

УДК 621.320

Корчинський А.І. Розробка електричної силової мережі збирального цеху. Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет природокористування, 2024. 45 с. текстової частини, 13 таблиць, 10 рисунків, 14 джерел посилання.

**Мета роботи:** розробка електричної силової мережі цеху.

Для досягнення поставленої мети, необхідно виконати такі **завдання**: виконати аналіз рівня споживання електроенергії; розрахувати силову електричну мережу; розрахувати освітлювальну електричну мережу; розрахувати техніко-економічні показники.

В даній кваліфікаційній роботі було розглянуто питання модернізації електричної силової мережі цеху, який знаходиться у підпорядкуванні ТОВ "Палет Експорт" вигідно розташоване в Яворівському районі Львівської області, а також було розраховане освітлення з використанням різних типів ламп, а саме: компактно люмінесцентних ламп та світлодіодних ламп. Після розрахунків силової мережі для верстатів були вибрані кабелі та ПЗА.

Розрахунки освітлювальної мережі нам дали результати, за якими ми можемо оцінити доцільність використання тих чи інших ламп.

Також було розраховано економічну ефективність модернізації та дано рекомендації щодо її реалізації.

**Ключові слова:** дефіцит електроенергії в Україні, силові мережі.

## ВСТУП

Світло відіграє фундаментальну роль у житті людини, адже саме завдяки йому ми сприймаємо близько 90% інформації з навколишнього світу. Від правильно організованого освітлення залежить не лише продуктивність праці, а й загальний стан здоров'я та самопочуття людини.

### Біологічний ритм та вплив освітлення

Для організму людини життєво важливим є дотримання природного біологічного ритму, що ґрунтується на чергуванні дня та ночі, світла й темряви. Недостатнє або надмірне освітлення негативно впливає на роботу центральної нервової системи, знижуючи рівень збудження та загальну активність організму.

### Важливість раціонального освітлення у виробництві

Важко переоцінити значення раціонального освітлення у виробничих приміщеннях. Недотримання норм освітлення може призвести до серйозних наслідків, таких як зниження працездатності, травматизм, а в деяких випадках, навіть до загибелі або інвалідності.

### Вимоги до раціонального освітлення

Ефективне освітлення робочого місця повинне відповідати наступним вимогам:

- Бути достатнім: освітленість робочої зони має відповідати встановленим нормативам.
- Забезпечувати рівномірність: освітлення не повинне мати різких тіней на робочій поверхні.
- Виключати засліплення: джерело світла не повинне сліпити працівника.

- Відповідати характеру роботи: напрямок світлового потоку має бути оптимальним для виконання конкретних завдань.

### Види освітлення

Залежно від джерела світла розрізняють три типи виробничого освітлення:

1. Природне: освітлення, що здійснюється за рахунок сонячного світла, яке проникає через вікна та інші світлові прорізи.
2. Штучне: освітлення, що створюється за допомогою штучних джерел світла (ламп розжарювання, газорозрядних ламп тощо).
3. Комбіноване: поєднання природного та штучного освітлення.

### Спектр видимого світла

За своєю природою світло являє собою електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі в діапазоні від 380 до 780 нм ( $1 \text{ нм} = 10^{-9} \text{ м}$ ). Видиме світло (біле) складається з кольорів, які відповідають різним довжинам хвиль:

- Фіолетовий: 380...450 нм
- Синій: 450...510 нм
- Зелений: 510...575 нм
- Жовтий: 575...620 нм
- Червоний: 620...750 нм

Випромінювання з довжиною хвилі вище 780 нм називають інфрачервоним, а нижче 380 нм - ультрафіолетовим.

## 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА

### Місцезнаходження та транспортна доступність

Підприємство ТОВ "Палет Експорт" вигідно розташоване в Яворівському районі Львівської області, на висоті 300 метрів над рівнем моря. Це місце поєднує в собі екологічно чисту зону Розточчя та зручне транспортне сполучення з м. Львовом (30 км) та Яворовом (14 км). Поруч проходить автомагістраль державного значення Львів - Краковець (М10), а також залізнична колія Львів - Шкло.

### Про компанію

ТОВ "Палет Експорт" - це не лише виробник, а й оптовий продавець європіддонів EPAL розміру 1200x800 мм з вантажопідйомністю до 2200 кг. Виготовлені з масиву деревини, вони відповідають міжнародним стандартам безпеки та надійної експлуатації ISPM 15 UIC 435-2. Це гарантує багаторічну безперебійну роботу тари.

### Досвід та орієнтація на клієнта

З 2011 року "Палет Експорт" успішно співпрацює з оптовими покупцями, пропонуючи гнучкі умови співпраці: від великих оптових партій до постачання малими обсягами.

### Сучасне обладнання та висока продуктивність

Виробничий цех підприємства оснащений новітнім обладнанням, що дає змогу випускати великі обсяги продукції в короткі терміни. Завдяки цьому "Палет Експорт" може задовольнити потреби як українських, так і зарубіжних клієнтів.

### Географія продажів

Піддони "Палет Експорт" користуються попитом не лише в Україні, але й у таких країнах, як Туреччина, Польща, Італія, Словенія, Австрія, Словаччина, Німеччина. Компанія постійно розширює ринок збуту, пропонуючи якісну та доступну дерев'яну тару.

### Виробничі потужності

"Палет Експорт" володіє трьома виробничими приміщеннями:

- Цех обробки деревини: тут відбувається розкрій круглої деревини та її переробка на дошки.
- Цех збирання піддонів: оснащений гідравлічним цвяхозабивним верстатом, рейсувальним верстатом СР6, верстатом для нарізання кубиків та декількома циркулярними пилками.
- Склад готової продукції: тут зберігається продукція, готова до відвантаження.

#### Режим роботи та чисельність персоналу

Підприємство працює у дві зміни по 8 годин на добу. Загальна чисельність персоналу становить 44 особи.

#### Продуктивність

За одну зміну "Палет Експорт" може виготовляти до 2000 піддонів, а за місяць - до 60 000.

#### Переваги дерев'яних піддонів

Дерев'яні піддони - це універсальне та зручне рішення для транспортування та зберігання вантажів за допомогою вантажопідійомної техніки.



Рисунок 1.1 - Дерев'яний піддон

#### Переваги дерев'яних піддонів

Дерев'яні піддони - це універсальне та зручне рішення для транспортування та зберігання вантажів за допомогою вантажопідійомної техніки. Вони мають ряд переваг:

- Міцність та надійність: дерев'яні піддони витримують значні навантаження, гарантуючи безпечне транспортування товарів.

- Екологічність: деревина - це екологічно чистий матеріал, який не шкодить навколишньому середовищу.
- Багаторазове використання: дерев'яні піддони можна ремонтувати та використовувати повторно, що робить їх економічно вигідними.
- Зручне зберігання: дерев'яні піддони мають компактну конструкцію, що дозволяє економити складські площі.

## 1.2. Енергетична характеристика підприємства

### Технологія виготовлення піддонів

Піддони можуть бути як типових розмірів, так і нестандартних, але їх конструкція зазвичай схожа:

- Нижні дошки: основа піддона, що несе основне навантаження.
- Дерев'яні бруски: з'єднують верхню та нижню частини піддона, забезпечуючи його жорсткість.
- Поперечні дошки та настил: на цю частину укладається вантаж.

Існує кілька способів виготовлення піддонів:

#### 1. Використання відходів лісопереробки:

- Переваги: найдоступніший і найпоширеніший метод, особливо на лісопилках.
- Недоліки: низька якість продукції, адже виготовляється з відходів.

#### 2. Ручне виготовлення:

- Переваги: дешевий метод.
- Недоліки: дуже низька якість продукції.

#### 3. Напівавтоматизована лінія:

- Переваги: швидше виробництво, ніж при ручному способі.
- Недоліки: все ще невисока якість продукції.

#### 4. Автоматизована система:

- Переваги: висока продуктивність, якісна продукція.
- Недоліки: найдорожчий метод.

В даному випадку підприємство використовує автоматизований метод виготовлення піддонів.

Опис технологічного процесу:

1. Заготовки (дошки та бруски) завантажуються в шаблони цвяхозабивної машини.
2. У два різних шаблонах за один прохід відбувається з'єднання ніжок піддону з основною частиною.
3. Після забивання цвяхів оператор цвяхозабивної машини перекладає збиті ніжки в основний шаблон.
4. В основному шаблоні відбувається остаточне збирання піддона.

Важливо зазначити, що цвяхи не забиваються в деревину ударами, а вдавлюються за допомогою гідравлічних циліндрів. Цвяхи подаються з вібробункера гнучкими пластмасовими трубками.



Рисунок 1.2 - Гідравлічний цвяхозабивний верстат з візком зворотного ходу.

Лінія складається з наступних компонентів:

Виробнича лінія цвяхозабивного з'єднання для виробництва піддонів СР1-СР2-СР3-СР4-СР5.СТ.2007748:

Ця лінія використовується для автоматичного збирання піддонів за допомогою цвяхів.

Вона складається з 5 модулів (СР1-СР5), кожен з яких виконує певну функцію.

- Лінія може виробляти піддони різних розмірів, з максимальною довжиною 1500 мм, шириною 1500 мм та товщиною 160 мм.
- Для з'єднання деталей піддонів використовуються цвяхи довжиною від 35 до 100 мм.
- Один піддон може бути виготовлений за 19 секунд.
- Лінія оснащена гідростанцією потужністю 11 кВт та приводом платформи потужністю 1,5 кВт.
- Об'єм бака гідростанції становить 200 л.

Також на підприємстві є верстат рейсмусовий СР6.



Рисунок 1.3 - Верстат рейсмусовий СР6

- Гідравлічний цвяхозабивний верстат GSI-150AL:
  - Цей верстат використовується для забивання цвяхів у деталі піддонів.
  - Він має 3 подаючих пристрої, кожен з яких може вміщати 12 цвяхів.
  - Верстат оснащений 28 захватами з механічним закриттям.

Додаткове обладнання:

- Верстат рейсмусовий СР6:
  - Цей верстат використовується для стругання дощок та брусів.
  - Він має ширину обробки 630 мм та максимальну товщину оброблюваної заготовки 200 мм.



- Верстат оснащений 4-ма ножами та двигуном потужністю 7,5 кВт.
- Швидкість подачі заготовки може регулюватися в діапазоні від 8 до 25 м/хв.
- Верстат має литу станину, яка забезпечує високу жорсткість конструкції та мінімізує вібрації.
- Верстат оснащений двома двигунами: один для приводу строгального вала, а другий - для приводу подачі заготовки та підйому-опускання столу.



