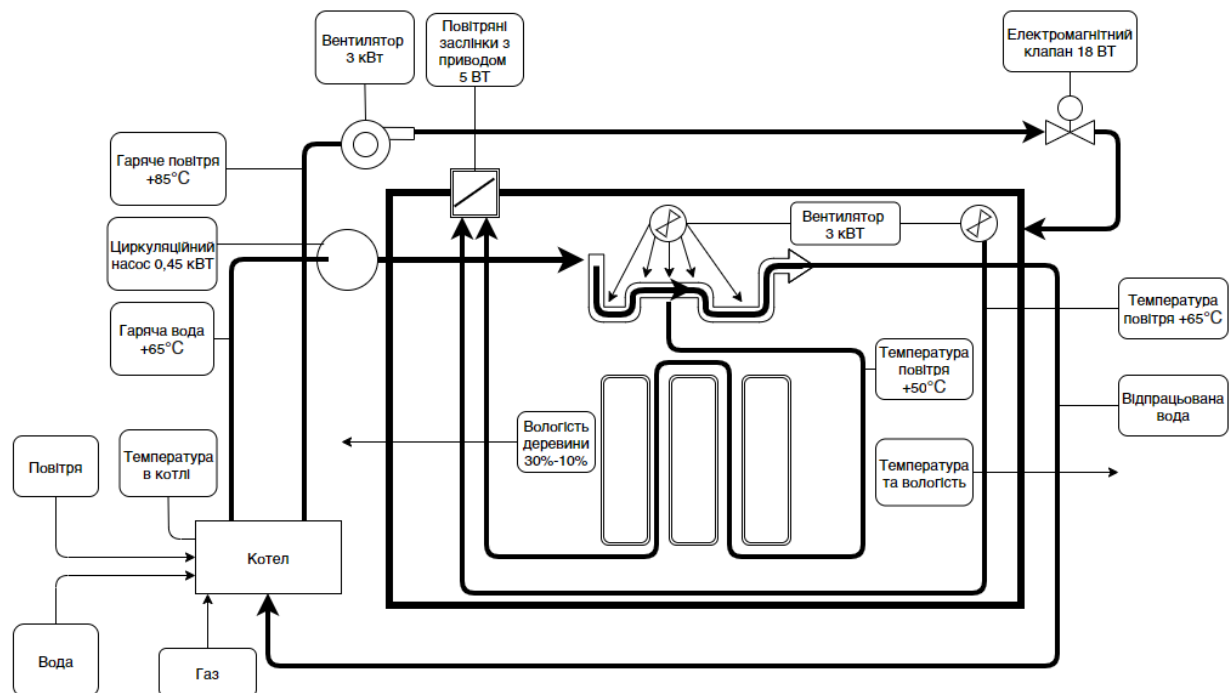


Рисунок 3.1 – Схема матеріальних та інформаційних потоків КСА

Система управління КСА повинна забезпечити автоматичний контроль головних параметрів якими є температура та вологість. Головною ціллю сушіння деревини є виведення надлишкової вологості з деревини, тому цей параметр є в пріоритеті, отже система автоматизації повинна зібрати дані з датчиків, обробити їх та подати сигнали на виконавчі механізми для забезпечення підтримки головних параметрів на заданому оператором або клієнтом рівні. Для цього наша система повинна виконувати такі функції

- збирання, аналіз, зберігання та вивід інформації про стан КСА в режимі реального часу;

- виведення даних про хід роботи персоналу.

Система управління повинна контролювати:

- рівень води в резервуарі до 2 м;
- рівень повітря в резервуарі до 2 м;
- температуру в газовому котлі до 140 °C;
- температуру гарячої води в залежності від деревини у штабелі;

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

- середню температуру в камері в залежності від деревини у штабелі;
- середню вологість в камері в залежності від деревини у штабелі;
- позицію повітряних заслінок в залежності від температури та вологості;
- позицію електромагнітного клапану в залежності від температури води;
- поточний стан вентиляторів в залежності від температури та вологості в КСА;
- поточний стан насосу в залежності від температури та вологості в КСА;
- тиск всередині КСА.

Система управління здійснює автоматичне регулювання:

- температури газового котла;
- температуру гарячої води;
- тиску в КСА;
- температури гарячого повітря.

Система управління забезпечує візуалізацію:

- температури всередині КСА;
- вологості всередині КСА;
- поточного стану насосу;
- поточного стану вентиляторів;
- температуру котла;
- поточного стану клапанів;
- поточного стану заслінок;
- рівню води в резервуарі;
- рівню повітря в резервуарі;

Структура технічних засобів системи управління поділяється на два окремих ієрархічних рівня управління:

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

- нижній рівень – до якого входять засоби контролю, такі як датчики та перетворювачі і виконавчі механізми, встановлені на технічному обладнанні нашої системи

- середній рівень – програмовані логічні контролери;

На нижньому рівні відбувається перетворення сигналів від датчиків в уніфіковані сигнали постійного струму (4-20 мА), і комутація виконавчих механізмів з силовими ланцюгами.

У середньому рівні відбуваються наступні функції:

- збір від датчиків інформації;
- аналіз та обробка отриманої інформації;
- передача керуючих сигналів на виконавчі механізми, відносно заданим алгоритмам автоматизації;
- прийом від операторської станції командних сигналів та передача до неї обробленої інформації від давачів.

### 3.2 Опис схеми автоматизації. Елементний склад

Схема автоматизації сушильного конвекційного агрегату камерного типу розроблена на базі схеми інформаційних та матеріальних потоків. Повне креслення та перелік елементів функціональної схеми автоматизації наведено в графічній частині проекту (документ ДП 141.043.033 АТХ).

До функціональної схеми автоматизації входить декілька контурів регулювання:

- контур подачі витратних матеріалів;
- перший нагрівальний контур;
- другий нагрівальний контур;
- контур регулювання тиску, температури та вологості в камері.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                   |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

### 3.3 Контур регулювання технологічних параметрів

#### Контур подачі витратних матеріалів

Вмикається подача природного газу від мережі. Запускається газовий котел, для коректної роботи котла використовується давач температури ТЕ, вода з резервуару подається до котла, для коректної подачі води використовується давач рівня LE та електромагнітний клапан, який керується відповідним сигналом LCY, де нагрівається до потрібної температури, тим часом повітря з резервуару потрапляє до котла і нагрівається до заданої температури, коректна робота подачі повітря забезпечується давачем витрат FE та електромагнітним клапаном, який в свою чергу керується відповідним сигналом FCY. Реалізацію даного контуру проілюстровано на рисунок 3.2.

