

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 621.313.33:621.318.122

ПОГОДЖЕНО

Директор ІНП ЕАІЕ

Каплун В.В.

(підпис) (ПІБ)

“ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри електротехніки,  
електромеханіки та електротехнологій

Окушко О.В.

(підпис) (ПІБ)

“ ” \_\_\_\_\_ 2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: Розроблення та дослідження електроіонізаційної установки для  
обробки м'ясної продукції

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(код і назва)

Освітня програма – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»  
другого (магістерського) рівня вищої освіти

(назва)

Орієнтація освітньої програми – Освітньо- професійна

(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

Канд. техн. наук, доц.

(науковий ступінь та вчене звання) (підпис)

Савченко В.В.

(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Д-р техн. наук, проф.

(науковий ступінь та вчене звання) (підпис)

Червонський Л.С.

(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Борейко О.О.

(ПІБ студента)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри електротехніки,  
електромеханіки та електротехнологій

канд. техн. наук, доц. Окушко О.В.

“ ” 2022 року

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ

**Борейку Олесю Олеговичу**

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Освітня програма – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

другого (магістерського) рівня вищої освіти

Орієнтація освітньої програми – Освітньо- професійна

Тема магістерської роботи **Розроблення та дослідження електроіонізаційної установки для обробки м'ясної продукції**

затверджена наказом ректора НУБіП України від “ ” 20 р.

№

Термін подання завершеної роботи на кафедру

Вихідні дані до магістерської роботи

«Правила устрою електроустановок»; «Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів»; «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».

Перелік питань, які необхідно розробити

1. Аналіз процесів обробки м'ясної продукції
2. Теоретична частина. Механізм електроіонізації і розрахунки
3. Розробка системи електроіонізаційної установки для обробки м'ясної продукції
4. Детальна розробка електростатичної копильні
5. Заходи по охороні праці
6. Техніко-економічні показники

Перелік графічного матеріалу – презентація – наочні матеріали з результатами дослідження, алгоритми розрахунків і таблиці з отриманими результатами.

Дата видачі завдання “ ” 2022р.

Керівник магістерської роботи \_\_\_\_\_ Червінський Л.С.

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Борейко О.О.

## РЕФЕРАТ

Актуальність. В даний час сільськогосподарські і тваринницькі ферми і птахофабрики мають велику кількість продукції. Ефективність виробництва підвищується при реалізації неживих тварин і готової продукції у вигляді різних видів м'яса і подовженні термінів їх зберігання. У цьому і полягає актуальність теми моєї магістерської роботи.

**Метою** магістерської роботи є аналіз існуючих методів розрахунку переробки м'ясних продуктів та підбір сучасного обладнання для здійснення необхідних технологічних процесів електроіонізації м'яса з метою підвищення умов його збереження та ефективності переробки. Автоматизація технологічного процесу, що економить значні фінансові ресурси, що в кінцевому результаті призводить до зниження собівартості продукції.

**Об'єкт дослідження** – розробка та дослідження електроіонізаційної установки для обробки м'ясної продукції, зокрема, копчення мяса.

**Предмет дослідження** – параметри і режими роботи електроіонізаційної установки.

У даній магістерській кваліфікаційній роботі проведений розробка та дослідження електроіонізаційної установки для обробки м'ясної продукції, зокрема, копчення мяса, а також вибір силового електрообладнання, освітлення та освітлювальних установок, опалення і вентиляції, обладнання для водопостачання цеху, апаратів керування і захисту, силових і освітлювальних електропроводок, розподільчого пункту (РП) живлення цеху.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	8
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБРОБКУ М'ЯСНОЇ ПРОДУКЦІЇ .....	9
1.1 Технології копчення м'яса .....	9
1.2 Електростатичне копчення і його переваги .....	15
2 ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ЕЛЕКТРОІОНІЗАЦІЇ .....	18
2.1 Характеристика іонізуючого випромінювання .....	18
2.2 Роль електричної іонізації в копченні м'яса .....	27
3 ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА .....	29
3.1 Розрахунок та вибір силового електрообладнання .....	29
3.2 Розрахункові дані для побудови механічної характеристики електродвигуна .....	34
3.3 Розрахунок освітлення та вибір освітлювальних установок .....	28
3.4 Розрахунок опалення і вентиляції .....	44
3.5 Розрахунок і вибір обладнання для водопостачання .....	49
3.6 Вибір апаратури керування і захисту .....	28
3.7 Розрахунок силових і освітлювальних електропроводок, вибір розподільчого пункту (РН) .....	54
4 ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ДЕТАЛЬНА РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОСТАТИЧНОЇ КОПТИЛЬНІ .....	57
4.1 Моделювання процесу електрокопчення .....	57
4.2 Розробка і дослідження електростатичної коптильні .....	60
4.3 Опис принципової електричної схеми, обґрунтування параметрів і режимів роботи електростатичної коптильні .....	57
5 ОХОРОНА ПРАЦІ .....	71
5.1 Аналіз стану охорони праці на підприємстві .....	57

5.2 Безпека системи проектування..... 57

5.3 Заходи щодо забезпечення належних умов праці..... 73

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ..... 76

6.1 Розрахунок рентабельності впровадження електрокопильної установки 76

ВИСНОВКИ..... 80

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... 81

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ЕМ – електрична машина  
 АД – асинхронний двигун  
 ЕМС – електромеханічна система

ККД – коефіцієнт корисної дії

ММ – математична модель  
 МРС – магніторушійна сила  
 ЕРС – електрорушійна сила

ПЛ – повітряна лінія

КЛ – кабельна лінія

ЕС – електрична система

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## ВСТУП

В даний час ферми та тваринницькі комплекси, а також птахофабрики мають велику кількість електрифікованих машин, агрегатів та виробничих ліній, що дозволяють механізувати основні технологічні процеси, а в деяких випадках дозволяють проводити широку механізацію та автоматизацію більшості технологічних процесів, в цьому і полягає актуальність теми моєї магістерської кваліфікаційної роботи.

Метою моєї магістерської кваліфікаційної роботи є розрахунок та підбір сучасного обладнання для реалізації необхідних технологічних процесів.

Автоматизації технологічного процесу, що економить значні фінансові ресурси, що в кінцевому рахунку призводить до зниження виробничих витрат.

Об'єкт дослідження – розробка та дослідження електроіонізаційної установки для обробки м'ясної продукції.

Предмет дослідження – електроіонізаційна установка.

У моєму магістерській кваліфікаційній роботі проведений вибір силового електрообладнання, освітлення та освітлювальних установок, опалення і вентиляції, обладнання для водопостачання цеху, апаратів керування і захисту, силових і освітлювальних електропроводок, розподільчого пункту (РП) та самої електроопитильної установки.

## РОЗДІЛ 1

## ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОБРОБКУ М'ЯСНОЇ ПРОДУКЦІЇ

## 1.1 Технології копчення м'яса

Копчення — спосіб консервування неповністю згораючими речовинами, що містяться в димі .

Проникнення в продукт деяких фракцій диму, і особливо фенольних і органічних кислот, які мають високу бактерицидну і бактеріостатичну дію, пригнічує розвиток гнильної мікрофлори, підвищує стійкість продуктів при зберіганні, тобто копчення є одним з способи консервування, особливо в поєднанні з засолюванням і сушінням. Бактерицидна дія диму в першу чергу позначається на поверхні продукту.