Рисунок 1.4 - Верстат призначений для поздовжнього розкрою дошки

#### Циркулярні пилки:

- Ці пилки використовуються для розкрою дощок та брусів.
- На підприємстві використовується кілька циркулярних пилок, одна з яких - поздовжньо-пильний верстат Einhell.
- Цей верстат має потужність 3800 Вт, діаметр диска 400 мм та швидкість обертання диска 4950 об/хв.

Таблиця 1.1 - Перелік обладнання та їх потужність

№	Обладнання	Потужність Р.кВт
1	Гідравлічний цвяхозабивний верстат GSI-150AL	15
2	верстат рейсмусовий CP6	7,5
3	Циркулярка Einhell RT-TS	3
4	Розкрійний станокFelder	4
5	КомпресорAirpol K 11	11

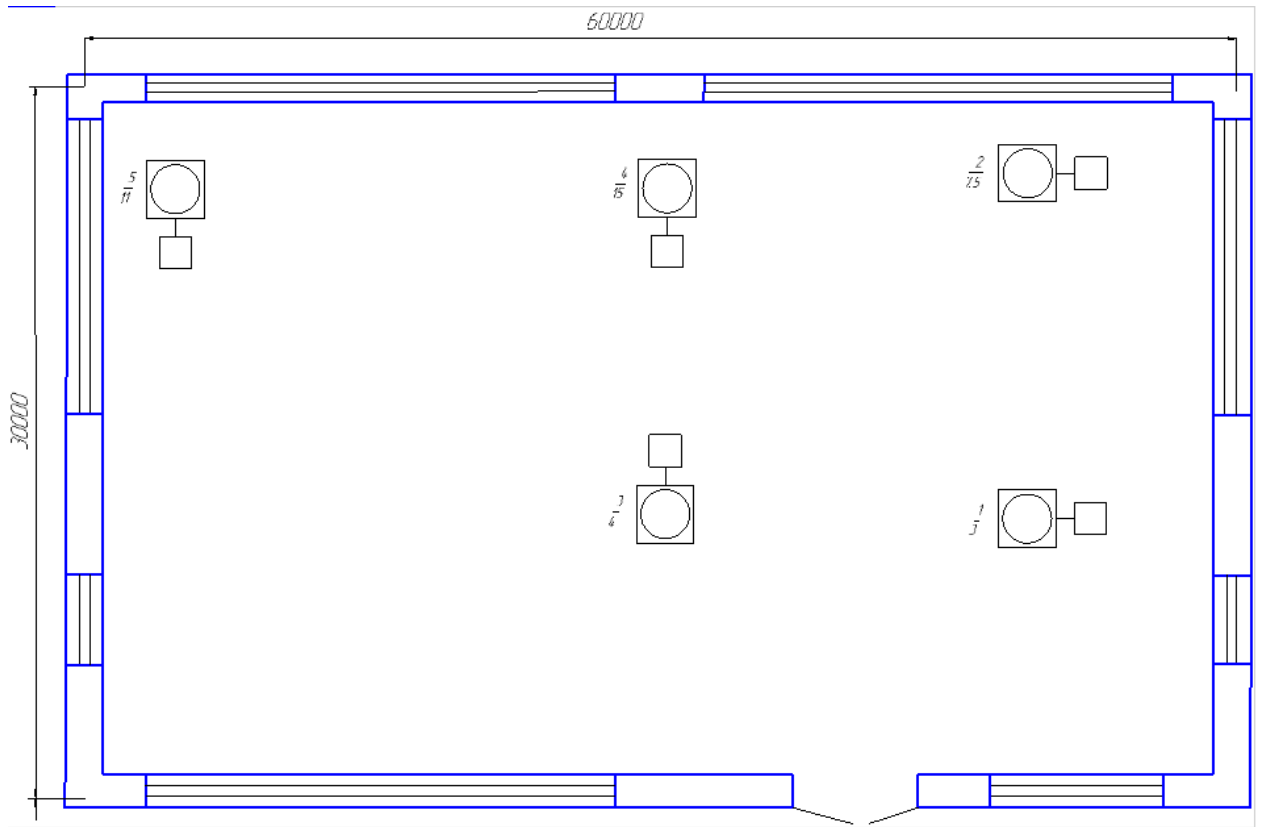


Рисунок 1.5 - План підприємства

## 2 РОЗРАХУНОК СИЛОВОЇ МЕРЕЖІ

### 2.1 Вибір пуско-захисного обладнання та розподільних пристроїв

#### Типи електричних мереж

Електричні мережі використовуються для транспортування електроенергії від місць її генерування до кінцевих споживачів. Їх можна класифікувати за кількома характеристиками, включаючи:

#### 1. Тип струму:

- Змінний струм (АС): Найпоширеніший тип струму, який використовується в електромережах. Він має синусоїдальну форму хвилі, що дозволяє легко трансформувати його на різні напруги.
- Постійний струм (DC): Використовується в деяких спеціальних застосуваннях, таких як електротранспорт та акумулятори.

#### 2. Рівень напруги:

- Низька напруга (до 1 кВ): Використовується для живлення побутових приладів та освітлення.
- Середня напруга (від 1 кВ до 35 кВ): Використовується для розподілу електроенергії на локальному рівні.
- Висока напруга (від 35 кВ до 300 кВ): Використовується для передачі електроенергії на далекі відстані.
- Надвисока напруга (понад 300 кВ): Використовується для передачі електроенергії на дуже далекі відстані.

#### 3. Тип мережі:

- Радіальна мережа: Найпростіший тип мережі, де енергія подається від джерела до споживачів по одній лінії.
- Кільцева мережа: Енергія може подаватися в двох напрямках, що робить мережу більш надійною.
- Магістральна мережа: Енергія подається по основній лінії, від якої відгалужуються гілки до споживачів.
- Деревоподібна мережа: Енергія подається по головній лінії, від якої відгалужуються вторинні лінії, а від них - третинні лінії і так далі.
- Мережа з подвійним живленням: Два джерела енергії підключені до мережі, що забезпечує резервне живлення у разі виходу з ладу одного з них.

#### 4. Тип заземлення:

- Заземлення TN-S: Нульовий провідник (N) та захисний провідник (PE) розділені по всій довжині мережі.
- Заземлення TN-C: Нульовий провідник (N) та захисний провідник (PE) об'єднані по частині або по всій довжині мережі.
- Заземлення TT: Захисний провідник (PE) підключений до окремого заземлювального контуру, який не пов'язаний з нульовим провідником (N).
- Заземлення IT: Захисний провідник (PE) не підключений до землі, а з'єднаний з корпусом електроустановки через резистор або індуктивний елемент.

#### 5. Режим нейтралі:

- Ізольована нейтраль: Нейтраль трансформатора не підключена до землі.
- Заземлена нейтраль: Нейтраль трансформатора підключена до землі.
- Резонансно-заземлена нейтраль: Нейтраль трансформатора підключена до землі через заземлювальний резистор.

#### 6. Кількість фаз:

- Однофазна мережа: Найпоширеніший тип мережі, який використовується для живлення побутових приладів та освітлення.
- Трифазна мережа: Використовується для живлення промислових об'єктів та деяких побутових приладів. Трифазна мережа може передавати більше потужності, ніж однофазна, при однаковій напрузі.

#### Вибір пуско-захисної апаратури

При виборі пуско-захисної апаратури для електродвигунів слід враховувати такі фактори:

- Величина напруги: Апаратура повинна бути розрахована на робочу напругу електродвигуна.
- Рід та величина струму: Апаратура повинна бути розрахована на номінальний та пусковий струм електродвигуна.
- Кліматичне виконання: Апаратура повинна відповідати кліматичним умовам, в яких вона буде експлуатуватися.
- Умови захисту від впливу навколишнього середовища: Апаратура повинна бути захищена від пилу, вологи, хімічних речовин та інших факторів, які можуть негативно вплинути на її роботу.
- Відповідність технологічним вимогам: Апаратура повинна відповідати специфічним вимогам технологічного процесу.

- Інші показники: Додаткові фактори, які можуть впливати на вибір апаратури, включають габарити, вагу, вартість та наявність на ринку.

Таблиця 2.1 - Паспортні дані електродвигунів

№	Найменування обл.	Тип Дв.	Кі	Ном Р кВт.	Ном I.
1	верстат GSI-150AL	АИР160S2	7,5	15	30
2	верстат рейсмусовий CP6	АИР112M2	7,5	7,5	14,7
3	Einhell RT-TS	АИР90	6.5	3	5,62
4	Розкрійний станокFelder	АИР100 L4	7	4	9,3
5	КомпресорAirpol К 11	АИР160S6	7.5	11	21,1

Пусковий струм електродвигуна можна розрахувати:

$$I_{\text{п}} = I_{\text{н}} \cdot K_i, \text{ А}, \quad (2.1)$$

де  $I_{\text{н}}$  – номінальний струм електродвигуна, А;

$K_i$  – кратність пускового струму.