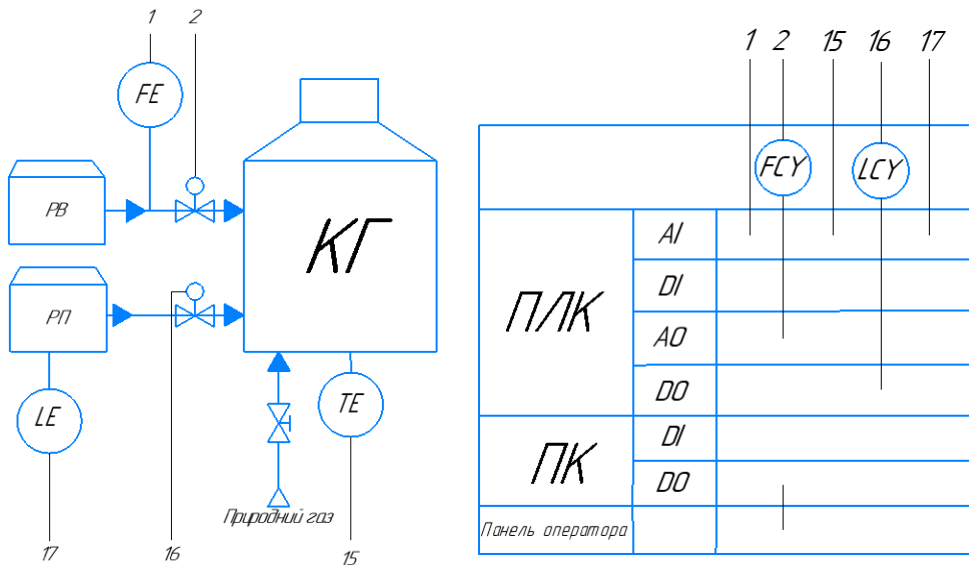


Рисунок 3.2 – Контур подачі витратних матеріалів

#### Перший нагрівальний контур

Перевіряється температура нагрітої води в трубі давачем ТЕ, якщо вона гаряча, то вмикається відцентровий водяний насос через пристрій плавного пуску NS, гаряча вода від котла надходить до радіатору через який осьовий вентилятор, який вмикається через пристрій плавного пуску розповсюджує гаряче повітря безпосередньо на штабель деревини. З радіатору

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

відпрацьована вода повертається по трубі до газового котла, де використовується повторно. Даний контур проілюстровано на рисунку 3.3.

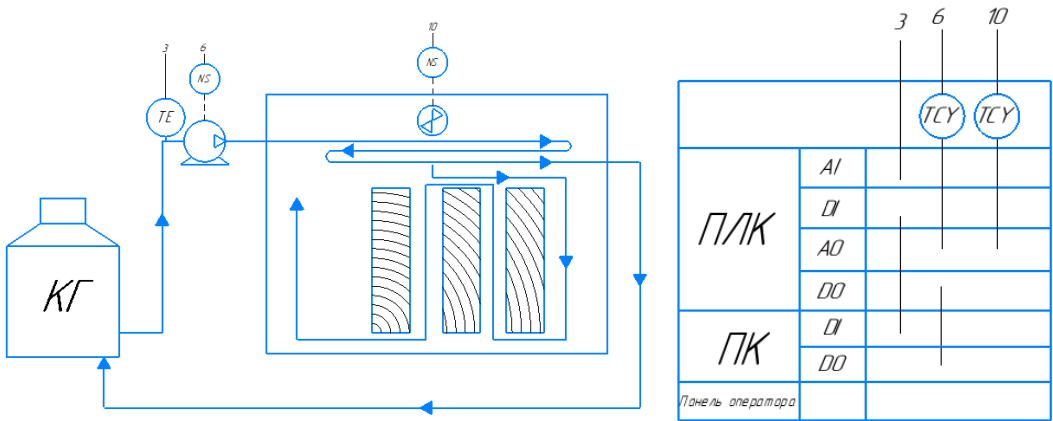


Рисунок 3.3 – Перший нагрівальний контур

Другий нагрівальний контур

Якщо температура в повітропроводі, яка вимірюється за допомогою датча ТЕ відповідає заданій, то вмикається відцентровий вентилятор через пристрій плавного пуску та відкривається електромагнітний клапан по сигналу ТСУ, гаряче повітря надходить до камери, де осьовий вентилятор, запущений пристроєм плавного пуску NS, направляє потік гарячого повітря по всій території камери. Другий нагрівальний контур проілюстровано на рисунку 3.4.

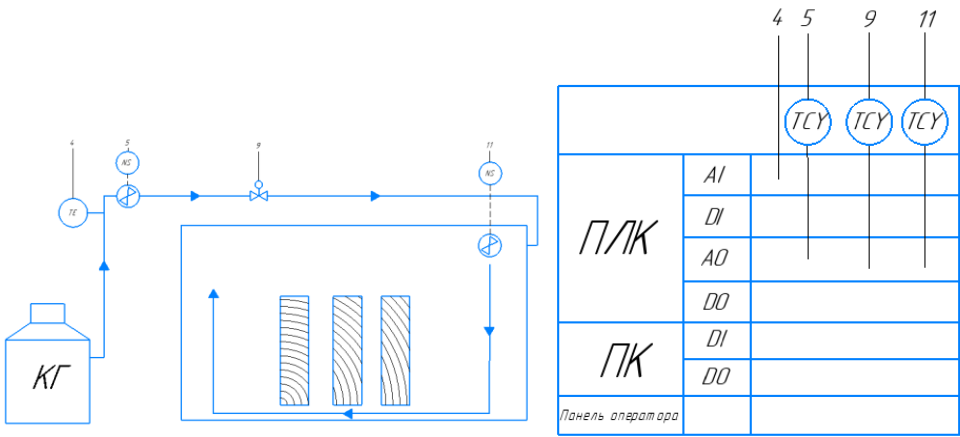


Рисунок 3.4 – Другий нагрівальний контур

**Контур регулювання тиску, температури та вологості в камері**

Збирається інформація про вологість штабеля деревини завдяки давачу МЕ, температуру всередині камери, давачем ТЕ, вологість в камері, давачем МЕ та тиску в камері, давачем РЕ, дані обробляються і якщо вологість штабеля відповідає заданій, процес завершений, якщо вологість вище норми, то відповідний керуючий сигнал від ПЛК надходить до електроприводу М і надлишок вологості та виходить в атмосферу, після нормалізації параметрів застінки знову повертаються в початкове положення. Контур розглянутий на рисунок 3.5.