До процесу копчення висуваються наступні вимоги: Досягнення відповідного смаку, запаху, кольору і стійкості копченостей за рахунок компонентів диму, що проникають у продукт. Під впливом компонентів диму продукт стає стійким до дії мікроорганізмів, а жиру до окисної дії кисню повітря. Мета копчення наведена на рис. 1.1

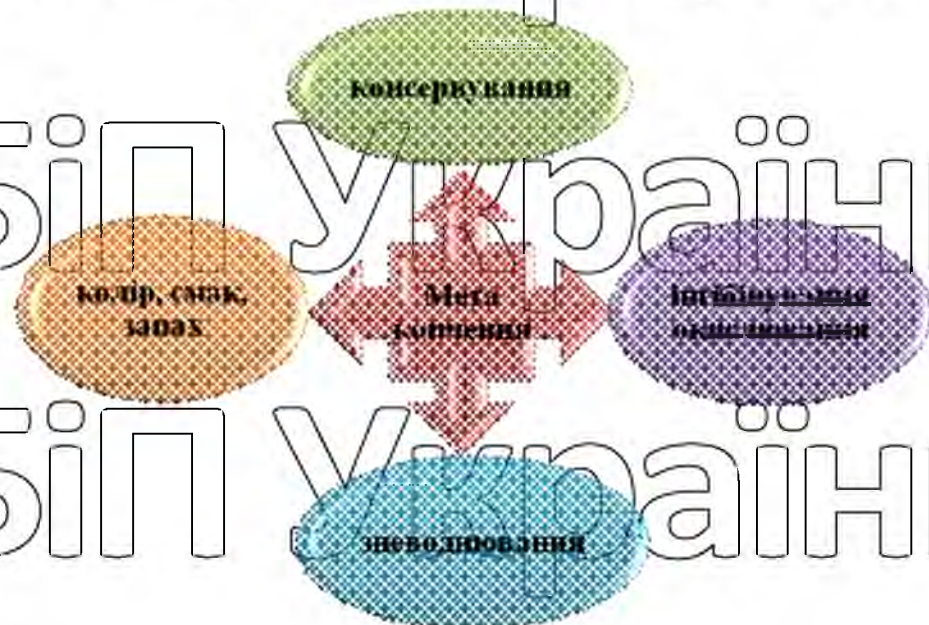


Рис. 1.1 Результат копчення



З технологічної точки зору вплив копильних речовин і самого процесу копчення на якість виготовленої м'ясної продукції проявляється в кількох аспектах:

Ковбаси набувають гострого, приємного, специфічного смаку і запаху, темно-червоного кольору і блиску на поверхні;

одна з фракцій диму - феноли - добре засвоюється жировою тканиною і завдяки своїм високим антиоксидантним властивостям перешкоджає псуванню жиру і сала. Крім того, феноли мають дубильну дію на колаген, завдяки чому як білкова оболонка, так і зовнішні шари ковбасних виробів зменшуються, ущільнюються та підсилюють свої захисні властивості від дії мікроорганізмів;

Процес копчення супроводжується тепло-, масо- і вологообміном, завдяки чому частина вологи з продукту випаровується, продукт зневоднюється, що в свою чергу затримує розвиток мікрофлори і додає продукту характерні органолептичні властивості. Напівковбаси і варені ковбаси при копченні втрачають до 10% вологи порівняно з вихідною масою.

Залежно від температури способи копчення поділяють на:

- Холодне копчення проводять при температурі не вище 18...22 °С, тривалість - від 12 до 72 годин;

- гаряче копчення при температурі від 30 до 50 °С, тривалість - від 2 до 12 годин;

- Висока температура - 80...100 °С, тривалість - від 1 до 18 годин.

Застосування різних температур копчення обумовлено тим, що кожна зона визначає особливості розвитку біохімічних змін, змінюючи їх спрямованість і забезпечуючи можливість досягнення різних технологічних результатів, органолептичних показників і стійкості готової продукції при зберіганні.

При холодному копченні сировині продовжуються процеси, розпочаті в період соління, але з більшою інтенсивністю за рахунок підвищення температури – ферментативна деструкція тканин і їх компонентів, формування нової просторової структури, кількісний ріст і зміна складу мікрофлори, сушіння продукту.

При гарячому копченні внутрішні біохімічні процеси прискорюються на початковій фазі, поки температура не перевищить оптимальну для ферментів, і сповільнюються при подальшому нагріванні. Коли температура наближається до 50°C, починаються процеси, характерні для термічної обробки. При гарячому

копченні варених продуктів зміни зводяться до проникнення коптільних речовин у продукт, їх взаємодії з компонентами продукту та обміну вологи між продуктом і навколишнім середовищем. При високотемпературному копченні відбуваються ті ж процеси, однак на перший план виходять денатурація і коагуляція білків і зміни інших речовин під впливом сильного нагрівання.

Залежно від способу застосування продуктів неповного згоряння деревини копчення поділяють на: димне, бездимне та змішане.

Димне, або звичайне, копчення здійснюється за допомогою диму, який утворюється в результаті неповного згоряння деревини.

Бездимне або вологе копчення — це копчення коптільними препаратами, які є екстрактами продуктів термічного розкладання деревини і піддаються спеціальній обробці.

Змішане або комбіноване копчення - це поєднання копчення і мокрого копчення. При цьому сировину, попередньо оброблену коптільним препаратом, коптять димом.

Позитивні сторони копчення загальновідомі за допомогою цього поширеного технологічного прийому при виготовленні різноманітних виробів з

риби і м'яса отримують не тільки вироби з особливо привабливими смаковими характеристиками, а й продукти (особливо холодного копчення), характеризується підвищеною стійкістю до окислювальних і мікробних змін під час зберігання. У той же час традиційне копчення, тобто обробка оброблених напівфабрикатів безпосередньо деревним димом, має ряд недоліків.

Одним із цих недоліків є складність отримання партій однорідних кінцевих продуктів. Це пов'язано з неможливістю створення однорідного і стабільного складу копченого диму, оскільки в димогенераторі будь-якої конструкції температура та інші умови димоутворення в локальних зонах термічного розкладання органічних речовин деревини (тирси, стружки, стружки), поліна, дрова) постійно змінюються, тому сам малюнок диму загалом значною мірою хаотичний.

Використання копченостей дозволяє отримати максимально однорідні кінцеві продукти не тільки за смаком, але і за кольором, тобто забарвлення поверхні копченостей певного кольору з блискучим жовтим, лимонним, золотистим (для рибних продуктів) або червоним, коричневим (для ковбас, кістки холодного копчення) відтінки.