Для електродвигуна з номінальним струмом 30 А і кратністю пускового струму 7,5 пусковий струм буде:

$$I_{\text{п}} = 30 \cdot 7,5 = 225 \text{ А.}$$

Вибір автоматичного вимикача

Автоматичний вимикач повинен бути розрахований на номінальний струм електродвигуна та його пусковий струм. Також слід враховувати напругу мережі.

$$U_{\text{а.н}} \geq U_{\text{мер}}, \text{ В}$$

$$I_{\text{а.н}} \geq I_{\text{н}}, \text{ А}$$

$$I_{\text{р.н}} \geq I_{\text{п}}, \text{ А.}$$

Для електродвигуна з номінальним струмом 30 А, пусковим струмом 225 А та напругою 380 В підійде автоматичний вимикач типу РКЗМ0-32 фірми "Eaton".

$$380 = 380 \text{ В}$$

$$63 \geq 30 \text{ А}$$

$$32 \geq 30 \text{ А}$$

Кількість поділок на спрацювання теплового розчіплювача можна розрахувати:

$$n = \frac{I_n}{I_{p.n}} = \frac{30}{32} = 0,93. \quad (2.2)$$

Електромагнітний пускач повинен бути розрахований на номінальний струм електродвигуна, його пусковий струм та напругу мережі.

$$U_{п.н} \geq U_{мер}, В$$

$$I_{p.н} \geq I_n, А$$

$$I_{p.н} \geq \frac{I_n}{6}, А$$

Для електродвигуна з номінальним струмом 30 А, пусковим струмом 225 А, напругою 380 В підійде електромагнітний пускач типу ПМ-S2-38 фірми "Аско УкрЕМ".

$$660 = 380 В$$

$$38 \geq 30 А$$

$$38 \geq 30 \cdot 7,5/6 А$$

$$38 \geq 37,5А$$

Електротеплове реле повинно бути розраховано на номінальний струм електродвигуна та його робочий струм. Для електродвигуна з номінальним струмом 30 А та робочим струмом 24 А підійде електротеплове реле типу ZB-32-38 фірми "Еaton".

$$U_{p.н} \geq U_{мер}, В$$

$$I_{p.н} \geq I_n, А$$

$$I_{н.б} \geq I_{н.дв}, А$$

Так само проводимо вибір пуско-захисної апаратури для інших двигунів та вводимо їх дані у таблицю 2.2

Таблиця 2.2 - Пуско-захисне обладнання для двигунів

Марки Електродвигунів	P <sub>n</sub> , кВт	I <sub>n</sub> , А	Марки електромагнітних пускачів	I <sub>n</sub> , А	Марки автоматичних вимикачів	I <sub>н.а.</sub> , А	I <sub>н.р.</sub> , А
АИР160S2	15	30	ПМ-S 2-38	38	PKZM0-32	32	32
АИР112M2	7,5	14,7	ПМ-S 2-16	16	PKZM0-16	16	16
АИР90	3	5,62	ПМ-S 2-9	9	PKZM0-10	10	6
АИР100 L4	4	9,3	ПМ-S 2-16	16	PKZM0-16	16	12,5
АИР160S6	11	21,1	ПМ-S 2-25	25	PKZM0-32	25	25

Автоматичні вимикачі встановлені в розподільних щитках. Їх маркування та перелік пристроїв захисту, що містяться в них, наведено в таблиці 2.3.

## 2.2 Вибір марок і перерізів проводів , кабелів та способів їх прокладання

Провідники - це елементи електричних мереж, які використовуються для транспортування електричного струму. Їх виготовляють з різних матеріалів, кожен з яких має свої переваги та недоліки.

### Типи провідників

Найпоширеніші типи провідників, які використовуються в електричних мережах, це:

- Мідні провідники: Мідь - це найпоширеніший матеріал для виготовлення провідників завдяки своїй високій провідності, стійкості до корозії та механічній міцності. Мідні провідники використовуються в широкому спектрі застосувань, від побутової електропроводки до силових кабелів.
- Алюмінієві провідники: Алюміній - це більш легкий і дешевий матеріал, ніж мідь, але він має меншу провідність. Алюмінієві провідники часто використовуються в силових кабелях, де важливі вага та вартість.
- Сталеві провідники: Сталь використовується для виготовлення армованих провідників, які мають більшу механічну міцність, ніж мідні або алюмінієві провідники. Армовані провідники часто використовуються в повітряних лініях електропередач.
- Біметалічні провідники: Біметалічні провідники складаються з двох шарів металу, зазвичай міді та сталі. Мідь забезпечує високу провідність, а сталь - механічну міцність. Біметалічні провідники часто використовуються в силових кабелях, де важливі як провідність, так і механічна міцність.

Таблиця 2.3 - Переваги та недоліки різних типів провідників

Тип провідника	Переваги	Недоліки
Мідні	Висока провідність, стійкість до корозії, механічна міцність	Дорожчі, ніж алюмінієві

Алюмінієві	Легкі, дешеві	Менша провідність, ніж мідні, схильність до корозії
Сталеві	Висока механічна міцність	Низька провідність, важкі
Біметалічні	Висока провідність, механічна міцність	Дорожчі, ніж алюмінієві

Інші фактори, які слід враховувати при виборі провідників

- Напруга: Різні типи провідників підходять для різних напруг.
- Струм: Провідник повинен мати достатній переріз для транспортування необхідного струму.
- Умови експлуатації: Провідник повинен бути стійким до таких факторів, як вологість, температура, хімічні речовини та механічні навантаження.
- Вартість: Вартість провідника є важливим фактором, який слід враховувати при виборі.

Вибір правильного типу провідника для конкретної електричної мережі є важливим завданням. Важливо враховувати такі фактори, як тип матеріалу, провідність, механічну міцність, умови експлуатації та вартість.

В сільськогосподарських установках переважно використовуються мідні проводи та кабелі з перерізом жил 2,5 мм<sup>2</sup> та більше. Зазвичай застосовуються типи електропроводки, які не потребують сталевих труб.

В даному випадку вся електропроводка силової мережі буде прокладена в сталевих трубах. Це робиться для захисту ізоляції та жил провідників від механічних пошкоджень.

Площа перерізу жил провідників або кабеля в кожному конкретному випадку вибирається так, щоб тривало допустимий для них за нагрівом струм навантаження  $I_{\text{доп}}$  був не меншим максимального тривалого робочого струму електричного кола  $I_{\text{макс.р}}$ . Тобто, має виконуватися умова:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{макс.р}}$$

Максимальний робочий струм магістралі, яка живить кілька електроприймачів, визначається за формулою:



$$I_{\text{макс.р}} = K_0 \sum_1^n I_{\text{ном}}$$

Після вибору кабелю або проводу за допустимим нагрівом, його переріз слід перевірити на відповідність апарату захисту за умовою:

$$I_{\text{доп}} \geq K_3 I_3$$

де  $K_3$  - кратність допустимого струму провідника по відношенню до номінального струму спрацювання захисного апарату (в даному випадку  $K_3 = 1$ );

$I_3$  - номінальний струм або струм спрацювання захисного апарату.

Як приклад, виберемо кабель, який буде живити верстат GSI-150AL, від мережі марки ВВГ 4×4з I = 31 А.

$$I_{\text{макс.р}} = 1 \cdot 30 = 30 \text{ А};$$

$$I_{\text{доп}} \geq 1 \cdot 31 = 31 \text{ А};$$

$$31 \text{ А} > 30 \text{ А}.$$

Так само вибираємо інші кабелі і заповнюємо в таблицю 2.3

Таблиця 2.3 - Марки кабелів для живлення електрообладнання

№ п\п	Найменування обл.	Ном.І.	Марка провода,кабеля	І.доп.А
1	верстат GSI-150AL	30	ВВГ 4×4	31
2	верстат рейсмусовий СР6	14,7	ВВГ 4×2,5	21
3	Einhell RT-TS	5,62	ВВГ 4×1,5	21
4	Розкрійний станокFelder	9,3	ВВГ 4×1,5	21
5	КомпресорAirpol К 11	21,1	ВВГ 4×2,5	21

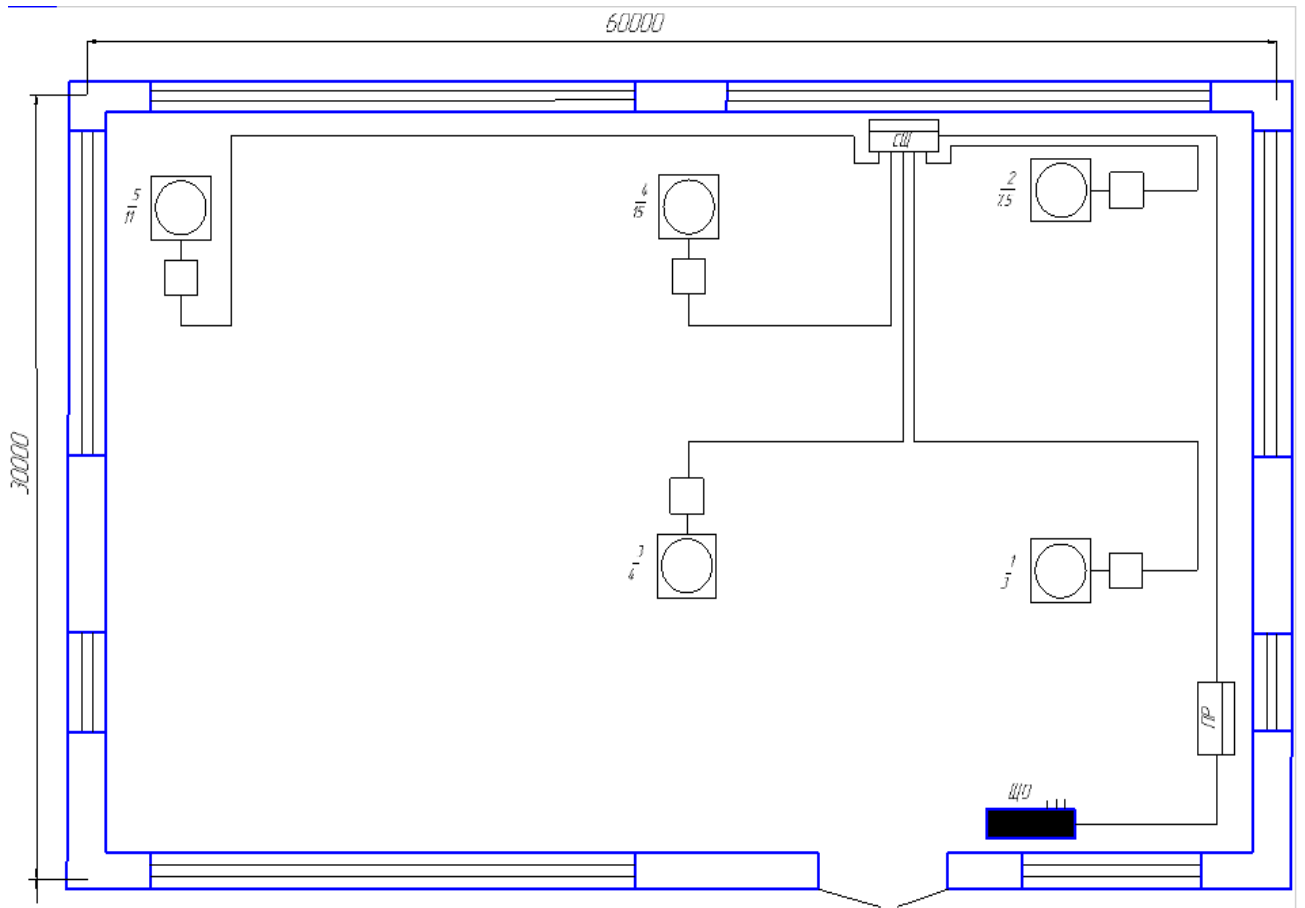


Рисунок 2.1 - План підприємства і з нанесенням силової проводки

### 3 РОЗРАХУНОК МЕРЕЖІ ОСВІТЛЕННЯ З ЛАМПАМИ РОЗЖАРЕННЯ

#### 3.1 Розрахунок освітлювальних установок з лампами розжарювання

Метод коефіцієнта використання світлового потоку

Для розрахунку загального рівномірного освітлення в майстерні з лампами розжарювання будемо використовувати метод коефіцієнта використання світлового потоку. Цей метод широко використовується для розрахунку освітлення виробничих та громадських приміщень з використанням світильників розсіяного світла.