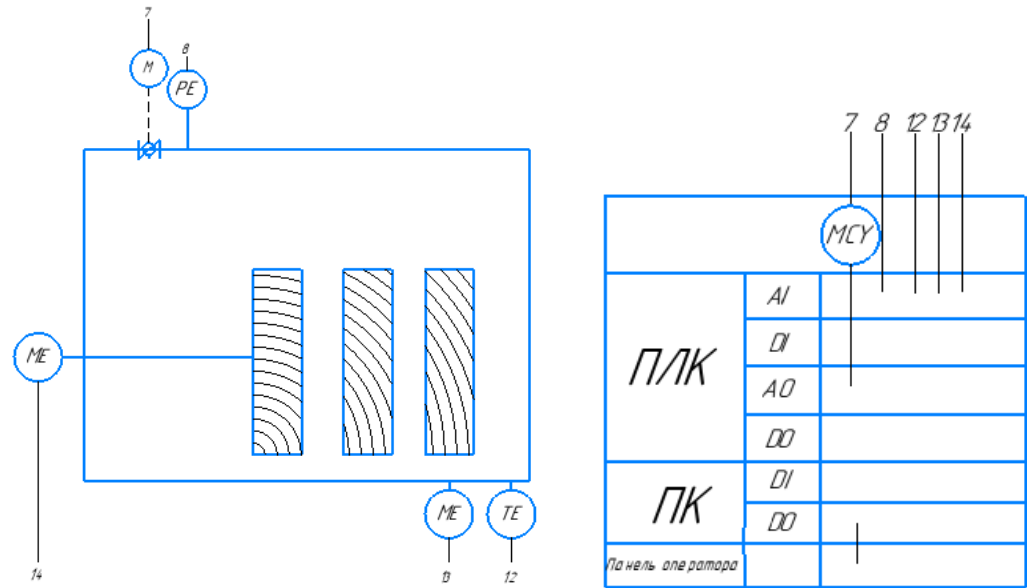


Рисунок 3.5 - Контур регулювання тиску, температури та вологості в камері

За результатами проведеної обробки розроблених контурів регулювання, складаємо таблицю вхідних сигналів див. табл. 2.1.

Таблиця 3.1 – Таблиця вихідних сигналів

| №<br>п/п | Сигнал                            | Діапазон<br>вимірювань | Кількість<br>точок | Тип сигналу    |
|----------|-----------------------------------|------------------------|--------------------|----------------|
| 1        | Вологість штабеля деревини        | 0 – 90 °C              | 1                  | 4-20 мА/RS-485 |
| 2        | Температура газового котла        | 0 – 140 °C             | 1                  | 4-20 мА        |
| 3        | Температура в середині камери     | 0 – 90 °C              | 1                  | 4-20 мА        |
| 4        | Температура у водяному контурі    | 0 – 90 °C              | 1                  | 4-20 мА        |
| 5        | Вологість у камері                | 4 – 90 %               | 1                  | 4-20 мА/RS-485 |
| 6        | Рівень води в резервуарі          | 0 – 2 м                | 1                  | 4-20 мА        |
| 7        | Витрати повітря з резервуару      | 0 – 1 м.куб.           | 1                  | 4-20 мА        |
| 8        | Тиск в камері                     | 900 – 1500 мбар        | 1                  | 4-20 мА        |
| 9        | Температура у повітряному контурі | 0 – 100 °C             | 1                  | 4-20 мА        |

По таблиці вхідних сигналів, а також опираючись на функціональну схему автоматизації складемо таблицю вихідних сигналів, яка стане базовою для підбору відповідних виконавчих механізмів в КСА див. таблиця 2.2.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

Таблиця 3.2 – Вхідні сигнали механізмів КСХ

| № п/п | Сигнал                                             | Діапазон вимірювань | Кількість точок | Тип сигналу | Виконавчий механізм                           |
|-------|----------------------------------------------------|---------------------|-----------------|-------------|-----------------------------------------------|
| 1     | Циркуляція води                                    | 0...1               | 1               | Дискретний  | Циркуляційний насос (0,45 кВт), ППП (1,5 кВт) |
| 2     | Подача води                                        | 0...1               | 1               | Дискретний  | Електромагнітний клапан                       |
| 3     | Подача повітря до котла                            | 0...1               | 1               | Дискретний  | Електромагнітний клапан                       |
| 4     | Подача повітря до камери                           | 0...1               | 1               | Дискретний  | Відцентровий вентилятор (3 кВт),              |
| 5     | Циркуляція повітря по камері                       | 0...1               | 2               | Дискретний  | Осьовий вентилятор (3кВт), ППП (7,5 кВт)      |
| 6     | Подача повітря до камери                           | 0...1               | 1               | Дискретний  | Електромагнітний клапан                       |
| 7     | Виведення надлишку температури, вологості та тиску | 0...1               | 1               | Дискретний  | Електропривод (2,6 Вт)                        |

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                   |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

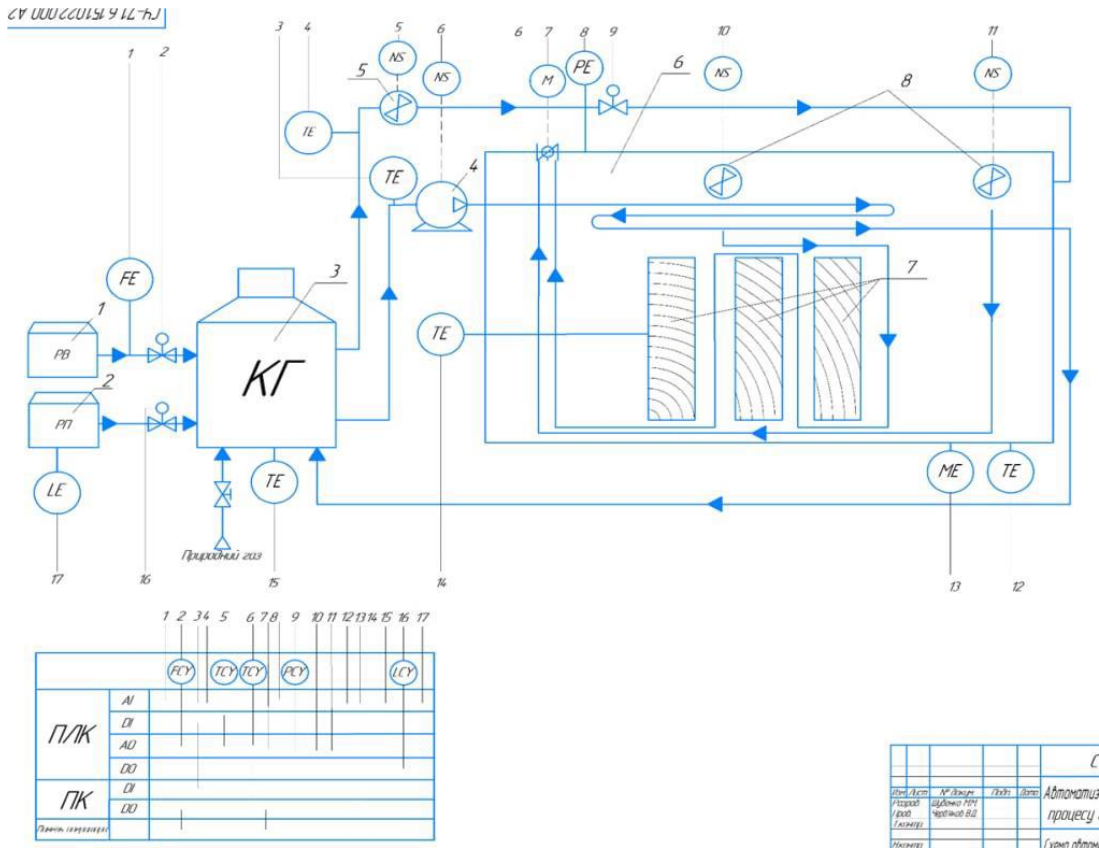


Рисунок 3.6 – Схема автоматизації КСА

3.4 Висновки

В даному розділі було розроблено і запропоновано функціональну схему автоматизації КСА, на основі чого було складено таблиці вхідних та вихідних сигналів, а також розглянуті контури регулювання технологічних параметрів такі як:

- контур подачі витратних матеріалів;
- перший нагрівальний контур;
- другий нагрівальний контур;
- контур регулювання тиску, температури та вологості в камері.