Основні стадії процесу копчення наведені на рис. 1.2

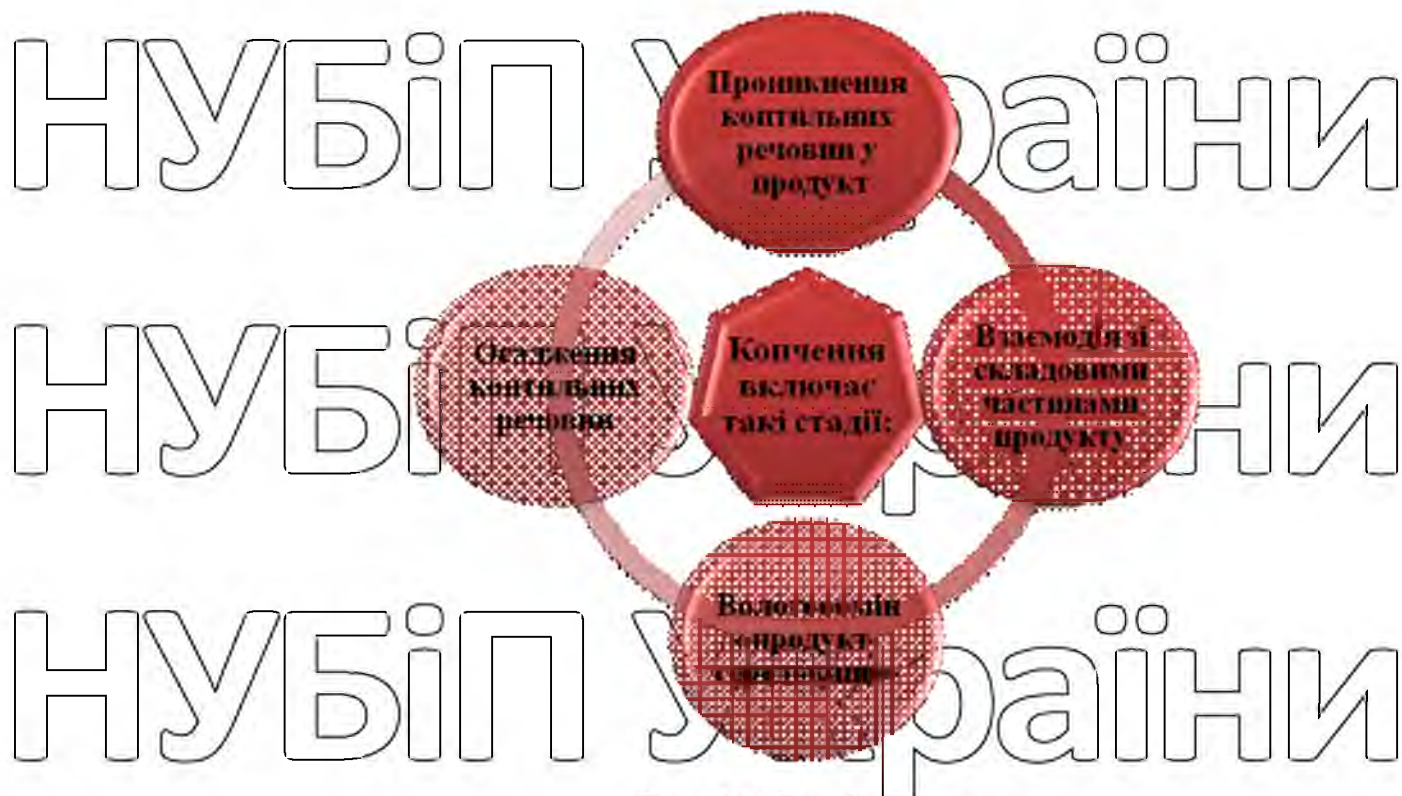


Рис. 1.2 Стадії копчення

Механізм копчення складається з двох фаз: осадження закопчених речовин на поверхні та їх перенесення з поверхні (рис. 1.3). При цьому швидкість першої фази залежить головним чином від температури диму (чим вона вища, тим більше речовин осідає), від концентрації (щільності) диму та швидкості його руху.

Перша фаза, тобто зовнішня трансмісія, пов'язана з явищем агломерації рідких і твердих дисперсних частинок і конденсації парів, а також механічного відділення великих частинок. Рухильною силою переходу курильних речовин у виріб є різниця в концентрації цих речовин у різних шарах виробу. Перехід димових речовин із поверхневих шарів у продукт компенсується їх постійним осадженням на поверхні з димового середовища. Показником ступеня передачі і





Рис. 1.3 Механізм копчення

Речовини для копчення повинні проникати на певну глибину продукту - тільки в такому стані можна досягти повного ефекту копчення. Інтенсивність транспортування легкозаймистих речовин всередину продукту залежить від багатьох факторів. В основному від температури навколишнього середовища, властивостей поверхні продукту, вмісту вологи в сировині, співвідношення між м'язовою, жировою і сполучною тканинами, ступінь подрібнення та інші фактори.

Зокрема при температурах 35 ... 50 °С ефект насичення продукту копильними речовинами досягається в два рази швидше, ніж при 18 ... 22 °С; сало вбирає копильні речовини в 1,5 рази інтенсивніше, ніж свинина, і в 2,1 рази більше, ніж яловичина. Кишкові оболонки на 20-25% більш проникні для курильних речовин, ніж штучні оболонки. Швидкість внутрішнього переміщення копильних речовин у виробах, приготованих з м'яса без варіння

(шинка в шкаралупі), значно вища, ніж у виробках, приготованих з фаршу (ковбаси напівварені та копчені) і без варіння.

## 1.2 Електростатичне копчення і його переваги

Цей спосіб не можна назвати новим - промислові установки електростатичного холодного копчення успішно працюють вже давно. Безумівно, кожній людині хоча б раз у житті доводилося пробувати продукти, приготовані там, навіть не підозрюючи про спосіб копчення. Суть електростатичної обробки димових газів полягає в прискоренні проникнення продуктів згоряння в об'єм продукту. Інші реакції відбуваються так само, як і при звичайному копченні.

Електростатичне поле не впливає на складні біохімічні реакції денатурації та гідролізу, що відбуваються в м'ясі під впливом диму, воно лише збільшує швидкість дифузії диму. Відповідно, копчені таким чином продукти необхідно кілька днів витримати в прохолодному місці для дозрівання. Вдома просто поставте в холодильник. За цей час завершаться всі процеси і продукт буде повністю готовий до використання.

Фізична сутність процесу полягає в тому, що дим від генератора проходить через мережу, до якої підключено позитивний полюс джерела постійного струму високої напруги (анода). При цьому сила струму дуже мала.

Дим іонізується і потрапляє в копильну камеру. Він містить продукти, до яких підключений негативний полюс того самого джерела (катода). Іонізований дим, завдяки силі електричної взаємодії різних зарядів, поділяється на дві фракції.

Позитивно заряджені іони з високою швидкістю спрямовуються до катода і буквально проникають у шар продукту. Суть електростатичної обробки

димових газів полягає в прискоренні проникнення продуктів згоряння в продукт. . Надалі спостерігаються реакції, подібні до тих, що виникають при звичайному палінні

Електростатичне поле не впливає на такі моменти, як гідроліз і денатурація, які відбуваються в м'ясі під дією диму. Електростатичне поле збільшує швидкість дифузії диму. Тому вироби, копчені таким способом, повинні витримуватися кілька днів. Для дозрівання це потрібно робити в холодному місці. Якщо говорити про домашніх умовах, то продукти досить помістити в холодильник. За цей період будуть завершені всі необхідні процеси, щоб продукт був повністю готовий до використання.