Розміри приміщення: 60 м x 30 м x 4,5 м

Визначення розрахункової висоти підвісу світильників:

$$H_p = 4,5 - (0,25 + 0,8) = 3,45 \text{ м.}$$

Приймаємо  $\lambda = 1,2$ .

Визначення оптимальної відстані між світильниками:

$$L = 1,2 \cdot 3,45 = 4,14 \text{ м.}$$

Визначення кількості рядів світильників:

$$n_p = \frac{30}{4,14} = 7,24$$

Візьмемо  $n_p = 7$ .

Визначення відстані від крайніх світильників до стін:

$$L_c = 0,5 \cdot 4,14 = 2,07 \text{ м.}$$

Визначення розрахункової відстані між рядами:

$$L_B = \frac{30 - 2 \cdot 2,07}{7 - 1} = 4,31 \text{ м.}$$

Визначення розрахункової відстані між світильниками в ряду:

$$L_a = \frac{4,14^2}{4,31} = 3,97 \text{ м.}$$

Визначення кількості світильників у ряду:

$$n_a = \frac{60 - 2 \cdot 2,07}{3,97} = 14,07$$

Візьмемо  $n_a = 14$ .

Визначення загальної кількості світильників:

$$N = 7 \cdot 14 = 98$$

Визначення індексу приміщення:

$$i = \frac{60 \cdot 30}{3,45 \cdot (60 + 30)} = 5,79$$

Візьмемо коефіцієнт відбивання: стеля  $\rho_{ст} = 50\%$ ; стіна  $\rho_c = 30\%$ ; підлога  $\rho_{п} = 10\%$ .

Визначення коефіцієнта використання світлового потоку:  $\eta = 0,7$ .

Приймаємо нормовану освітленість  $E_n = 100$  лк.

Беремо коефіцієнт запасу  $K = 1,3$ .

Визначення розрахункового світлового потоку світильника:

$$\Phi_{p.c} = \frac{100 \cdot 60 \cdot 30 \cdot 1,3 \cdot 1,15}{98 \cdot 0,7} = 3922 \text{ лм.}$$

За знайденим  $\Phi_{p.c}$  оберемо лампу. Цим параметрам підходить лампа розжарювання типу ЛАМПА РОЗЖАРЮВАННЯ 200 ВТ ІСКРА  $P_n = 200$ Вт,  $\Phi_{л} = 4350$  лм.

Для даної лампи підійде світильник типу НСП 17×200.

Визначаємо фактичну освітленість за формулою:

$$E_{\phi} = 100 \cdot \frac{4350 \cdot 1}{3922} = 110 \text{ лк.}$$

Визначення відхилення освітленості:

$$E = \frac{110 - 100}{100} \cdot 100 \approx 10 \%$$

Отримане відхилення освітленості не виходить за допустимі межі, які становлять +20% та -10%, тому його можна вважати допустимим.

Переходимо до розрахунку встановленої потужності освітлювальної установки.

$$P_y = 200 \cdot 1 \cdot 98 = 19600 \text{ Вт.}$$

### 3.2 Вибір пуско-захисної апаратури освітлювальної мережі

Розміщення щитків

- Живильні та групові щитки рекомендується розміщувати в місцях з'єднання відповідних мереж.
- Оптимальним місцем розташування є центр навантаження, з зручним доступом для обслуговування.

## Розподіл освітлювальної електропроводки

При розподілі освітлювальної електропроводки на групи слід враховувати такі фактори:

- Збалансоване навантаження: Навантаження на кожну фазу повинно бути максимально рівномірним.
- Номінальний струм розчіплювача: Номінальний струм розчіплювача групового автоматичного вимикача не повинен перевищувати 25 А.
- Чергове освітлення: На чергове освітлення виділяється приблизно 10% від загальної кількості світильників.

Для розрахунку струмів груп з лампами розжарювання використовується формула.

Визначення струму групи освітлювального щитка:

$$I_{гр} = \frac{19,6 \cdot 10^3}{220} = 13,6 \text{ А};$$

Номінальний струм автоматичного вимикача повинен бути трохи більшим за розрахунковий струм групи:

$$I_{ном.р} \geq I_{розр};$$

$$I_{у.е} \geq 1,4 \cdot I_{розр}.$$

В даному випадку підійде автоматичний вимикач сері АС2-30А з  $I_{ном.р} = 16 \text{ А}$ .

### 3.3 Вибір марок і перерізів проводів, кабелів та способів їх прокладання

Для груп освітлювального щитка рекомендується використовувати провід типу ВВГ 2×4, який має допустимий струм 16 А.

$$16 > 13,6 \text{ А}.$$

Умова виконується, тому провід ВВГ 2×4 підходить для даної групи.

Втрати напруги для групи освітлювального щитка ОП-3УХЛ4 можна розрахувати за формулою:

$$\Delta U_1 = \frac{2,9 \cdot 60}{12,8 \cdot 3} = 4,53 \text{ \%}.$$

Оскільки втрати напруги не перевищують допустимих, провід залишаємо без змін.

Таблиця 3.1 - Результати вибору ламп,проводів та автоматів

№ групи	Освітлювальний щиток	К-ть ламп	Потужність лампи, Вт	Примітка
1	СКН BS4Z	98	200	Тех.осв.

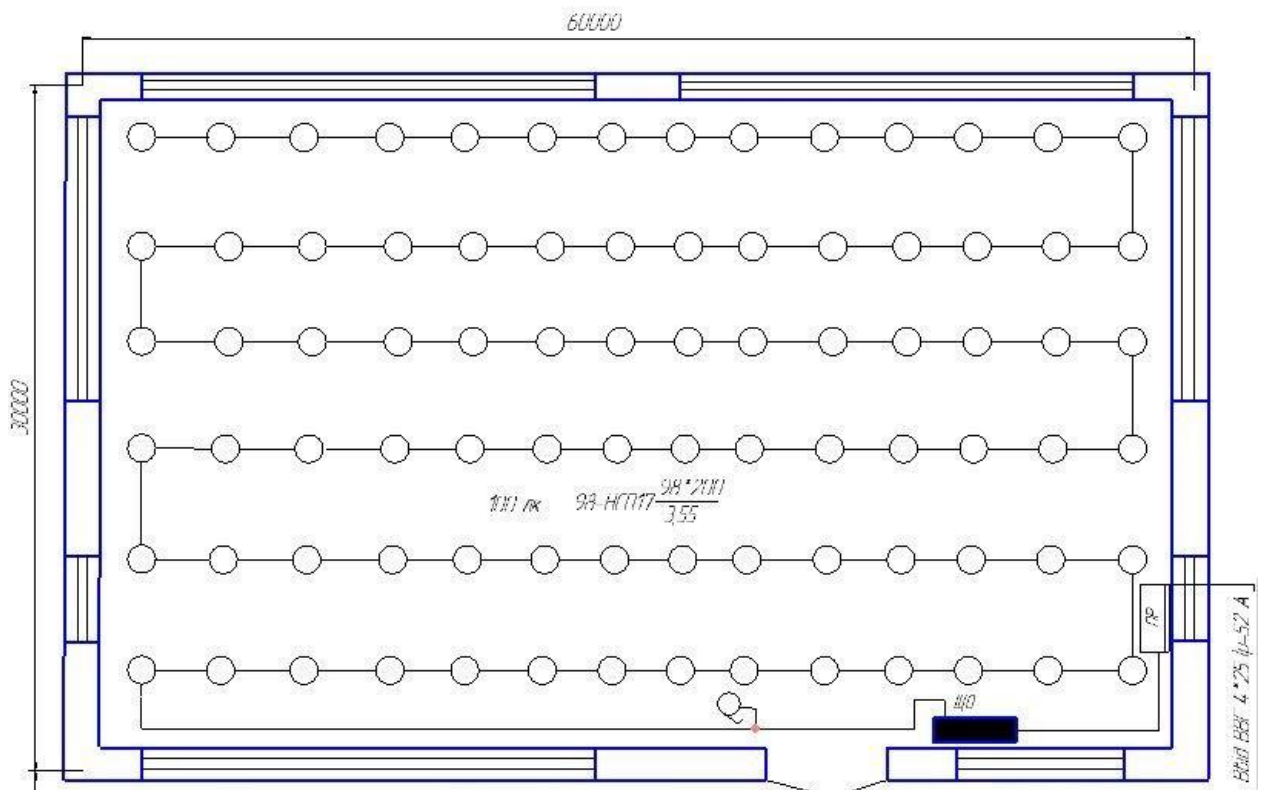


Рисунок 3.1 - План підприємства з нанесенням освітлювальної проводки для ламп розжарювання

## 4 РОЗРАХУНОК МЕРЕЖІ ОСВІТЛЕННЯ З СВІТЛОДІОДНИМИ ЛАМПАМИ

### 4.1 Розрахунок освітлювальних установок з світлодіодними лампами

- Розміри цеху: 60 x 30 x 4,5 м.
- Зважаючи на умови навколишнього середовища, обираємо світильники типу NSLED BL-LLF/20W-1880.

Визначення розрахункової висоти підвісу світильників:

$$H_p = 4,5 - (0,9 + 0,5) = 3,1 \text{ м.}$$

Оберемо значення  $\Gamma \lambda = 0,7$ .

Визначення оптимальної відстані між світильниками:

$$L = 0,7 \cdot 3,1 = 2,17 \text{ м.}$$

Визначення кількості рядів світильників:

$$n_p = \frac{30}{2,17} = 13,8$$

Прийmemo  $n_p = 14$ .