## РОЗДІЛ 4 ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

### 4.1 Давачі та виконавчі механізми

#### 4.1.1 Давач температури ОВЕН ДТПЛ104-00.120/0,2

Для вимірювання температури в процесі сушки, був обраний давач серії ОВЕН ДТСхх4, а саме, ОВЕН ДТПЛ104-00.120/0,2. Він буде поміщений в захисну гільзу, а електричний кабель - в захисний кожух, що дозволить використовувати його для вимірювань у середовищі високої вологості та температури, адже аналізатор сигналу знаходиться поза агресивним середовищем, на відмінну від чутливого елемента. Діапазон вимірювання такого давача знаходиться в межах від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+400^{\circ}\text{C}$ , чого цілком достатньо для наших потреб. Детальна інформація та зовнішній вигляд розглянуто в додатку А1.

#### 4.1.2 Вологомір SWH-206-RS485

Давач призначений для безперервного збирання даних про вологість за допомогою кондуктометричних давачів, результати вимірювань передає через порт RS-485. Реалізований даний давач в захисному корпусі, тому дозволяється його використання в середовищах з підвищеною температурою, тиском та вологістю. Діапазон вимірювання вологості середовища коливається в межах від 6 – 90 %, а основна абсолютна похибка вимірювання вологості складає  $\pm 2\%$ . Детальна інформація про характеристики та зовнішній вигляд наведено в додатку .

#### 4.1.3 Давач температури камери ОВЕН ДТС335-50М.В3.60

В якості давача контролю температури в камері було обрано ОВЕН ДТС335-50М.В3.60, який забезпечує точний контроль за температурою рідких, твердих та газоподібних речовин і передає зібрані дані через уніфікований вихідний сигнал 4-20 мА. Його головною особливістю для проекту є передача сигналу на відстань більше 10 метрів, а також висока

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

точність вимірювань. Діапазон вимірювання давача складає від  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+180^{\circ}\text{C}$ , а номінальний опір навантаження 500 Ом. Інші характеристики та конструктивне виконання наведено в додатку А3.

#### 4.1.4 Електромагнітний клапан ZW-50N

Нормально-закритий, соленоїдний електромагнітний клапан ZW-50N призначений для регулювання потоку рідин, або газу. Номінальна потужність такого електромагнітного клапану становить 18 Вт, а діаметри умовного входу відповідно 50 мм та 1 дюйм. Максимальний робочий тиск 8 бар, вид клапана мембранний. Його широко використовують в сільськогосподарських цілях, а також в промисловості. Більше інформації наведено в додатку А4.

#### 4.1.5 Циркуляційний насос Grundfos UPS 25/60 180

Даний циркуляційний насос забезпечує стабільну подачу рідини до контурів нагріву, або охолодження, а також рівномірну циркуляцію води, як носія, по контуру. В якості рушійної сили використовується асинхронний двигун потужністю 0,45 кВт, а гранична робоча потужність до 170 л/хв. Насос може працювати з рідиною температура якої не перевищує граничну межу в  $+110^{\circ}\text{C}$ . Детальна інформація та загальний вигляд циркуляційного насосу Grundfos UPS 25/60 180 наведена в додатку.

#### 4.1.6 Пристрій плавного пуску для циркуляційного насосу ABB PSR3-600-70

Даний пристрій плавного пуску використовується для уникнення негативних наслідків високого пускового моменту, який в широкому часовому діапазоні може привести до виходу з ладу циркуляційного насосу. Максимальна потужність двигуна складає до 1,5 кВт, а номінальний струм 3,9 А. Детальні характеристики, а також зовнішній вигляд пристрою наведено в додатку.

#### 4.1.7 Відцентровий вентилятор Soler&Palau CRMT/4-280/115-3

Відцентровий вентилятор Soler&Palau CRMT/4-280/115-3 є промисловим рішенням для забезпечення бажаного мікроклімату в

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

приміщенні. Робоча температура повітря може дійти до граничних  $+300^{\circ}\text{C}$ . Вентилятор оснащений трифазним двигуном, клас захисту IP55. Потужність 5500 м. куб. за годину. Інші характеристики, та зовнішній вигляд наведені в додатку.

#### 4.1.8 Осьовий вентилятор Soler&Palau TCDT/4-800

Областю застосування осьового вентилятора TCDT / 4-800 є сушилні камери промислового типу, що обумовлено зовнішніми умовами, в яких може працювати пристрій: межею робочих температур до  $85^{\circ}\text{C}$  і відносною вологістю до 100%.

Прилад добре зарекомендував себе при тривалій роботі з сушіння деревини на деревопереробних підприємствах. Оптимальні габарити (896мм x 896мм x 342мм) і вага 50 кг дозволяють без значних зусиль монтувати вентилятор в канали відповідного типорозміру.

Потужність двигуна даного осьового вентилятора складає 3 кВт. Детальна інформація та інші характеристики наведено в додатку.

#### 4.1.9 Електропривод NM230A Белисимо

Електропривод для управління повітряними заслінками в системах вентиляції та кондиціонування повітря різних приміщень

- для управління повітряними заслінками площею приблизно до  $2 \text{ м}^2$ ;
- момент, що крутить 10 Нм;
- номінальна напруга 100 ... 240 В;
- управління: відкрито / закрито або трипозиційне;
- вбудований допоміжний перемикач;
- потужність Макс 2,6 Вт;
- кут повороту Макс  $95^{\circ}$ ;
- ступінь захисту корпусу IP54;

Детальна інформація про електропривод NM230A наведена в додатку.

#### 4.1.10 Давач тиску в камер і МЕТРАН 3051SAL\_A

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

Перетворювач тиску МЕТРАН 3051SAL\_A забезпечує високу точність вимірювання, а також здатний працювати в агресивному середовищі від -40 до 149°C, також давач має захисний корпус, захищений за стандартом IP66. Діапазон вимірювання від 5.2 кПа до 1.034 МПа. Даний давач чудово підходить для вимірювань в сушильних камерах різного типу та має чудові показники довговічності. Детальна інформація по даний давач наведена в додатку.

#### 4.1.11 Давач рівня Rosemount 3102

Давач рівня Rosemount 3102 забезпечує високу точність вимірювання рівня рідини в резервуарі завдяки ультразвуку. Діапазон вимірювання від 0.3 м до 11 м. Кріпиться даний давач у верхній частині резервуару та має алюмінієвий корпус який захищає давач від зовнішніх чинників. Детальна інформація, а також зовнішній вигляд наведено в додатку.