Надалі спостерігаються реакції, подібні до тих, що виникають при звичайному палінні. Електростатичне поле не впливає на такі моменти, як гідроліз і денатурація, які відбуваються в м'ясі під дією диму. Електростатичне поле збільшує швидкість дифузії диму. Тому вироби, копчені таким способом, повинні витримуватися кілька днів. Для дозрівання це потрібно робити в холодному місці. Якщо говорити про домашніх умовах, то продукти досить помістити в холодильник. За цей період будуть завершені всі необхідні процеси, щоб продукт був повністю готовий до використання.

Якщо говорити про фізичну суть процесу, то дим від генератора проходить через решітку. До нього підключають позитивний полюс джерела постійної напруги. При цьому сила струму занадто мала. Потім спостерігається іонізація диму, після чого він потрапляє в коптильну камеру. Вироби, до яких підключається негативний полюс подібного джерела. Іонізований дим під дією різних зарядів розпадається на дві фракції. На високій швидкості позитивно заряджені іони рухаються назустріч продуктам і буквально пронизують їх товщу.

Відбувається рівномірний розподіл складових елементів диму, що впливає на м'ясо або рибу. Тому цей спосіб вважається одним з найефективніших порівняно зі стандартним копченням. Звичайне копчення призводить до найбільшої обробки верхніх шарів. Внутрішні шари уражаються менше

Частинки диму рівномірно розподіляються по всьому об'єму м'яса або риби, що робить цей спосіб більш ефективним, ніж традиційне копчення, коли верхні шари копляться сильніше, ніж внутрішні. Це тільки виглядає складним,

як ви це опишете. Зробити копильню для електростатичного копчення своїми руками можна в умовах домашньої майстерні. Це не вимагає складного обладнання або спеціальної підготовки. Достатньо слюсарних навичок та базових знань електротехніки.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України



## РОЗДІЛ 2

## ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ЕЛЕКТРОІОНІЗАЦІЇ

## 2.1. Характеристика іонізуючого випромінювання

Іонізуюче випромінювання існувало на Землі задовго до появи людини.

Однак вплив іонізуючого випромінювання на організм людини було виявлено лише в кінці 19 століття. з відкриттям французького вченого А. Беккереля, потім дослідження П'єра Марії Кюрі явища радіоактивності.

Термін «іонізуюче випромінювання» включає різні види випромінювань різної природи. Їх схожість полягає в тому, що всі вони мають високу енергію, мають властивість іонізації та руйнування біологічних об'єктів.

Радіація характеризується іонізуючою і проникаючою здатністю. Іонізуюча сила випромінювання визначається фактичною іонізацією, тобто кількістю іонних пар, утворених частинкою в одиниці об'єму, маси середовища або на одиницю довжини шляху. Різні види випромінювання мають різну іонізуючу силу.

Проникаюча здатність випромінювання визначається довжиною шляху, тобто відстанню, яку пройшла молекула в речовині до її повного зникнення.

Джерела іонізуючого випромінювання поділяються на природні та штучні (антропогенні).

Природне іонізуюче випромінювання

Більшість опромінення населення світу відбувається від природних джерел радіації. Більшість із них такі, що уникнути радіації неможливо. За всю історію існування Землі різні типи радіації потрапляли на поверхню Землі з космосу і надходили від радіоактивних речовин у земній корі.

Радіаційний фон, який становить космічні промені, становить менше половини зовнішнього опромінення населення, яке отримує від природних джерел радіації. Більшість космічних променів доходить до нас із глибин Всесвіту, але деякі з них народжуються на Сонці під час сонячних спалахів.

Космічні промені можуть досягати поверхні Землі або взаємодіяти з її атмосферою, створюючи повторне випромінювання та утворюючи різні

радіонукліди. Опромінення від природних джерел радіації зазнають усі жителі Землі, але одні отримують більші дози, інші менші.

Це залежить, серед іншого, від місця розташування. Вони живі. Рівень радіації в деяких місцях земної кулі, де знайдено радіоактивне каміння, набагато вищий за середній і пропорційно нижчий в інших. Також доза опромінення залежить від способу життя людей.

Згідно з розрахунками Наукового комітету ООН з питань дії атомної радіації, середня ефективна еквівалентна доза зовнішнього опромінення, яку людина отримує щорічно від наземних природних джерел радіації, становить приблизно 350 мкЗв, що трохи перевищує середню дозу опромінення через до космічного фонових випромінювання.

Людина піддається опроміненню двома шляхами - зовнішнім і внутрішнім. Коли радіоактивні речовини знаходяться поза організмом і випромінюють його ззовні, це називається зовнішнім опроміненням. А якщо вони знаходяться в повітрі, яким дихає людина, або в їжі, воді, і потрапляють в організм через органи дихання і травний тракт, то таке опромінення називається внутрішнім.

Перед тим, як потрапити в організм людини, радіоактивні речовини складним шляхом подорожують у навколишньому середовищі, що слід враховувати при оцінці доз радіації, отриманих від того чи іншого джерела.

Внутрішнє опромінення становить у середньому 2/3 ефективної еквівалентної дози опромінення, яку людина отримує від природних джерел радіації. Воно походить від радіоактивних речовин, які потрапляють в організм через їжу, воду або повітря. Невелика частина цієї дози витрачається на радіоактивні ізотопи (такі як вуглець-14, тритій), які утворюються під впливом космічних променів.

Все інше – із земних джерел. В середньому людина отримує близько 180 мкЗв / рік завдяки калію 40, який разом з необхідним для життя людини нерадіоактивним ізотопом калію засвоюється організмом. Але значно більшу

дозу внутрішнього опромінення людина отримує від радіонуклідів ряду уран-238 і в меншій мірі від радіонуклідів ряду торій-232.

Штучні джерела іонізуючого випромінювання

Техногенними джерелами іонізуючого випромінювання є ядерні вибухи, атомні електростанції, ядерні реактори, прискорювачі заряджених частинок, рентгенівські апарати, апаратура зв'язку високої напруги тощо.

За останні десятиліття людство створило сотні штучних радіонуклідів і навчилося використовувати енергію, атоми як у військових цілях – для виробництва зброї масового ураження, так і в мирних цілях – для виробництва

енергії, медицини, розвідки корисних копалин, діагностики, обладнання та ін.

Все це призводить до підвищення дози опромінення окремих людей і всього населення Землі.

Індивідуальні дози, які різні люди отримують від штучних джерел іонізуючого випромінювання, значно відрізняються. У більшості випадків ці дози незначні, але іноді опромінення від штучних джерел у кілька тисяч разів перевищує інтенсивність опромінення від природних.

Однак слід зазначити, що радіацію, створювану штучними джерелами, як правило, легше контролювати, ніж опромінення, пов'язане з радіоактивними опадами в результаті ядерних вибухів і ядерних аварій, а також опромінення від природних космічних і наземних джерел.

Опромінення населення України за останні роки штучними джерелами радіації в основному пов'язане з наслідками аварії на Чорнобильській АЕС, а також роботою та «дрібними» несправностями інших АЕС. У літературі на цю тему написано багато подробиць.

Серед штучних джерел іонізуючого випромінювання наразі найбільше опромінюється людина під час медичних процедур та процедур, пов'язаних з використанням радіоактивності та джерел радіації.