Визначення відстані від крайніх світильників до стін:

$$L_c = 0,5 \cdot 2,17 = 1,1 \text{ м.}$$

Визначення розрахункової відстані між рядами:

$$L_B = \frac{30 - 2 \cdot 1,1}{14 - 1} = 2,13 \text{ м.}$$

Визначення розрахункової відстані між світильниками в ряду:

$$L_a = \frac{2,17^2}{2,13} = 2,2 \text{ м.}$$

Визначення кількості світильників у ряду:

$$n_a = \frac{60 - 2 \cdot 1,1}{2,2} = 26,3$$

Приймаємо 14 рядів та 26 світильників в ряду, загалом 364 світильника.

$$N = 26 \cdot 14 = 364$$

## Розрахунок освітленості

Визначення індексу приміщення:

$$i = \frac{60 \cdot 30}{3,1 \cdot (60 + 30)} = 6,4$$

Візьмемо коефіцієнти: стеля  $\rho_{ст} = 50\%$ ; стіна  $\rho_c = 30\%$ ; підлога  $\rho_{п} = 10\%$ .

Вибираємо коефіцієнт використання світлового потоку  $\eta = 0,4$ .

Прийmemo нормовану освітленість  $E_n = 100$  лк.

Беремо коефіцієнт запасу  $K = 1,3$ .

Визначення розрахункового світлового потоку світильника:

$$\Phi_{p.c} = \frac{100 \cdot 60 \cdot 30 \cdot 1,3 \cdot 1,15}{364 \cdot 0,4} = 1848 \text{ лм.}$$

Згідно з розрахунками, потрібна лампа LED Vestum A-70 E27 1-VS-1109 20 Вт,  $\Phi_{л} = 1880$  лм.

Визначення фактичної освітленості:

$$E_{ф} = 100 \cdot \frac{1880 \cdot 1}{1848} = 101 \text{ лк.}$$

Визначаємо відхилення освітленості

$$E = \frac{101 - 100}{100} \cdot 100 \approx 1 \%$$

Відхилення є в нормі.

Визначення встановленої потужності освітлювальної установки:

$$P_y = 20 \cdot 1 \cdot 364 = 7280 \text{ Вт.}$$

## 4.2 Вибір пуско-захисної апаратури освітлювальної мережі

Розрахунок струму групи освітлювального щитка:

$$I_{сп1} = \frac{20 \cdot 10^3}{220} = 9,1 \text{ А;}$$

Номінальні струми розчіплювачів автоматичних вимикачів

$$I_{y.e} \geq 1,4 \cdot I_{розр}$$



Номинальні струми розчіплювачів автоматичних вимикачів повинні бути трохи більшими за розрахунковий струм групи. В даному випадку підійдуть автоматичні вимикачі серії АЕ1000 з:  $I_{\text{ном.р}} = 1,6 \text{ А}$ ,  $I_{\text{ном.а}} = 10 \text{ А}$ .

#### 4.3. Вибір марок і перерізів проводів, кабелів та способів їх прокладання

Для груп освітлювального щитка рекомендується використовувати провід типу ПВ-1 2×1, який має допустимий струм 14 А.

$$14 > 9,1 \text{ А.}$$

Умова виконується, тому провід ПВ-1 2×1 підходить для даної групи.  
Визначення втрат напруги:

$$\Delta U_1 = \frac{0,7 \cdot 60}{6,8 \cdot 1} = 1,51 \text{ \%};$$

Оскільки втрати напруги не перевищують допустимих, то провід залишаємо.

Таблиця 4.1 - Результати вибору ламп проводів та автоматів

№ групи	Освітлювальний щиток	К-ть ламп	Потужність лампи, Вт	Марка та переріз провода	Автомат. вимикач
1	ОП-3УХЛ4	364	20	ПВ-1 2×1	PKZM0-16

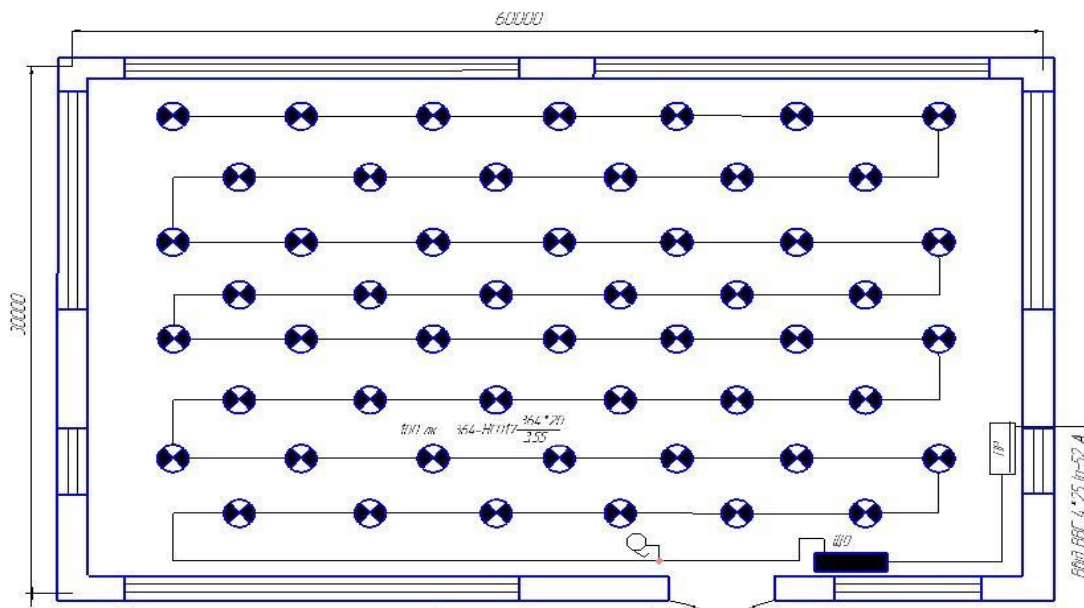


Рисунок 4.1 - План підприємства з нанесенням освітлювальної проводки для світлодіодних лампи.

## 5 ПРОЦЕС СУШКИ ДЕРЕВИНИ

### 5.1 Особливості процесу сушки деревини

Сушіння деревини – це енергоємний процес, який відіграє важливу роль у різних галузях промисловості. Завдяки видаленню зайвої вологи деревина стає більш міцною, стійкою до гниття, зручною в обробці та відповідає вимогам для виготовлення різноманітних виробів.

Однак традиційні методи сушіння часто характеризуються низькою ефективністю, високими витратами енергії та потребують значної участі людини. Це обумовлює актуальність автоматизації процесу сушіння, яка дозволяє:

- **Скоротити терміни сушіння:** Автоматизовані системи здатні точніше регулювати параметри сушіння, що призводить до скорочення часу, необхідного для досягнення цільової вологості деревини.
- **Знизити енергоємність:** Завдяки точному контролю температури, вологості та циркуляції повітря автоматичні системи мінімізують втрати енергії та економлять ресурси.
- **Підвищити якість продукції:** Автоматизований контроль гарантує більш рівномірне сушіння деревини, що мінімізує ризики деформації, тріщин та інших дефектів.
- **Поліпшити умови праці:** Автоматизація зменшує потребу в ручній праці, роблячи процес сушіння безпечнішим та більш комфортним для персоналу.

Застарілість та недоступність сучасних систем автоматизації

Незважаючи на очевидні переваги, автоматизація сушіння деревини в Україні часто стикається з викликами:

- **Застарілість обладнання:** Багато підприємств використовують застарілі системи автоматизації, які не відповідають сучасним вимогам щодо точності, надійності та енергоефективності.
- **Висока вартість сучасних систем:** Сучасні автоматизовані системи сушіння від провідних брендів часто мають високу вартість, що робить їх недоступними для багатьох підприємств.

Ці фактори призводять до того, що процес сушіння деревини на багатьох підприємствах залишається трудомістким, неефективним та енергозатратним.

## Використання декількох датчиків для точнішого контролю

Для вирішення проблеми недостатньої точності вимірювань та кращого реагування на зміни стану об'єкта автоматизації пропонується використовувати декілька датчиків:

- Датчики температури: Розміщення декількох датчиків температури в різних точках камери сушки дозволить отримати більш точну картину розподілу температури та своєчасно коригувати режим сушіння.
- Датчики вологості: Застосування декількох датчиків вологості, як в камері, так і в самих пиломатеріалах, дасть змогу більш точно визначити рівень вологості деревини та динамічно регулювати параметри сушіння.

Використання електронних датчиків замість аналогових забезпечить кращу точність, швидкість та надійність вимірювань.

## Мікроконтролерна система для автоматизованого управління

Для автоматизованого управління процесом сушіння пропонується використовувати мікроконтролерну систему, яка буде:

- Збирати дані з датчиків температури, вологості та інших параметрів.
- Аналізувати дані та приймати рішення щодо регулювання режиму сушіння.
- Управляти роботою теплогенераторів, вентиляторів, витяжок та інших виконавчих механізмів.
- Відображати інформацію про стан процесу сушіння на дисплеї або в системі SCADA.

Застосування мікроконтролерної системи дозволить:

- Забезпечити більш точне та динамічне регулювання процесу сушіння.
- Знизити ризик помилок та несправностей.
- Зробити процес сушіння більш гнучким та адаптивним до різних типів деревини та умов сушіння.

Сушіння деревини – це енергоємний процес, який відіграє важливу роль у деревообробній промисловості. Він полягає у видаленні зайвої вологи з деревини, роблячи її більш міцною, стійкою до гниття, зручною в обробці та відповідною вимогам для виготовлення різноманітних виробів.

Однак традиційні методи сушіння можуть бути неефективними, витрачати багато енергії та потребувати значної участі людини. Це обумовлює актуальність автоматизації процесу сушіння, яка дозволяє:

- Скоротити терміни сушіння: Автоматизовані системи здатні точніше регулювати параметри сушіння, що призводить до скорочення часу, необхідного для досягнення цільової вологості деревини.
- Знизити енергоємність: Завдяки точному контролю температури, вологості та циркуляції повітря автоматичні системи мінімізують втрати енергії та економлять ресурси.
- Підвищити якість продукції: Автоматизований контроль гарантує більш рівномірне сушіння деревини, що мінімізує ризики деформації, тріщин та інших дефектів.
- Поліпшити умови праці: Автоматизація зменшує потребу в ручній праці, роблячи процес сушіння безпечнішим та більш комфортним для персоналу.

Сушіння деревини на підприємствах здійснюється переважно у вигляді пиломатеріалів (дошки, бруси, заготовки).

Результат сушіння: З природної сировини деревина перетворюється на промисловий матеріал, що відповідає різноманітним вимогам виробництва та побуту.