#### 4.1.12 Витратомір EE741

Витратомір EE741 є промисловим рішенням з швидким часом відгуку, який становить до 2 секунд, швидкість вимірювання складає 0.1 секунди. Діапазон вимірювання давача становить 0.2 – 76.3 Н м. куб./год. Також має вмонтований давач температури який працює в діапазоні від -20 до +60°C. Інша інформація про даний витратомір наведена в додатку.

#### 4.1.13 Пристрій плавного пуску осьових вентиляторів ОВЕН УПП1-7К5-В

Даний пристрій плавного пуску підходить для двигунів потужність яких варіюється в межах які не перевищують 11 кВт. Максимальний струм двигуна до 15 А, а час розгону складає від 0.4 до 10 секунд. Перевагами даного пристрою є компактність, легкість в налаштуванні та широкому діапазоні робочих температур. Детальна інформація про ОВЕН УПП1-7К5-В наведена в додатку.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |



- просте і зручне програмування в системі CODESYS v.2 через порти USB Device,

Ethernet, RS-232 Debug;

- передача даних на верхній рівень через Ethernet або GSM-мережі (GPRS);

- 4 послідовних порта (RS-232, RS-485) для:

- збільшення кількості входів-виходів;

- управління частотними перетворювачами;

- підключення панелей операторів, GSM-модемів, зчитувачів штрих-кодів[8].

В якості панелі оператора було обрано ОВЕН СП307-Р. Вибрана ПО відповідає

поставленим технічним вимогам, є досить простою в налаштуванні та використанні, сумісна з

вибраним ПЛК.

Переваги

1) Точність ходу годинника реального часу  $\pm 0,7$  секунд на добу при 25 ° С. Енергія для

RTC реалізована за допомогою елемента CR2032 із середнім часом роботи 3 роки (після цього

елемент слід замінити).

2) Яскравість підсвічування може бути змінена програмно.

3) основний спосіб завантаження - через порт USB-B.

4) При роботі з портом запити панелі дублюються по обом інтерфейсів.

Адресація

пристроїв повинна бути унікальною на рівні порту.

5) Доступна робота з СОМ-портами через макроси, що дає можливість реалізації

нестандартних протоколів.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                   |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

6) Підтримується до 8 TCP Slave-пристроїв [9].

Зовнішній вигляд панелі оператора ОВЕН СП307-Р представлено на  
рисунок 4.2.

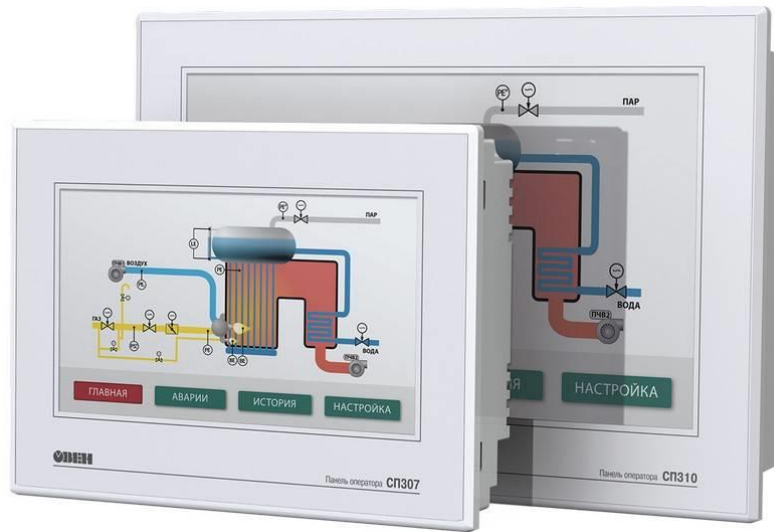


Рисунок 4.2 – Зовнішній вигляд панелі оператора ОВЕН СП307-Р.

#### 4.3 Висновки

В даному розділі обрано виконавчі механізми згідно з необхідними параметрами для камери сушіння деревини конвекційного типу, описано діапазон робочої області кожного з них, а також обґрунтовано вибір контролеру ПЛК110[МО2], який відповідає задачам які поставлені в даному проекті.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

## РОЗДІЛ 5 ПРОЕКТУВАННЯ ШАФИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ВЕНТИЛЯТОРОМ СУШИЛЬНОЇ КАМЕРИ

### 5.1 Призначення

Шафа управління сушильними камерами призначена для управління технологічним процесом сушіння пиломатеріалів методом активного вентилявання пиломатеріалів підігрітим повітрям.

Шафа управління повинна забезпечувати:

- підключення напруги мережі для живлення обладнання;
- захист двигуна вентилятора від аварійних режимів.
- автоматичне переключення напрямку потоку;
- ручне переключення напрямку потоку;
- індикація  $\Delta T$  та  $T$  ;
- автоматичне відключення двигуна вентилятора при перевищенні заданої уставки вентилятора при перевищенні  $\Delta T$  або  $T$  (2TRM);
- автоматичне відключення вентилятору при перевищенні  $T > 100^\circ\text{C}$  (пожежний захист);
- світлову індикацію роботи обладнання;
- звукову сигналізацію аварійних ситуацій

### 5.2 Технічні дані

#### Умови експлуатації

Шафа управління може експлуатуватися у таких кліматичних умовах:

- температура оточуючого середовища від  $+5$  до  $+50^\circ\text{C}$ ;
- відносна вологість до 80 % при температурі  $+25^\circ\text{C}$ ;

датчики температури:

- температура оточуючого середовища від мінус 50 до  $+100^\circ\text{C}$ ;
- відносна вологість повітря до 100%;

Вплив вологи: пряме попадання води і снігу на прилади шафи не допускається; вплив парів агресивних сполук (кислот, лугів і т.п.) – не

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

допускається.

Шафа розрахована на тривалий безперервний режим експлуатації (час його знаходження у ввімкненому стані не обмежений ).

Шафа забезпечує керування 1 вентилятором або групою вентиляторів загальною потужністю до 30 кВт;

Шафа забезпечує управління приводом повітряних заслінок Belimo AM 24S потужністю 4ВА.

### 5.3 Будова та робота шафи управління

Принципова електрична схема шафи управління наведена в графічній частині дипломного проекту (шифр документу ДП 141.043.033 ЕЗ).

#### Електроживлення

Живлення шафи здійснюється від трифазної мережі 380В, 50Гц через автоматичний вимикач SA1. Рукоятка вимикача виведена на лицьову сторону шафи.

#### Управління

Управління двигуном вентилятора здійснюється через магнітний пускач КМ1. Ручне включення та відключення пускача КМ1 здійснюється від відповідних кнопок ПУСК, СТОП.

В автоматичному режимі перемикання напрямку потоку здійснюється за допомогою таймера УТ1-РіС (А2) фірми "Овен" через повітряний клапан з електроприводом заслінок Belimo AM 24S.

Для зміни напрямку потоку в ручному режимі необхідно вимкнути таймер тумблером SA2 та вибрати напрям тумблером SA3.