Радіація використовується в медицині в діагностичних і лікувальних цілях. Рентгенівський апарат є одним з найпоширеніших медичних приладів. Все більшого поширення набувають також нові комплексні методи діагностики,

засновані на використанні радіоізотопів. Як відомо, одним із способів боротьби з раком є променева терапія. У розвинутих країнах річна кумулятивна ефективна доза, еквівалентна радіологічним дослідженням, становить приблизно 1000 хвилин на 1 мільйон жителів.

#### Одиниці вимірювання радіоактивних викидів

Серед різних видів іонізуючого випромінювання, як уже зазначалося вище, випромінювання, що виникає в результаті розпаду ядер радіоактивних елементів, тобто радіоактивне випромінювання, має винятково важливе значення при вивченні питання про загрозу здоров'ю і життю людини.

Щоб уникнути непорозуміння у термінах, майте це на увазі; що радіоактивне випромінювання, незважаючи на його велике значення, є одним із видів іонізуючого випромінювання. Радіонукліди утворюють випромінювання, коли одне ядро перетворюється на інше.

Вони характеризуються періодом напіврозпаду (від секунди до мільйона років), активністю (кількістю радіоактивних перетворень за одиницю часу), що характеризує їх здатність до іонізації. Активність у міжнародній системі (СИ) вимірюється в беккерелях (Бк), а позасистемною одиницею є кюрі (Ки). Один Ки =  $37 \times 10^9$  Бк. Ступінь дії іонізуючого випромінювання в будь-якому

середовищі залежить від енергії випромінювання і обчислюється дозою іонізуючого випромінювання.

Останні називають повітрям, речовиною та біологічною тканиною. Отже, виділяємо:

- контактну;
- поглинену;
- еквівалентну дозу іонізуючого випромінювання.

Експозиційна доза характеризує іонізаційну здатність випромінювання повітря, виміряну в кулонах на 1 кг (Кл/кг); позасистемна одиниця - рентген (Р);  $1 \text{ Кл/кг} = 3,88 \times 10^3 \text{ Р}$ . Експозиційна доза може бути використана для визначення потенціалу іонізуючого випромінювання.

Поглинута доза характеризує енергію іонізуючого випромінювання, поглинену одиницею маси опроміненої речовини. Вимірюється в грей Гр ( $1 \text{ Гр} = 1 \text{ Дж/кг}$ ). Також використовується позасистемна одиниця рад ( $1 \text{ рад} = 0,01 \text{ Гр} = 0,01 \text{ Дж/кг}$ ).

Доза, яку отримує людина, залежить від типу випромінювання, енергії, щільності потоку та тривалості опромінення. Однак поглинена доза іонізуючого випромінювання не враховує того факту, що дія на біологічний об'єкт однієї і тієї ж дози різних видів випромінювання неоднакова. Щоб врахувати цей ефект, було введено поняття еквівалентної дози.

Еквівалентна доза — це міра біологічної дії радіації на конкретну людину, тобто індивідуальний критерій небезпеки іонізуючого випромінювання. Одиницею еквівалентної дози є зіверт (Зв). Зіверт дорівнює поглиненій дозі  $1 \text{ Дж/кг}$  (для рентгенівських променів і  $\alpha$ ,  $\beta$ ). Позасистемною одиницею є бер (біологічний еквівалент дошки).  $1 \text{ бер} = 0,01 \text{ ст}$ .

Біологічна дія іонізуючого випромінювання

Під впливом іонізуючого випромінювання відбувається іонізація атомів і молекул живих клітин, що призводить до складних фізико-хімічних процесів, які впливають на характер подальшої діяльності людини.

Згідно з деякими поглядами, іонізація атомів і молекул, яка відбувається під впливом радіації, розриває зв'язки в білкових молекулах, що призводить до загибелі клітин і ураження всього організму.

Відповідно до інших ідей, продукти радіолізу води, які, як відомо, становлять до 70% маси тіла людини, відіграють певну роль у біологічних ефектах іонізуючого випромінювання. При іонізації води утворюються вільні радикали  $\text{H}^+$  і  $\text{OH}^-$ , а в присутності кисню утворюються перекисні сполуки, які є сильними окисниками. Ці входять в хімічні взаємодії з молекулами білків і ферментів, руйнуючи їх, в результаті чого утворюються сполуки, не властиві живому організму. Це призводить до порушення обмінних процесів, пригнічення ферментів і окремих функціональних систем, тобто до порушення життєдіяльності всього організму.

В дуже спрощеному вигляді вплив радіоактивного випромінювання на організм людини можна уявити так. Припустимо, в організмі людини відбувається нормальний процес травлення, їжа, що надійшла, розщеплюється на більш прості сполуки, які потім через мембрану проходять в кожну клітину і будуть використовуватися як будівельний матеріал для відтворення власного типу для компенсації енергетичні витрати на транспортування речовин та їх обробку.

Коли випромінювання потрапляє на мембрану, молекулярні зв'язки негайно розриваються, атоми перетворюються на іони. Через пошкоджену мембрану в клітину починають проникати чужорідні (токсичні) речовини, порушується її робота. Якщо доза опромінення мала, електрони рекомбінують, тобто повертаються на свої місця.

Молекулярні зв'язки відновлюються і клітина продовжує виконувати свої функції. Якщо доза опромінення велика або повторюється дуже часто, електрони не встигають рекомбінувати; молекулярні зв'язки не відновлюються; велика кількість клітин виходить з ладу; порушується робота органів; нормальна життєдіяльність організму стає неможливою.

Специфіка дії іонізуючого випромінювання полягає в тому, що посилюється інтенсивність індукованих вільними радикалами хімічних реакцій, в яких беруть участь кілька сотень і тисяч молекул, на які не впливає випромінювання.

Таким чином, дія іонізуючого випромінювання визначається не кількістю енергії, яку поглинає опромінюваний об'єкт, а формою, в якій ця енергія передається. Жоден інший вид енергії (теплова, електрична тощо), що поглинається біологічним об'єктом у такій же кількості, не призводить до таких змін, як іонізуюче випромінювання.

Також слід звернути увагу на деякі особливості впливу іонізуючого випромінювання на організм людини:

- органи чуття не реагують на радіацію;

- малі дози радіації можуть сумуватися і накопичуватися в організмі (кумулятивний ефект);

- радіація впливає не тільки на цей живий організм, а й на його потомство (генетичний ефект);

- Різні організми мають різну чутливість до радіації.

Найбільше страждають клітини червоного кісткового мозку, щитовидної залози, легенів, внутрішніх органів, тобто органів, клітини яких мають високий рівень поділу. При однаковій дозі опромінення діти вражають більше клітин, ніж дорослі, тому у дітей усі клітини діляться.

Небезпека різних радіоактивних елементів для людини залежить від здатності організму їх поглинати й накопичувати.

Радіоактивні ізотопи потрапляють в організм із пилом, повітрям, їжею чи водою і поведуться по-різному: \* деякі ізотопи рівномірно розподіляються в організмі людини (трій, вуглець, залізо, полоній), \* деякі накопичуються в кістках (радій, фосфор, стронцій), \* інші залишаються в м'язах (калій, рубідій, цезій), \* накопичуються в щитовидній залозі (йод), печінці, нирках, селезінці (рутений, полоній, ніобій) тощо.