Зниження вологості деревини:

- Покращує фізико-механічні та експлуатаційні властивості.
- Змінює розміри та форму деревних сортментів.
- Забезпечує сталість розмірів та форми деталей для виробів з деревини (завдяки доведенню вологості до експлуатаційної).
- Збільшує стійкість деревини до гниття.
- Знижує масу та одночасно підвищує міцність.
- Полегшує склеювання та обробку.

Контроль за кінцевою вологістю – це головний чинник в процесі сушіння.

Принцип трьохступеневого режиму сушіння:

- На кожному етапі температура повітря збільшується по мірі зниження вологості деревини до певної величини.
- Потім процес сушки переводиться на наступну ступінь з більшою температурою та психометричною різницею.

Нагрів та утримання потрібної температури в сушильній камері:

- Здійснюється за допомогою трьох теплогенераторів:
  - Теплогенератор на дровах: Нагріває труби, по яких за допомогою відцентрового вентилятора рухається повітря, що подається в сушильну камеру.
  - Теплогенератор на водяному котлі: Застосовується для грубого регулювання температури.
  - Електрокалорифер: Забезпечує більш точне регулювання температури.

Регулювання вологості в сушильній камері:

- Здійснюється за допомогою витяжок.

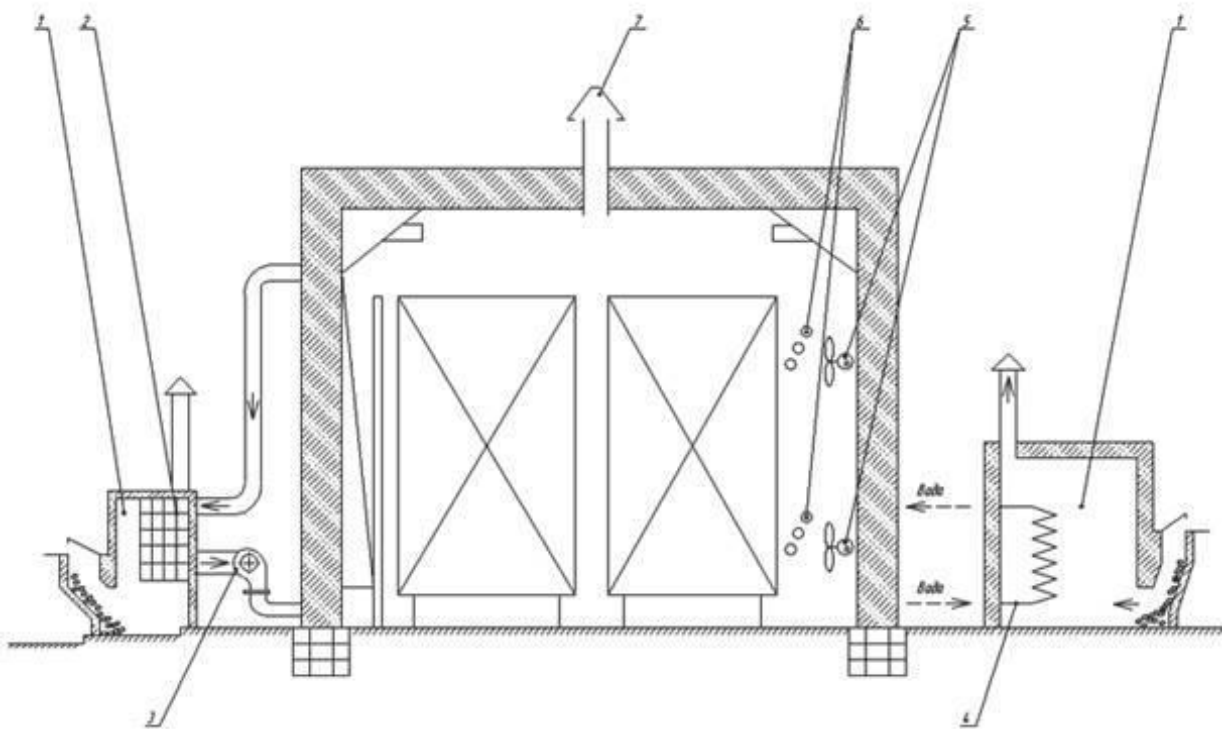


Рисунок 5.1 - Технологічна схема процесу сушіння: 1 – котел; 2 – труби з повітрям; 3 – відцентровий вентилятор; 4 – труби з водою; 5 – вентилятор; 6 – радіатори з гарячою водою; 7 – витяжка

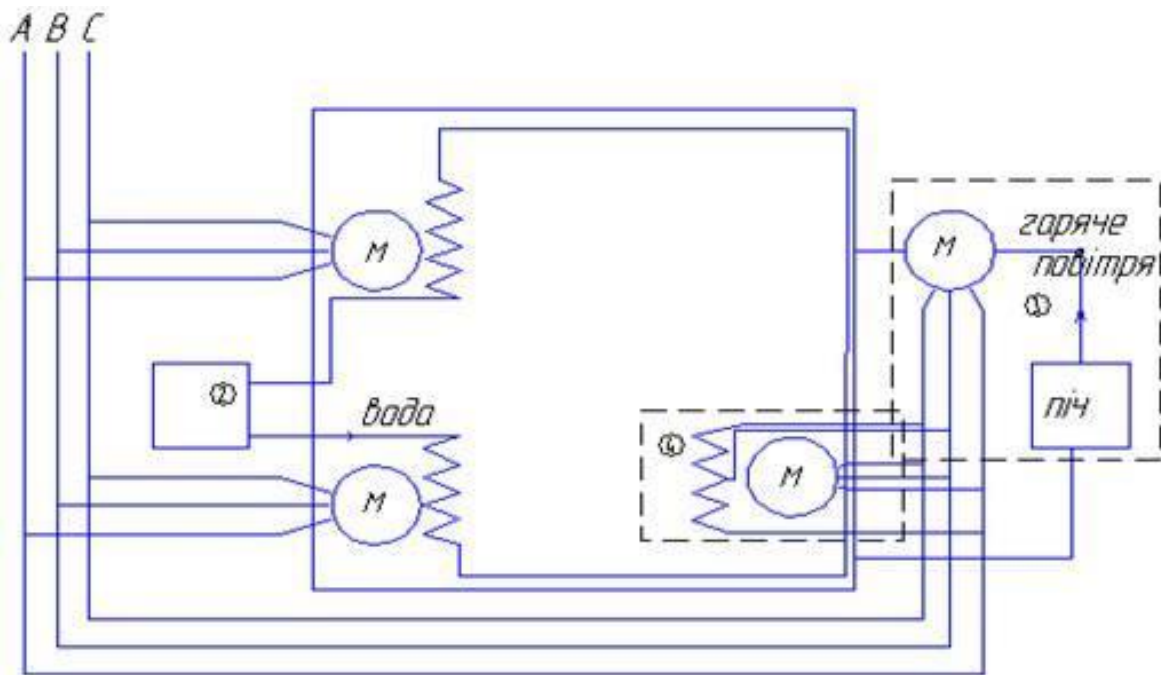


Рисунок 5.2 - Електрична схема живлення електрообладнання: 1 – сушильна камера; 2 – водяний котел; 3 – вогняний калорифер; 4 – електрокалорифер.

БМК- блочно модульні котельні:

Можуть використовуватися як один із теплогенераторів для сушіння деревини.

Автоматизація процесу сушіння деревини – це інвестиція, яка може окупитися протягом короткого часу завдяки економії енергії, ресурсів, покращенню якості продукції та збільшенню продуктивності. Сучасні системи автоматизації пропонують широкий спектр можливостей для оптимізації процесу сушіння та відповідності найвищим вимогам щодо якості та екологічності.

Таблиця 5.1 - Технологічні показники камери ІУ - 1гв.

Габаритні розміри штабеля	6,6x1,8x2,6м
Число штабелів	1 шт
Місткість камери	14,7
Річна продуктивність	1000м <sup>3</sup>
Підсилювач циркуляції відцентровий вентилятор	20
Продуктивність вентилятора	72,0тис.м <sup>3</sup> /год
Встановлена потужність електродвигунів	11,0кВт

Швидкість повітря в штабелі	2,3м/с
Теплове обладнання	БМК
Джерело	тепла гаряча вода
Маса	7,8 т

## 5.2 Технологічний розрахунок

Визначення продуктивності камер

$$P_y = 335K_n\Gamma, \text{ м}^3/\text{рік}, \quad (5.1)$$

де  $P_y$  - річна продуктивність в умовному матеріалі,  $\text{м}^3/\text{рік}$ ;

$K_n$ - перерахунковий коефіцієнт;

$\Gamma$ - габаритний об'єм штабелів,  $\text{м}^3$

$$\Gamma = n \cdot l \cdot b \cdot h, \text{ м}^3, \quad (5.2)$$

де  $n$ - число штабелів в камері,

$l, b, h$ - відповідно габаритна довжина, ширина і висота штабеля, м.

$$P_y = 335 \cdot 0,065 (6.6 \cdot 1.8 \cdot 2.6) = 672,6 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Визначення необхідної кількості камер

Необхідна кількість камер визначається за допомогою:

$$P_{\text{кам}} = S_y / P_y, \quad (5.3)$$

де  $S_y$ - загальний обсяг умовного матеріалу, розраховується як сума обсягів усіх партій, що мають бути висушені:

$$S_y = Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n \quad (5.4)$$

$P_y$ - річна продуктивність однієї камери в умовному матеріалі, підрахована за формулою:

$$P_{\text{кам}} = 9429,77 / 672,6 = 14 \text{ шт.}$$

Для виконання заданої програми сушіння потрібно 14 камер типу ІУ-1гв.

Визначення маси вологи, яка випаровується:

Маса вологи, що випаровується з  $1 \text{ м}^3$  пиломатеріалів,  $\text{т}1\text{м}^3$ ,  $\text{кг}/\text{м}^3$ , розраховується за формулою:

$$m_{1\text{м}^3} = \rho_{\text{усл}} \frac{W_n - W_k}{100} = 400 \frac{70 - 7}{100} = 252 \text{ кг}/\text{м}^3, \quad (5.5)$$

де - базисна щільність розрахункового пиломатеріалу,  $\text{кг}/\text{м}^3$ , визначається з довідника;

$W_n, W_k$ - початкова і кінцева вологість деревини, %.