Контроль температури та вологості в камері здійснюється вимірювачем-регулятором 2ТРМ1АЩ1 (А3). При досягненні температури чи вологості заданого значення відбувається відключення двигуна вентилятора.

#### Захист

Захист ланцюгів живлення електродвигуна здійснюється автоматичним вимикачем через проміжне реле KV1 і теплове

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                   |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

реле КК1.

Протипожежний захист здійснюється термовимикачем АТ-155М-А8К.

При перевищенні температури в камері порога спрацювання термовимикача відбувається знеструмлення котушки реле КV2 та магнітного пускача КМ1.

### **Індикація**

Індикація подачі напруги живлення на шафу здійснюється за допомогою лампи HL1.

Індикація увімкнення пристрою автоматичного вимикача здійснюється за допомогою лампи HL2.

Індикація аварії двигуна та пожежі здійснюється за допомогою ламп відповідно HL3 та HL4.

Індикація напряму повітряного потоку здійснюється за допомогою індикаторів HL5 «ПОТІК ПРЯМО» та HL6 «ПОТІК ЗВОРОТНО».

Звукова сигналізація аварійних станів здійснюється п'єзосиреною НА 1. Вимкнення сирени здійснюється тумблером SA4.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                   |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

## РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 6.1 Загальні положення

Перед початком роботи з конвекційними КСА усі працівники зобов'язані пройти відповідні інструктажі з техніки безпеки та ознайомитися з правилами та принципами безпечного використання відповідного обладнання. Питання з охорони праці в деревообробній промисловості, до якої відноситься технічні засоби розглянуті у дипломному проекті, регламентовані та описані в НПАОП 20.0- 1.02-05[7].

Під час виконання технологічних процесів в деревообробній промисловості необхідно враховувати небезпечні й шкідливі виробничі чинники відповідно до вимог державного стандарту "Небезпечні та шкідливі виробничі чинники. Класифікація" із зміною (ГОСТ 12.0.003-74), які можуть діяти на працівників [10].

Фізично небезпечні та шкідливі виробничі чинники:

- підвищений рівень вібрації;
- підвищений рівень ультразвуку;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищена чи знижена температура повітря робочої зони;
- машини і механізми, що рухаються; рухомі частини виробничого обладнання; рухомі
- вироби, заготовки, матеріали; конструкції, які руйнуються;
- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена температура поверхонь обладнання, матеріалів;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень інфразвуку;
- підвищена чи знижена іонізація повітря;
- підвищена чи знижена вологість повітря;

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

- підвищена чи знижена рухомість повітря;
- відсутність або недостатність природного світла;
- високий рівень напруги в електричному ланцюгу, замикання якого може пройти через тіло людини;
- підвищений рівень статичної електрики;
- підвищений рівень електромагнітних випромінювань;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищена яскравість світла;
- знижена контрастність;
- підвищений рівень інфрачервоної радіації;
- підвищений рівень ультрафіолетової радіації;
- гострі краї, задирки, шорсткість на поверхнях заготовок, інструменту та обладнання [10].

## 6.2. Електробезпека

Визначаємо клас умов праці за ступенем небезпеки ураження електричним струмом згідно ГОСТ 12.1.013-78.

Приміщення сушильного відділення деревообробного цеху може відноситися до умов з особливою небезпечністю ураження електричним струмом, тому що тут присутні дві умови підвищеної небезпеки:

- струмопровідна основа (підлога), яка виконана з залізобетону;
- можливість одночасного дотику людини до металоконструкцій будівлі, які мають з'єднання з землею, технологічних апаратів з одного боку, та до металевих корпусів електрообладнання - з другого.

Згідно ГОСТ 12.1.019-78, для захисту людини від ураження електричним струмом при пошкодженні ізоляції може бути застосований один з таких захисних заходів: мала напруга, вирівнювання потенціалів, подвійна ізоляція, роздільне живлення, захисне вимикання, захисне заземлення, занулення.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                   |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

Найбільш поширеними технічними засобами захисту є захисне заземлення та занулення, які мають чітку область застосування, тоді як область застосування інших захисних засобів або не обмежена, або має рекомендаційний характер, або ж дуже вузьку область обов'язкового застосування.

Захисному заземленню або зануленню підлягають металеві частини електроустановок, які доступні доторканню людини і не мають інших засобів захисту, які забезпечують електробезпеку.

Захисне заземлення або занулення виконується (ГОСТ 12.1.030-81 [13]):

- при номінальній напрузі 380 В та вище змінного струму або 440 В та більше постійного струму - в усіх випадках;
- при номінальній напрузі від 42 В до 380 В змінного струму в умовах з підвищеною небезпекою, а також особливо небезпечних.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

## РОЗДІЛ 7 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРИЙНЯТИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПО АВТОМАТИЗАЦІЇ СУШАРКИ

Впровадження автоматизації технологічного процесу сушіння пиломатеріалів буде сприяти зростанню економічної ефективності деревообробної майстерні. Автоматизація, перш за все, дає можливість збільшити продуктивність виробництва сухих пиломатеріалів орієнтовно на 10%, по друге, зменшити чисельність обслуговуючого персоналу на сушильній ділянці, та по третє, за рахунок оптимізації технологічного процесу, отримати економію електроенергії до 30%. Крім того, більш якісне витримування технологічних параметрів сушарки (температури і вологості), буде сприяти підвищенню якості продукції та зменшенню браку.

Проведемо аналіз економічної ефективності виробництва за допомогою порівняння економічних параметрів виробництва до і після автоматизації процесу.

### 7.1 Вихідні дані для розрахунку наведені у таблиці 7.1

Таблиця 7.1 – Вихідні дані для розрахунку

| Найменування параметру                                 | Значення до автоматизації | Значення після автоматизації |
|--------------------------------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| Продуктивність ділянки, ( $V_n$ ), м <sup>3</sup> /рік | 4788*                     | 5320                         |
| Чисельність персоналу ( $L_c$ ), люд.                  | 2                         | 1,78                         |
| Добове навантаження (t), годин                         | 15                        | 15                           |
| Годинна тарифна ставка ( $G_c$ ), грн.                 | 72                        | 72                           |
| Потужність установки вентиляторів, кВт                 | 30                        | 30                           |
| Коефіцієнт за завантаження вентиляторів                | 0,8                       | 0,5                          |
| Додаткова оплата праці ( $Z_d$ ), %                    | 10                        | 10                           |
| Відрахування ( $Z_v$ ), %                              | 37,5                      | 37,5                         |

\*по даним бухгалтерського обліку.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

## 7.2 Розрахунок економічної ефективності

### 7.2.1 Затрати праці

$$З_{\text{пр}} = Л_{\text{с}} \times Д \times t$$

де  $Л_{\text{с}}$  – кількість обслуговуючого персоналу;

$Д$  – річний фонд часу одного робітника, днів;

$t$  – тривалість робочого дня, годин.

$$З_{\text{п}} = 2 \cdot 197 \cdot 15 = 5910 \text{ люд/год.}$$

Затрати праці на одиницю продукції ( $\text{м}^3$ )

$$З_{\text{п} \cdot \text{м}^3} = \frac{З_{\text{пр}}}{В_{\text{п}}} = \frac{5910}{4788} = 1,23 \frac{\text{люд} \cdot \text{год}}{\text{м}^3};$$

$$З_{\text{п} \cdot \text{м}^3 1} = \frac{З_{\text{пр}}}{В_{\text{п}}} = \frac{5910}{5320} = 1,11 \frac{\text{люд} \cdot \text{год}}{\text{м}^3}$$

де –  $В_{\text{м}}$ ,  $В_{\text{м}1}$  продуктивність ділянки до і після автоматизації.