Дія іонізуючого випромінювання (випромінювання) організована за типом пошкодження та часом виникнення. Залежно від виду ушкодження їх поділяють на три групи: соматичні, соматично-стохастичні (випадкові, ймовірні) і генетичні. Залежно від часу прояву виділяють дві групи – ранню (або гостру) і пізню. Ранні зміни тільки соматичні. Це призводить до смерті або променевої хвороби. Постачальниками таких частинок є в основному короткоживучі ізотопи, у-випромінювання, потік нейтронів.

Гостра форма виникає після короточасного впливу високих доз. При дозах порядку тисяч рад пошкодження організму може бути миттєвим.

Хронічна форма розвивається внаслідок тривалого опромінення в дозах, що перевищують граничні дози (ЛД). Наступними наслідками радіаційного ураження можуть бути радіоактивні катаракти, злоякісні пухлини та ін.

Для вирішення проблем радіологічного захисту населення першочергове значення мають ефекти, які спостерігаються при низьких дозах опромінення - порядку кількох градусів на годину, які реально виникають при практичному використанні атомної енергії.

Норми радіаційного захисту НРБУ-97, запроваджені в 1998 році, використовують поняття річної дози опромінення як одиницю часу. Воно зумовлене, як зазначалося раніше, ефектом накопичення «малих» доз та їх кумулятивною дією на організм людини.

Існують різні норми радіоактивного забруднення: точкові, загальні, гранично допустимі та інші. Всі вони описані в спеціальних інструкціях.

Вважається, що DL загального опромінення людини - це доза, яка, виходячи з сучасних знань, не очікує, що завдасть істотної шкоди організму протягом життя.

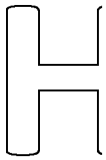
Форми променевої хвороби: гостра і хронічна. ГПД для - осіб, які працюють безперервно з радіоактивними речовинами становить 2 кейко-місяця на рік. Ніяких соматичних ушкоджень при цій дозі не спостерігається, але поки точно невідомо, як реалізуються канцерогенні та генетичні ефекти. Цю дозу слід прийняти як верхню межу, до якої не слід наближатися.

## **2.2. Роль електричної іонізації в копченні м'яса.**

Обробка м'ясних продуктів в електростатичному полі заснована на явищі самоіонізації, яке виникає при підвищенні напруги в мережі до певного значення, при якому заряджені частинки прискорюються в електричному полі і іонізуються при контакті з частинками інертного газу. У цьому випадку порушується електрична сила газу і виникає самостійний розряд за рахунок ударної іонізації, що відбувається без зовнішніх подразників.

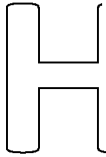
Для технічних цілей найчастіше використовують розряди, що виникають в неоднорідному електричному полі. Напряга електричного поля  $E$  (В / м) в найбільш поширеному на практиці випадку - напруга  $U$ , утворена циліндром радіуса  $r$  і площиною відстані між ними.  $d$ , можна визначити за формулою





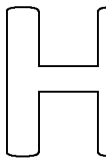
$$E = 90 \cdot 10^3 \cdot \frac{U}{2,3 \cdot r \cdot \lg \frac{r+d}{r}} \quad (2.1)$$

Іони, які утворилися в зоні коронного розряду, рухаються в електричному полі зі швидкістю, яка пропорційна напруженості поля



$$V = U_n \cdot E \quad (2.2)$$

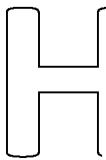
Рухомість додатніх і від'ємних іонів різна. Під рухомістю іонів  $U_n$  мають на увазі величину, яка рівна швидкості іонів, при напруженості поля 1 В/м.



Рухомість від'ємних іонів :  $U_n^- = 0,0187 \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ .

Рухомість додатних іонів:  $U_n^+ = 0,0135 \text{ м}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ .

Отже швидкість впорядкованого руху іонів є

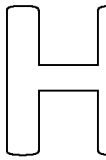


$$U^+ = U_n^+ \cdot E; \quad (2.3)$$

$$U^- = U_n^- \cdot E \quad (2.4)$$

З огляду на те, що використовується напруга 50 кВ і вище для здійснення процесу самоіонізації, швидкість іонів буде достатньо високою.

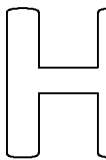
Під час іонізації виявляються два протилежні процеси: відновлення (рекомбінація) іонів до нейтральних молекул та розпад нейтральних молекул на заряджені частинки (іони). Кількість іонів, які рекомбінуються, створюючи молекули  $n_1$ , пропорційна кількості позитивних і негативних іонів:



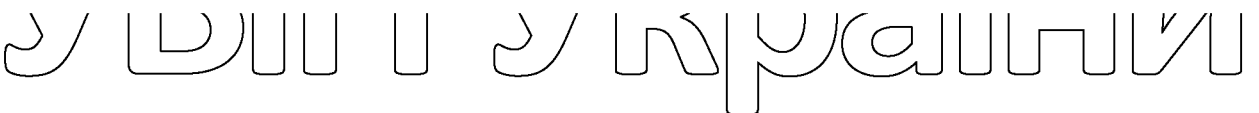
$$n_1 = \gamma \cdot n_0^2, \quad (2.5)$$

де  $n_0$  – кількість додатніх (від'ємних) іонів;

$\gamma$  – коефіцієнт рекомбінації.



Рівновага в системі виконується при умові



# Н

$$n_0 = \sqrt{\frac{n}{\gamma}} \quad (2.6)$$

Процес рекомбінації описується рівнянням

$$A^+ + B^- \rightarrow AB + h \cdot \gamma, \quad (2.7)$$

# Н

де  $A^+$  – додатний іон;

$B^-$  – від'ємний іон;

$h \cdot \gamma$  – світловий квант.

В неоднорідних електричних полях виникає коронний розряд, коли значення максимальної напруги виникає на електроді з меншим радіусом кривизни, і газ в даній області втрачає свою електричну міцність. Область, яка розташована безпосередньо поряд з розрядом (електродом), називається короною, а електрод є - коронуючим.

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

## РОЗДІЛ 3

## ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

## 3.1 Розрахунок та вибір силового електрообладнання

Здійснюємо розрахунок для привода вентилятора димогенератора ЕЛРО продуктивністю 500 м<sup>3</sup>/год.

Кількість диму, який відсмоктується вентилятором 500 м<sup>3</sup>/год. за розміром витяжного отвору приймаємо димохід квадратного перерізу 140x140 мм із оцинкованої жести.

За формулою визначимо опір димоходу

$$H_c = 0,0825 \cdot \left( \lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \cdot \frac{L^2 \cdot \lambda}{d^4} \quad (3.1)$$

де  $L = 0,14$  м<sup>3</sup>/с – секундна витрата диму;

$\lambda = 0,15$  – коефіцієнт опору;

$l = 2,1$  м – довжина димоходу;

$d = 0,169$  м – діаметр димоходу, для квадратних димоходів приймається рівновеликим;

$\sum \xi$  – сума коефіцієнтів місцевих опорів;

$\gamma = 1,8$  кг/м<sup>3</sup> – густина диму в димоході.