Маса вологи, що випаровується за час одного обороту сушильної камери,  $m_{\text{об.кам.}}$ ,  $\text{кг}/\text{об.}$ , розраховується за формулою:

$$m_{\text{об.кам.}} = m_{1\text{м}}^3 E = 252 \cdot 8,3 = 2091,6 \text{ кг/об.} \quad (5.6)$$

$$E = \Gamma \cdot v_{\text{ф}} = 6,5 \cdot 1,8 \cdot 2 \cdot 0,356 = 8,3 \text{ м}^3, \quad (5.7)$$

де  $E$ - ємність камери,  $\text{м}^3$ ;

$\Gamma$ - габаритний об'єм всіх штабелів,  $\text{м}^3$ ;

$v_{\text{ф}}$ - коефіцієнт об'ємного заповнення штабеля.

Маса вологи, що випаровується з камери в секунду,  $\text{кг}/\text{с}$ , розраховується за формулою:

$$M_c = \frac{m_{\text{об.кам.}}}{3600 \cdot \tau_{\text{суш.ф.}}} = \frac{2091,6}{3600 \cdot 115,75} = 0,005 \text{ кг/с} \quad (5.8)$$

де  $\tau_{\text{суш.ф.}}$ - загальна тривалість сушіння, год., розраховується за формулою:

$$t_{\text{с.ф}} = t_c - (t_{\text{п}} + t_{\text{кон.ВТО}}) = 121,5 - (3,75 + 2) = 115,75 \text{ год}, \quad (5.9)$$

де  $t_c$ - тривалість сушіння розрахункового матеріалу, год;

$t_{\text{п}}$ - тривалість початкового прогріву матеріалу, год, (по 1,5 години на кожен сантиметр товщини, тобто 3,75 год.);

$t_{\text{кон.ВТО}}$ - тривалість кінцевої ВОТ, год, (2 години).

Розрахункова маса випаровується вологи,  $\text{кг} / \text{с}$

$$M_p = M_c \cdot N, \quad (5.10)$$

де  $N$  коефіцієнт нерівномірного швидкості сушіння.

Коефіцієнт нерівномірного швидкості сушіння рекомендують рахувати для камер періодичної дії при сушінні повітрям при  $W_k = <12\%$ .

$$M_p = 0,005 \cdot 1,3 = 0,0065 \text{ кг/с.}$$

Визначення обсягу і маси циркулюючого агента сушіння

Об'єм циркулюючого агента сушіння за одну секунду,  $\text{м}^3/\text{с}$ :

$$V_c = V_{\text{шт}} \cdot F_{\text{ж.сеч.шт}} \text{ м}^3/\text{с}, \quad (5.11)$$

$$V_c = 2,0 \cdot 5,85 = 11,7 \text{ м}^3/\text{с}$$



де  $V_{шт}$ - швидкість циркуляції по штабелю, м/с;

$F_{ж.сеч.шт}$ - живий перетин штабеля, м<sup>2</sup>.

$$F_{ж.сеч.шт} = n_1 \cdot l_{шт} \cdot h_{шт} (1 - B_B) \text{ м}^2, \quad (5.12)$$

$$F_{ж.сеч.шт} = 1 \cdot 6,5 \cdot 1,8 (1 - 0,5) = 5,85 \text{ м}^2$$

де  $n_1$ - кількість штабелів в площині, перпендикулярній потоку агента сушіння, що йде в одному напрямку;

$l_{шт}$ - довжина штабеля, м;

$h_{шт}$ - висота штабеля, м;

$B_B$ - коефіцієнт заповнення штабеля по висоті, визначають зі співвідношення:

$$B_B = \frac{S}{25+S} = \frac{25}{25+25} = 0,5 \text{ мм}, \quad (5.13)$$

де  $S$ -товщина розрахункового пиломатеріалу, мм.

Маса циркулюючого агента сушіння на 1 кг випаровується води,  $m_{ц}$ :

$$m_{ц} = \frac{V_c}{M_p \cdot V_1} = \frac{11,7}{0,0065 \cdot 1,12} = 1607,14 \text{ кг/кг.випар.вол.} \quad (5.14)$$

де  $V_1$ - показаний питомий об'єм вологого повітря, який визначається за  $I_d$ - діаграмою, м<sup>3</sup> / кг.

Вибір типу і розрахунок тепловіддачі площі калорифера:

Підбір типу калорифера.

Тип калорифера: Для даної сушильної камери використовуються біметалічні водяні калорифери.

Теплова потужність калорифера.

Теплову потужність калорифера розраховують по максимальній витраті тепла в період сушіння в зимових умовах за формулою:

$$Q_k = (Q_{випр} + aQ_{огр}) c_2, \quad (5.15)$$

де  $Q_{випр}$ - витрата тепла на випаровування води, кВт;

$aQ_{огр}$ - тепловтрати через огороження камери в зимових умовах, кВт;

$c_2$ - коефіцієнт запасу,  $c_2 = 1.1 - 1.3$

$$Q_k = (18,8 + 3,22) \cdot 1,2 = 26,4 \text{ кВт.}$$

Поверхня нагрівання калорифера:

$$F_k = 1000Q_k c_3 / k_k (t_T - t_c) = 1000 \cdot 26,4 \cdot 1,2 / 21,35 \cdot (84 - 61) = 64,5 \text{ м}^2, \quad (5.16)$$

де  $k_k$ - коефіцієнт теплопередачі калорифера, Вт /м<sup>2</sup>;

$t_T$ - температура теплоносія, (840С);

$t_c$ - температура нагрівання середовища в камері, (610С);

$c_3$  коефіцієнт запасу ( $c_3 = 1.2$ ).

Живий перетин калорифера:

$$F_{\text{ж.сеч.кал.}} = F_{\text{ж.сеч.кал.}} \cdot n_k = 2,5 \cdot 1 = 2,5 \text{ м}^2, \quad (5.17)$$

де  $f_{\text{ж.сеч.кал.}}$ - живий переріз для проходу агента сушіння одного калорифера, м<sup>2</sup>

$n_k$ - кількість калориферів в одному ряду, перпендикулярному потоку агента сушіння.

Швидкість сушіння через калорифер:

$$V_k = V_{\text{ц}} / F_{\text{ж.сеч.кал.}} = 11,7 / 2,5 = 4,68 \text{ м / с.} \quad (5.18)$$

Коефіцієнт теплопередачі калорифера:

$$k = 10,2 \mathcal{U}_k^{0,48} = 21,39 \text{ Вт / (м}^2 \times 0\text{С)}. \quad (5.19)$$

Кількість калориферів з біметалевих труб на одну сушильну камеру:

$$n_k = F_k / L_k, \quad (5.20)$$

де  $L_k$ -площа нагріву одного біметалічного водяного калорифера даної марки.

$$n_k = 64,5 / 136,02 = 0,5$$

Приймаємо 1 біметалічний водяний калорифер КСк3-12.

Визначення потужності і вибір електродвигуна

Потужність, що споживається вентилятором ( $N_B$ ), залежить від його продуктивності ( $V_B$ ) та тиску ( $H_B$ ).

де  $z_B$ - ККД вентилятора за аеродинамічною характеристикою;

$z_{\text{п}}$ - ККД передачі (0,95 для клинопасової передачі).

$$V_B = V_c / n = 19,734 / 1 = 19,734 \text{ м}^3/\text{с} \quad (5.21)$$

Розрахунок встановленої потужності електродвигуна

$$N_{\text{уст}} = k N_B = 1,1 \cdot 13,5 = 14,9 \text{ кВт} \quad (5.22)$$

де  $k$  - коефіцієнт запасу потужності,  $k = 1,1$

Згідно з розрахунками, рекомендується використовувати електродвигун 4A160M6У3 з наступними характеристиками:

- Потужність: 15 кВт.
- Кількість обертів: 1000 хв-1.

#### **Зберігання висушених пиломатеріалів:**

- Висушені пиломатеріали повинні зберігатися лише в опалюваному приміщенні.
- Для цього на території цеху передбачена спеціальна ділянка складування.
- Транспортування висушених пиломатеріалів з камери на склад здійснюється за допомогою:
  - Лебідки, встановленої на траверсному візку.
  - Тросової системи.
  - Траверсного візка.
- Для тривалого зберігання пиломатеріали щільно укладаються в пакети, а їх торці закриваються.
- Цю операцію можна виконати за допомогою ліфта.

## 6 ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ

Відомо, що регенерація навколишнього середовища проходить дуже повільно, тому для запобігання забруднення як його в цілому, так і окремих складових атмосфери, біосфери, гідросфери). На даний час встановлені певні норми по обмеженню викидів шкідливих газів та інших рештки переробки до навколишнього середовища.

Адже відомо, що безвідходного виробництва немає, а тому залишки потрібно утилізувати, що і призводить до забруднення атмосферного повітря, водних ресурсів і рослинного та тваринного світу. Хоч вчені усього світу шукають варіанти, щоб покращити дане становище.Сьогодні при небаченому розвитку науки та техніки, коли виробництво сільськогосподарської продукції та інші галузі промисловості досягли небувалого розмаху, перед нами стає проблема залишків виробництва та економічно чисте виробництво чи переробка продукції.

Господарство споживає воду із двох артезіанських свердловин глибиною 40 метрів. Закачується вона за допомогою заглибного насосу і по трубопроводу подається до споживачів. Дана вода відповідає всім санітарно-гігієнічним нормам і використовується як для споживання, так і для виробничих процесів в господарстві. Після використання вода очищується за допомогою спеціальних фільтрів і потім проходить оборотне водопостачання.

**Якість води** – це сукупність фізичних, хімічних, біологічних та бактеріологічних показників, які задовольняють вимоги споживачів. Вимоги до якості води нормуються державними галузевими стандартами або технічними умовами. Вода - найбільш розповсюджена і найбільш важлива речовина на Землі.

Особливим видом забруднення гідросфери є теплове забруднення, яке спричинене спуском у водойми теплих вод. Величезна кількість тепла, що надходить з нагрітими водами у водойми, істотно змінює їх термічний і біологічний режим.

Рівень очистки води на господарстві досить низький. Існуючі очисні споруди навіть при біологічній очистці вилучають лише 15 – 35% неорганічних речовин і практично не вилучають самих важких металів.

В господарстві існує ряд способів очистки забруднених вод: хімічний, біологічний, механічний.

Метод механічного очищення полягає в хімічному вилученні із стічних вод нерозчинених домішок за допомогою фільтраційних установок.

Хімічний метод очищення ґрунтується на поверхні різноманітних хімічних реакцій, які нейтралізують шкідливі речовини.