### 7.2.2 Зниження затрат праці на одиницю продукції, %

$$С = \frac{З_{\text{п} \cdot \text{м}^3} - З_{\text{п} \cdot \text{м}^3 1}}{З_{\text{п} \cdot \text{м}^3}} \cdot 100;$$

$$С = \frac{1,23 - 1,11}{1,23} \cdot 100 = 9,7\%$$

### 7.2.3 Економія затрат праці, люд·год

$$Е_{\text{п}} = (З_{\text{п} \cdot \text{м}^3} - З_{\text{п} \cdot \text{м}^3 1}) \times В_{\text{м}1} = 0,12 \times 5320 = 638 \frac{\text{люд} \cdot \text{год}}{\text{рік}}$$

### 7.2.4 Вивільнення робочої сили, люд.

$$Л = \frac{Е_{\text{п}}}{Д \times t} = \frac{638}{197 \times 15} = 0,213 \text{ люд.}$$

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

## 7.2.5 Експлуатаційні втрати на одиницю продукції

$$I_e = \frac{I_{ec}}{B_m} ; I_{e1} = \frac{I_{ec1}}{B_{m1}}$$

де –  $I_e$  та  $I_{e1}$  - експлуатаційні втрати на одиницю продукції за старою технологією та після автоматизації;

$I_{ec}$  та  $I_{ec1}$  – загальна кількість експлуатаційних втрат до і після автоматизації відповідно.

$$I_{ec} = 3_{\pi} + T_6 + B_{\text{мат}} + A + \Pi_p + B_T + B_{ec} + B_i,$$

$$\text{де } 3_{\pi} = L_c \times D \times t \times \Gamma_c \times 3_d \times 3_v = 2 \cdot 197 \cdot 15 \cdot 72 \cdot 1,1 \cdot 1,375 = 643599 \text{ грн}$$

$$T_6 = 3_{\text{по}} \times 0,02 = L_c \times D \times t \times \Gamma_c \times 0,02 = 425520 \cdot 0,02 = 8510,4 \text{ грн}$$

$$B_{\text{мат.}} = 3_{\text{по}} \times 0,21 = 425520 \cdot 0,21 = 89359,2 \text{ грн}$$

Для розрахунку амортизаційних відрахувань необхідно визначити капіталовкладення на монтаж систем автоматизації сушарки в кількості 4шт. за локальним кошторисом (11724,1 грн.).

## Локальний кошторис на монтаж технологічного обладнання

| Назва обладнання і марка                  | Одиниця виміру | кількість | Кошторисна вартість одиниці обладнання |                 |                 | Загальна кошторисна вартість |                   |                 |
|-------------------------------------------|----------------|-----------|----------------------------------------|-----------------|-----------------|------------------------------|-------------------|-----------------|
|                                           |                |           | обладнання                             | Монтажних робіт |                 | обладнання                   | Монтажних робіт   |                 |
|                                           |                |           |                                        | Всього Зм       | В т.ч. зарплата |                              | Всього            | В т.ч. зарплата |
| 1                                         | 2              | 3         | 4                                      | 5               | 6               | 7                            | 8                 | 9               |
| 1. Системи автоматизації сушильної камери | Шт.            | 4         | 14655,13                               | 2931,03         | 1612,07         | 58620,52                     | 11724,12          | 6448,28         |
| I. Всього транспортні витрати             | Грн.<br>%      | X<br>25   | X<br>X                                 | X<br>X          | X<br>X          | 58620,52<br>14655,13         | 11724,12<br>X     | 6448,28<br>X    |
| II. Всього Заготівельно-складські витрати | Грн.<br>%      | X<br>3    | X<br>X                                 | X<br>X          | X<br>X          | 73275,65<br>1758,62          | X<br>X            | X<br>X          |
| III. Всього Накладні витрати              | Грн.<br>%      | X<br>60   | X<br>X                                 | X<br>X          | X<br>X          | 75034,27<br>X                | X<br>7034,47      | X<br>X          |
| IV. Всього Планові нагромадження          | Грн.<br>%      | X<br>8    | X<br>X                                 | X<br>X          | X<br>X          | X<br>X                       | 7034,47<br>937,93 | X<br>X          |
| V. Всього по кошторису                    | Грн.           | X         | X                                      | X               | X               | 75034,27                     | 7972,40           | X               |

|      |      |          |        |      |                   |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ |  |  |  | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |  |  |  |      |

7.2.6 Кошторисна вартість одиниці обладнання:

$$B_k = B + Z_m,$$

де  $B = 11724,1$  грн.

$$Z_m = B \times 25/100 = 11724,1 \cdot 25/100 = 2931,03 \text{ грн.}$$

$$B_k = 11724,1 + 2931,03 = 14655,13 \text{ грн.}$$

7.2.7 Затрати на зарплату:

$$Z_{\pi} = Z_m \times 55/100 = 2931,03 \cdot 55/100 = 1612,07 \text{ грн.}$$

7.2.8 Загальна кошторисна вартість:

$$B_{k, \text{заг}} = B_k \times n = 14655,13 \times 4 = 59620,52 \text{ грн.}$$

7.2.9 Загальна вартість монтажних робіт:

$$Z_{m, \text{заг}} = Z_m \times n = 2931,03 \cdot 4 = 11724,12 \text{ грн.}$$

7.2.10 Загальні витрати на зарплату:

$$Z_{\pi, \text{заг}} = Z_{\pi} \times n = 1612,01 \cdot 4 = 6448,28 \text{ грн.}$$

7.2.11 Транспортні витрати:

$$Z_{\tau} = B_{k, \text{заг}} \times 25/100 = 59620,52 \cdot 25/100 = 14655,13 \text{ грн.}$$

7.2.12 Заготівельно-складські витрати:

$$Z_{\text{зс}} = B_{k, \text{заг}} \times 3/100 = 59620,52 \cdot 3/100 = 1758,62 \text{ грн.}$$

7.2.13 Накладні витрати:

$$Z_n = Z_{m, \text{заг}} \times 60/100 = 11724,12 \cdot 60/100 = 7034,47 \text{ грн.}$$

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                   |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

## 7.2.14 Планові нагромадження:

$$З_{\text{пн}} = З_{\text{м.заг}} \times 8/100 = 11724,12 \cdot 8/100 = 937,93 \text{ грн.}$$

Отже, загальна кошторисна вартість – сума прямих , накладних витрат та планових нагромаджень:

$$Б = 75034,27 + 7034,47 + 937,93 = 83006,67 \text{ грн.}$$

## 7.2.15 Продовжимо розрахунок експлуатаційних витрат:

- Визначимо амортизаційні відрахування:

$$А = Б \times Н_a / 100 = 83006,67 \cdot 8,6 / 100 = 7138,57 \text{ грн.}$$

$$П_p = Б \times Н_T / 100 = 83006,67 \cdot 7,1 / 100 = 5893,47 \text{ грн.}$$

$$В = l \times \Pi_{\text{км}} = 10 \cdot 8 = 80 \text{ грн}$$

- Вартість електроенергії спожитою вентиляторами камери:

$$В_{\text{еe}} = 2 \times t \times Д \times Р \times K_3 \times T_e = 2 \cdot 15 \cdot 197 \cdot 30 \cdot 0,8 \cdot 6 = 851040 \text{ грн.}$$

$$В_{\text{еe}1} = 2 \times t \times Д \times Р \times K_3 \times T_e = 2 \cdot 15 \cdot 197 \cdot 30 \cdot 0,5 \cdot 6 = 531900 \text{ грн.}$$

- Інші витрати (утримання обладнання , знос спецодягу тощо).

$$В_i = (З_{\text{п}} + Т_6 + В_{\text{м}} + А + П_p + В_T + В_{\text{еe}}) \times 10 / 100 = (645599 + 8510,4 + 89359,2 + 7138,57 + 5893,47 + 80 + 851040) \cdot 10 / 100 = 160762,06 \text{ грн.}$$

$$В_{i1} = 128848,06 \text{ грн.}$$

## 7.2.16 Експлуатаційні витрати складають:

$$I_{\text{еe}} = 645599 + 8510,4 + 89359,2 + 7138,57 + 5893,47 + 80 + 851040 + 160762,06 = 1768382,06 \text{ грн.}$$

$$I_{\text{еe}1} = 645599 + 8510,4 + 89359,2 + 7138,57 + 5893,47 + 80 + 531900 + 128848,06 = 1418328,0 \text{ грн.}$$

7.2.17 Собівартість виробництва м<sup>3</sup> сухих пиломатеріалів:

$$\text{- до впровадження установки : } C_{\text{п}} = 369,34 \text{ грн/м}^3$$

$$\text{- після автоматизації: } C_{\text{п}} = 266,6 \text{ грн/м}^3$$

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

$$C_{п1} = (I_{ес1})/B_{п1} = (1418328)/5320 = 266,6 \text{ грн/м}^3$$

7.2.18 Рівень зниження собівартості молока:

$$C_p = (C_{п1} - C_{п1})/C_{п1} \times 100 = ((369,34 - 266,6)/369,34) \cdot 100 = 24 \%$$

7.2.19 Вартість додаткового виходу продукції:

$$C_{\Delta п} = (B_{п1} - B_{п1}) \times Ц_p = (5320 - 4788) \cdot 380 = 202160 \text{ грн}$$

де  $Ц_p$  – ціна реалізації  $1 \text{ м}^3$  пиломатеріалів сухих (380 грн) (різниця цін між сухими і пиломатеріалами природної вологості).

7.2.20 Приріст річного доходу:

$$\Delta П = C_{\Delta п} + (I_{ес1} - I_{ес}) = 202160 + 350054 = 552214 \text{ грн}$$

7.2.21 Строк окупності капіталовкладень:

$$T_o = K/\Delta П = 83006/552214 = 1,5 \text{ року}$$

Показник строку окупності для малої механізації і автоматизації виробництва при впровадженні простих видів обладнання складає 1 – 1,5 років.

Розрахунковий термін окупності відповідає нормативному, що дає право твердити про ефективність запропонованого проекту.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                   |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

# ВИСНОВКИ

Автоматизація виробничих процесів в дерево оброблювальній галузі, а саме процесу сушіння деревини зберігає свою актуальність. Багато підприємств мають потребу в системі автоматизації, яка забезпечувала б високу ефективність, продуктивність та якість кінцевого продукту за мінімальну ціну та мінімальний час.

В даному дипломному проєкті проведено огляд існуючих систем автоматизації, розроблено схему інформаційно-матеріальних потоків установки для сушіння пиломатеріалів та функціональну схему автоматизації, робота яких детально розібрана за допомогою окремих контурів регулювання, на основі аналізу джерел інформації про засоби автоматизації обрано сучасні датчики та виконавчі механізми системи автоматизації та інші аналогові, дискретні і цифрові засоби автоматизації причому вибрані комплексно в об'ємі достатньому для реалізації проєкту. Проведено розрахунок параметрів оптимального регулятора контуру регулювання вологості деревини, правильність розрахунків параметрів перевірена за допомогою комп'ютерного моделювання системи. Наведено опис технологічного процесу сушіння деревини в конвекційному агрегаті камерного типу.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                   |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. В.М. Гербей. Основы проектирования сушильных цехів в деревообробної промисловості. Л.: 1996. 226 с.
2. A Decade of Improved Lumber Drying Technology [Електронний ресурс] // Springer Link. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40725-016-0034-z>.
3. John D. Drying Wood with a Solar Kiln - Plans Included / Davidson John., 2016. – 55 с.
4. Milota, M.; Puettmann, M. 2017. Life-cycle assessment for the cradle-to-gate production of softwood lumber in the Pacific Northwest and southeast regions. Forest Products Journal. 67(5/6): 331–342
5. Гидротермическая обработка и консервирование древесины: учебное пособие по дисциплине для студентов специальности 250403 и направления 250400 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» / С. И. Акишенков, В.И. Корнеев, А. М. Артеменков. СПб.: СПбГЛТУ, 2013. 68 с.
6. Сушильна камера Incoplan 3000 [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://leadermash.ru/product/derevoobrabotka/sushilnye-kamery-i-kotly/sushilnyekamery-incoplan-topline-konvektivnogo-tipa/sushilnaya-kamera-incoplan-sm3000-40m3/>
7. Автоматика управление сушильными камерами древесины [Електронний ресурс]. - 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.gorlush.com.ua/electronics.aspx>
8. ПЛК 110[M02]. Программируемый логический контроллер [Електронний ресурс]. - 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://owen.ua/ru/programmiruemye-logicheskiekontrollery/programmiruemyj-logicheskij-kontroller-oven-plk110-m02>

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                   |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |

9. СПЗхх сенсорные панели оператора [Електронний ресурс]. -2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://owen.ru/product/sp3xx>

10. НПАОП 20.0-1.02-05. Правила охорони праці в деревообробній промисловості [Електронний ресурс]. – 2013. – Режим доступу до ресурсу: [https://dnaop.com/html/32398\\_3.html](https://dnaop.com/html/32398_3.html).

11. Видмиш А.А. Теорія електропривода. Курсове та дипломне проектування. Самостійна та індивідуальна робота студентів: навч. Посіб./ А.А. Видмиш, С.М. Бабій, В.В. Петрусь. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 101 с.

|      |      |          |        |      |                   |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП 141.043.033 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                   |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                   |      |