Необхідно більше приділяти уваги охороні вод від забруднення, розробляти схеми комплексного використання і охорони вод. Забезпечити господарство новішими та якісними фільтрами для очистки води.

Сьогодні людина та результати її діяльності перевершили всі біологічні чинники. Завдання людини – невідривати природні основи свого існування, неперешкоджати прогресивним процесам, що відбуваються в біосфері, а намагатися з'ясувати закони і правила, що керують цими процесами, узгоджувати з ними свої цілі та дії.

Проблема забезпечення належної кількості та якості води є однією з найбільш важливих і має глобальне значення. Необхідно раціонально використовувати чисту воду та відділяти її від тієї яка використовується для господарських потреб.

Треба вживати заходи які спрямовані на запобігання та усунення наслідків забруднення, засмічування і виснаження вод.

## 7 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ

Метою планування заходів з охорони праці є визначення необхідних вкладень у заходи з охорони праці для ефективного впливу на стан охорони праці.

Система планів з охорони праці окремого підприємства може включати:

- перспективне планування (на період, більший одного року) ;
- поточне планування (на рік) ;

оперативне планування (детальні плани, спрямовані на вирішення конкретних питань працезахоронної діяльності на підприємстві в короткостроковому, до одного року, періоді).

Планування в охороні праці може включати:

- визначення цілей діяльності з охорони праці на підприємстві та засобів їх досягнення;
- вибір методів і базових показників, за допомогою яких може здійснюватися оцінка необхідних вкладень в охорону праці;
- розрахунок суми вкладень у заходи з охорони праці та раціональний розподіл цієї суми за напрямками діяльності;
- забезпечення організації контролю виконання плану (при необхідності здійснення коригування запланованих показників) ;
- здійснення постійного контролю умов і безпеки праці на підприємстві та оперативне реагування на відхилення від нормативних вимог.

Перспективне планування вміщує найбільш важливі, трудомісткі і довгострокові за терміном виконання заходи з охорони праці, виконання яких, як правило, вимагає сумісної роботи кількох підрозділів підприємства. Можливість виконання заходів перспективного плану повинна бути

підтверджена обґрунтованим розрахунком необхідного матеріально-технічного забезпечення і фінансових витрат з зазначенням джерел фінансування.

Поточне планування здійснюється у межах календарного року через розроблення відповідних заходів у розділі «Охорона праці» колективного договору.

Поточні плани передбачають реалізацію заходів із покращення умов праці, створення кращих побутових і соціальних умов на виробництві. Ці плани обов'язково забезпечуються фінансуванням згідно з розробленими кошторисами.

Питання охорони праці можуть віддзеркалюватися в інших поточних планах, які підприємства та організації можуть складати на вимогу трудових колективів:

- план соціального розвитку колективу;
- наукової організації праці;
- механізації важких і ручних робіт;
- охорони праці жінок;
- підготовки підприємства до робіт в осінньо-зимовий період;
- підвищення культури виробництва та ін.

Оперативне планування роботи з охорони праці здійснюється за підсумками контролю стану охорони праці в структурних підрозділах і на підприємстві в цілому.

## 8 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

В даному розділі ставимо за мету порівняти ціни на експлуатацію ламп які були використанні в даній роботі.

Таблиця 8.1 - Типи ламп та їхні ціни при відповідних потужностях

Тип лампи	Модель лампи	Потужність, Вт	Кількість, штук	Термін служби, год	Ціна, грн/од.
Жарівки	ЛАМПА РОЗЖАРЮВАННЯ 200 ВТ ІСКРА	200	98	1000	32
Світлодіодні	LED Vestum A-70 E27 1-VS-1109 20 Вт	20	364	50000	205

Розрахунок економічної частини проведемо для ламп розжарювання.

Визначимо кількість заміन жарівок по відношенню до світлодіодних ламп за формулою:

$$N_{зж} = \frac{T_{сд}}{T_{ж}}, \quad (8.1)$$

де  $T_{сд}$  – термін служби світлодіодної лампи;

$T_{ж}$  – термінслужби жарівок.

$$N_{зж} = \frac{50000}{1000} = 50 \text{ разів.}$$

Визначимо суму затрачену на купівлю ламп розжарювання для приміщень за формулою:

$$H_3 = H_l \cdot N_{зж} \cdot N, \quad (8.2)$$

де  $H_l$  – ціна однієї лампи, грн;

$N$  – кількість ламп в приміщенні, шт.

$$H_3 = 32 \cdot 50 \cdot 98 = 156800 \text{ грн.}$$

Визначимо суму потрачену на заміну всіх ламп розжарювання на підприємстві з час 50 тис. год. за формулою:

$$H_{зз} = \Sigma H_3 \quad (8.3)$$

$$H_{зз} = 156800 \text{ грн.}$$

Визначаємо кількість затрачених коштів на оплату електроенергії для приміщення за формулою:

$$H_{ке} = P_l \cdot N \cdot N_{зж} \cdot T_{ж} \cdot H_{ел} \quad (8.4)$$

$$H_{ке} = 0,2 \cdot 98 \cdot 50000 \cdot 5 = 4900000 \text{ грн.}$$



Кошти затрачені на купівлю ламп розжарювання і затрачені на оплату електроенергії за час експлуатації (50000 год.) визначаємо за формулою:

$$N = N_{зз} + N_{ке.заг.} \quad (8.5)$$

$$N = 156800 + 4900000 = 5056800 \text{ грн.}$$

Розрахунок економічної частини проведем для світлодіодних ламп.

Визначимо суму затрачену на купівлю ламп

$$N_з = 205 \cdot 364 = 74620 \text{ грн.}$$

Визначаємо кількість затрачених коштів на оплату електроенергії

$$N_{ке} = 0,02 \cdot 364 \cdot 50000 \cdot 5 = 1820000 \text{ грн.}$$

Кошти затрачені на купівлю ламп розжарювання і затрачені на оплату електроенергії за час експлуатації (50000 год.) визначаємо за формулою:

$$N = N_{зз} + N_{ке.заг.} \quad (8.5)$$

$$N = 74620 + 1820000 = 1894620 \text{ грн.}$$

Розрахунки для ламп розжарення і світлодіодних ламп заносимо в таблицю розрахунків.

Таблиця 8.2 - Економічна оцінка

	Лампи розжарення	Світлодіодні Лампи
Кількість, шт.	98	364
Потужність, кВт	0.2	0,02
Вартість (50000 год.), грн.	156800	74620
Термін служби, год	1000	50000
Витрати на експлуатацію протягом 50000 год, грн	5056800	1894620

## ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

ТОВ "Паллет Экспорт" у Яворівському районі Львівської області прагне до оптимізації своїх виробничих процесів та економії коштів. Цей звіт пропонує комплексні рішення, що поєднують в собі:

- Модернізацію силової схеми:
  - Ретельний розрахунок силової мережі з урахуванням потреб верстатів та іншого обладнання.
  - Підбір оптимальних кабелів та ПЗА для забезпечення надійності та безпеки електропостачання.
- Енергоефективне освітлення:
  - Порівняльний аналіз та розрахунок витрат на експлуатацію різних типів ламп.
  - Рекомендація до переходу на світлодіодні лампи, які мають значні переваги:
    - Економія коштів:
    - Найнижчі експлуатаційні витрати (1894620 грн за 50 000 годин роботи).
    - Більш тривалий термін служби (до 50 000 годин) у порівнянні з лампами розжарення.
    - Менше витрат на обслуговування та заміну ламп.
    - Екологічність:
    - Відсутність шкідливого випромінювання.
    - Безпечний для довкілля та людей.
    - Якість освітлення:
    - Відсутність моргання, що не створює стробоскопічний ефект.
    - Широка колірна гама для налаштування оптимального освітлення.
    - Висока стійкість до механічних впливів.
- Розробка сушильної камери деревини:
  - Інноваційні технології сушіння деревини з мінімальними витратами енергії.
  - Підвищення якості та продуктивності сушіння.
  - Забезпечення екологічно чистого виробництва.

Впровадження цих комплексних рішень дозволить ТОВ "Паллет Экспорт":

- Знизити витрати на електроенергію:

- Значна економія коштів за рахунок використання енергоефективних світлодіодних ламп.
- Оптимізація роботи сушильної камери деревини.
- Підвищити продуктивність:
- Швидше та якісніше сушіння деревини.
- Збільшення обсягів виробництва.
- Зробити виробництво екологічно чистим:
- Використання енергозберігаючих технологій.
- Відсутність шкідливого впливу на довкілля.
- Підвищити конкурентоспроможність:
- Завдяки економії коштів, кращій якості продукції та екологічно чистому виробництву.

Ця кваліфікаційна робота пропонує ТОВ "Паллет Экспорт" шлях до модернізації та оптимізації виробничих процесів, що призведе до значної економії коштів, підвищення продуктивності та екологічно чистого виробництва.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Коруд В. І. Електротехніка. Львів: Видавництво «Магнолія», 2006. 417 с.
2. Варецький Ю. О. Особливості вибору силових фільтрів для систем електропостачання змінних нелінійних навантажень. Вісн. Нац. ун-ту "Львів. політехніка". Львів: Вид-во НУ "Львівська політехніка", 2008. № 615. С. 17 – 22.
3. Сегеда М. С. Електричні мережі та системи: підручник. Львів: Вид-во НУ "Львівська політехніка", 2007. 488 с.
4. Василега П. О. Електротехнологічні установки: навчальний посібник. Суми: Видавництво СумДУ, 2010. 548 с.
5. Милосердов В. О. Електротехнологічні установки та пристрої: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2007. 135 с.
6. Соловей О. І. Промислові електротехнологічні установки: навчальний посібник. Київ: Видавництво «Кондор», 2009. 172 с.
7. Головка Д. Б., Ментковський Ю. Л. Загальні основи фізики. Київ: Видавництво «Либідь», 2008. – 224 с.
8. Мартиненко І.І. Проектування систем електрифікації та автоматизації АПК: навч. посіб. Київ: Видавництво «Аграрна освіта», 2008. 330 с.
9. Курс електротехніки: Підручник. – Харків: Видавництво «Торнадо», 2000. – 288 с.
10. Практикум з електротехнології в АПК. Київ: Національний аграрний університет. 2003. 125 с.
11. Каталог СВ АЛЬТЕРА 2020р.
12. Каталог MIKUkraine – Джерела світла.
13. Каталог електротехнічної продукції АСКО УкрЕМ.
14. Василега П. О. Електропостачання: Навчальний посібник. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2008. – 415с.