Сума коефіцієнтів місцевих опорів  $\sum \xi = 0,5$  два плавних відводи  $\xi_1 = \xi_2 = 0,25$

$$H_c = 0,0825 \cdot \left[ 0,15 \cdot \frac{2,1}{0,169} + 0,5 \right] \cdot \frac{0,14^2 \cdot 1,8}{0,169^4} = 8,9 \text{ кг/м}^2$$

Визначимо за формулою тиск, заданий вентилятором

$$P = H_c \cdot \frac{273+t}{273+t_1}, \quad (3.2)$$

де  $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$  – температура диму в системі;

$t = 130 \text{ }^\circ\text{C}$  – стандартна температура.

$$P = 8,6 \cdot \frac{273+130}{273+20} = 17 \text{ кг/м}^2$$

Ефективність вентилятора повинна бути збільшеною, враховуючи підсмоктування повітря, в порівнянні з розрахунковою (згідно СНиП II-П/7462), на 10 %.

$$L_d = 500 + 50 = 550 \text{ м}^3/\text{год}$$

По продуктивності і приведеному тиску підбираємо вентилятор Ц4-70 № 2,5, у якого тиск  $H_v = 70 \text{ Па}$ ,  $\eta = 930 \dots 1420 \text{ об/хв}$ .

Продуктивність електродвигуна вентилятора визначається з урахуванням запасу потужності:

$$P_{BC} = \frac{K_3 \cdot L_d \cdot P}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_v \cdot \eta_n \cdot \eta_{шд}}, \quad (3.3)$$

де  $K_3 = 1,2$  – коефіцієнт запасу потужності на пусковий момент;

$P = 17 \text{ кг/м}^3$  – приведений тиск;

$L_d = 550 \text{ м}^3/\text{год}$  – дійсна продуктивність вентилятора;

$\eta_v = 0,6$  – ККД вентилятора;

$\eta_{шд} = 0,98$  – ККД підшипників;

$\eta_n = 1$  – ККД передачі;

$$P_{BC} = \frac{1,2 \cdot 550 \cdot 17}{3600 \cdot 102 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 0,98} = 0,52 \text{ кВт.}$$

Двигун вентилятора працює в постійному режимі, згідно ГОСТ 183-74, з постійним навантаженням.

Вибираємо із умови номінальну потужність

$$P_{ном} \geq P_{ве}. \quad (3.4)$$

Електродвигун вибраний потужністю  $P_H = 0,55$  кВт.. Трифазним змінним струмом з частотою 50 Гц подається живлення. Кількість обертів на хвилину двигуна вибирається за умови:  $n = 930 \dots 1420$  об/хв. Для забезпечення необхідного тиску та потужності вибираємо електродвигун з  $n = 1500$  об/хв., що має низьку вартість та високу ефективність.

Згідно до ГОСТ 2479-79 і за монтажем та конструктивним виконанням ми приймаємо електродвигун IM 3081 Ми приймаємо електродвигун АИР71А4СУ3.

Перевіряємо вибраний двигун в умовах запуску графоаналітичним методом та нагрівання при запуску, зі зниженою напругою та з урахуванням зміни параметрів двигуна.

Розрахунковим шляхом отримуємо механічну характеристику вентилятора за формулою:

$$M_C = M_{CO} + (M_{CH} - M_{CO}) \cdot \left[ \frac{\omega}{\omega_H} \right]^x, \quad (3.5)$$

де  $M_{CO}$  – момент тертя (зрушення), що не залежить від зміни швидкості, Нм;

$M_{CH}$  – момент статичних опорів вентилятора при номінальній швидкості, Нм;

$\omega$  – поточне значення кутової швидкості;

$x$  – коефіцієнт, що характеризує ступінь залежності моменту статичних опорів від швидкості, для вентиляторів  $x = 2$ ;

$\omega_H$  – номінальне значення кутової швидкості;

$$M_{CH} = 9550 \cdot \frac{P_H}{n_H} = 9550 \cdot \frac{0,55}{1360} = 3,86 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad (3.6)$$

$$\omega_H = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_H}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1360}{60} = 142,35 \text{ рад/с}; \quad (3.7)$$

$$M_{CO} = 0,15 \cdot M_{CH} = 0,15 \cdot 3,86 = 0,579 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (3.8)$$

Результати розрахунків заносимо до табл. 3.1.

Таблиця 3.1

## Результати розрахунків

$\omega_{р.м.}$ рад/с	0	20	40	60	80	100	120	142,35	157
$M_{с.}$ Н·м	0,579	0,643	0,837	1,162	1,615	2,197	2,909	3,859	4,568

За формулою визначаємо момент інерції, приведений до валу двигуна

$$J_{np} = J_{дв} + J_{в}, \quad (3.9)$$

де  $J_{дв} = 0,0013 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$  – момент інерції двигуна;

$J_{в} = 0,0035 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$  – момент інерції вентилятора.

$$J_{np} = 0,0013 + 0,0035 = 0,0048 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Розраховуємо по каталожним даним механічну характеристику двигуна

$$P_H = 0,55 \text{ кВт}; \quad \eta_H = 70,5 \%;$$

$$n_0 = 1500 \text{ об/хв.}; \quad \cos \varphi = 0,7;$$

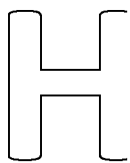
$$n_H = 1360 \text{ об/хв.}; \quad J = 0,0013 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

$$\mu_{II} = 2;$$

$$\mu_{min} = 1,8;$$

$$\mu_{кр} = 2,2;$$

Механічну характеристику будуємо по 5 точках:

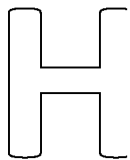


1) Визначаємо точку 1 за умовою:

$$M_1=0; S_1=0.$$

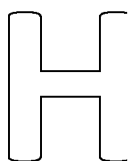
2) Визначаємо точку 2 за умовою:

$$M_2 = M_H = 9550 \cdot \frac{P_H}{n_H} = 9550 \cdot \frac{0,55}{1360} = 3,86H \cdot м \quad (3.10)$$



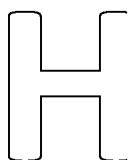
$$S_2 = S_H = \frac{n_o - n_H}{n_o} = \frac{1500 - 1360}{1360} = 0,093 \quad (3.11)$$

3) Визначаємо точку 3 за умовою:



$$M_3 = M_{KP}; \quad S_3 = S_{KP}$$

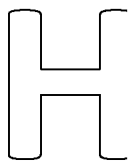
$$M_{KP} = M_H; \quad \mu_{KP} = 3,86 \cdot 2,2 = 8,49H \cdot м \quad (3.12)$$



$$S_{KP} = \frac{S_{HOM} + \sqrt{S_{HOM} \cdot \frac{\mu_{KP} - 1}{\mu_1 - 1}}}{1 + \sqrt{S_{HOM} \cdot \frac{\mu_{KP} - 1}{\mu_1 - 1}}} = \frac{0,093 + \sqrt{0,093 \cdot \frac{2,2 - 1}{1,1 - 1}}}{1 + \sqrt{0,093 \cdot \frac{2,2 - 1}{1,1 - 1}}} = 0,56 \quad (3.13)$$

$$\mu_1 = \mu_{KP} / \mu_{ПВСК} = 2,2 / 2 = 1,1 \quad (3.14)$$

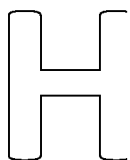
4) Визначаємо точку 4 за умовою:



$$M_4 = M_{min}; \quad S_4 = S_{min} = 0,8$$

$$M_4 = M_H \cdot \mu_{min} = 3,86 \cdot 1,8 = 6,95 H \cdot м \quad (3.15)$$

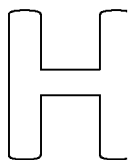
5) Визначаємо точку 5 за умовою:



$$M_5 = M_H \cdot \mu_{муску} = 3,86 \cdot 2 = 7,72H \cdot м \quad (3.16)$$

$$S_5 = 1$$

Побудова механічної характеристики з урахуванням допустимих відхилень моментів



$$1) S = 0; \quad M' = 0 H \cdot м;$$



$$2) S_H = 0,093; \quad M_H' = 3,86 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$3) S_K = 0,56; \quad M_K' = 0,9 \cdot M_K = 0,9 \cdot 8,49 = 7,64 \text{ Н}\cdot\text{м}; \quad (3.17)$$

$$4) S_{\min} = 0,8; \quad M'_{\min} = 0,8 \cdot M_{\min} = 0,8 \cdot 6,95 = 5,56 \text{ Н}\cdot\text{м} \quad (3.18)$$

$$5) S_{II} = 1; \quad M_n' = 0,85 \cdot M_n = 0,85 \cdot 7,72 = 6,56 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (3.19)$$

Побудова механічної характеристики з урахуванням допустимих відхилень напруги (-5%)

$$1) S = 0; \quad M'' = 0 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$2) S_H = 0,093; \quad M''_H = (0,95)^2 \cdot M_H' = (0,95)^2 \cdot 3,86 = 3,48 \text{ Н}\cdot\text{м}; \quad (3.20)$$

$$3) S_K = 0,56; \quad M''_K = (0,95)^2 \cdot M_K' = (0,95)^2 \cdot 7,64 = 6,89 \text{ Н}\cdot\text{м}; \quad (3.21)$$

$$4) S_{\min} = 0,8; \quad M''_{\min} = (0,95)^2 \cdot M'_{\min} = (0,95)^2 \cdot 5,56 = 5,02 \text{ Н}\cdot\text{м}; \quad (3.22)$$

$$5) S_n = 1; \quad M''_n = (0,95)^2 \cdot M_n' = (0,95)^2 \cdot 6,56 = 5,92 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (3.23)$$

### 3.2 Розрахункові дані для побудови механічної характеристики електродвигуна

Результати розрахунків заносимо до табл. 3.2.

Таблиця 3.2.

Розрахункові дані для побудови механічної характеристики електродвигуна

S	0	0,093	0,56	0,8	1
$M, \text{Н}\cdot\text{м}$	0	3,85	8,49	6,96	7,74
$M', \text{Н}\cdot\text{м}$	0	3,86	7,64	5,56	6,56
$M'', \text{Н}\cdot\text{м}$	0	3,49	6,89	5,02	5,9



1. Наносимо механічну характеристику електродвигуна  $\omega_{дв} = f(M'')$ , для цього переводимо значення ковзання  $S$  в кутову швидкість за формулою:

$$\omega_1 = \omega_0 = 157 \text{ рад/с}$$

$$\omega_2 = \omega_H = \frac{\pi \cdot n_H}{30} = \frac{3,14 \cdot 1360}{30} = 142,35 \text{ рад/с} \quad (3.24)$$

$$\omega_3 = \omega_0 \cdot (1 - S_3) = 157 \cdot (1 - 0,56) = 69,1 \text{ рад/с} \quad (3.25)$$

$$\omega_4 = \omega_0 \cdot (1 - S_4) = 157 \cdot (1 - 0,8) = 31,4 \text{ рад/с} \quad (3.26)$$

$$\omega_5 = 0$$

2. Наносимо характеристику робочої машини  $\omega_{р.м} = f(M_c)$ ;

3. Розбиваємо вісь  $\omega$  на 7 ділянок

$$\omega_1 = 0 \text{ рад/с};$$

$$\omega_2 = 20 \text{ рад/с};$$

$$\omega_3 = 40 \text{ рад/с};$$

$$\omega_4 = 60 \text{ рад/с};$$

$$\omega_5 = 80 \text{ рад/с};$$

$$\omega_6 = 100 \text{ рад/с};$$

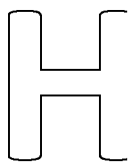
$$\omega_7 = 120 \text{ рад/с};$$

$$\omega_8 = 139 \text{ рад/с};$$

4. Динамічний момент привода  $M_{дин}$ , на кожній ділянці, визначаємо за формулою

$$M_{дин} = M_{дв} - M_c; \quad (3.27)$$

$$M_{дин1} = 5,91 - 0,578 = 5,343 \text{ Н·м};$$



$$M_{\text{дин}2} = 5,15 - 0,63 = 4,52 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{дин}3} = 5,5 - 0,9 = 4,6 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

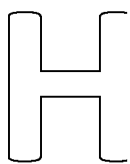
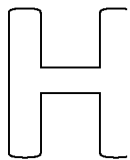
$$M_{\text{дин}4} = 6,82 - 1,15 = 5,67 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{дин}5} = 6,63 - 1,6 = 5,03 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{дин}6} = 5,85 - 2,2 = 3,65 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{дин}7} = 4,85 - 2,9 = 1,96 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{дин}8} = 3,7 - 3,7 = 0 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$



5. Усреднюємо динамічний момент на ділянках

$$M_{\text{дин}1 \text{ сер}} = 4,9 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{дин}2 \text{ сер}} = 4,55 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

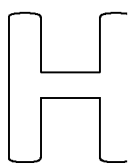
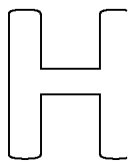
$$M_{\text{дин}3 \text{ сер}} = 5,2 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{дин}4 \text{ сер}} = 5,55 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

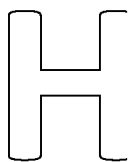
$$M_{\text{дин}5 \text{ сер}} = 4,35 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{дин}6 \text{ сер}} = 2,8 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_{\text{дин}7 \text{ сер}} = 1 \text{ Н}\cdot\text{м};$$



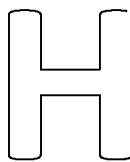
6. Визначаємо на кожній ділянці  $\Delta t$ :



$$\Delta t_i = j_{\text{зв}} \cdot \frac{\Delta \omega_i}{M_{\text{дин}}}; \quad (3.28)$$

$$\Delta t_1 = \frac{0,0048 \cdot 20}{5,343} = 0,017 \text{ с}$$

$$\Delta t_2 = \frac{0,0048 \cdot 20}{4,52} = 0,021 \text{ с}$$



Н

$$\Delta t_3 = \frac{0,0048 \cdot 20}{4,7} = 0,02 \text{ с}$$

$$\Delta t_4 = \frac{0,0048 \cdot 20}{5,68} = 0,017 \text{ с}$$

Н

$$\Delta t_5 = \frac{0,0048 \cdot 20}{5,03} = 0,019 \text{ с}$$

$$\Delta t_6 = \frac{0,0048 \cdot 20}{3,65} = 0,026 \text{ с}$$

Н

$$\Delta t_7 = \frac{0,0048 \cdot 19}{1,95} = 0,046 \text{ с}$$



НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# НУБІП України

# Н

# Н

# Н

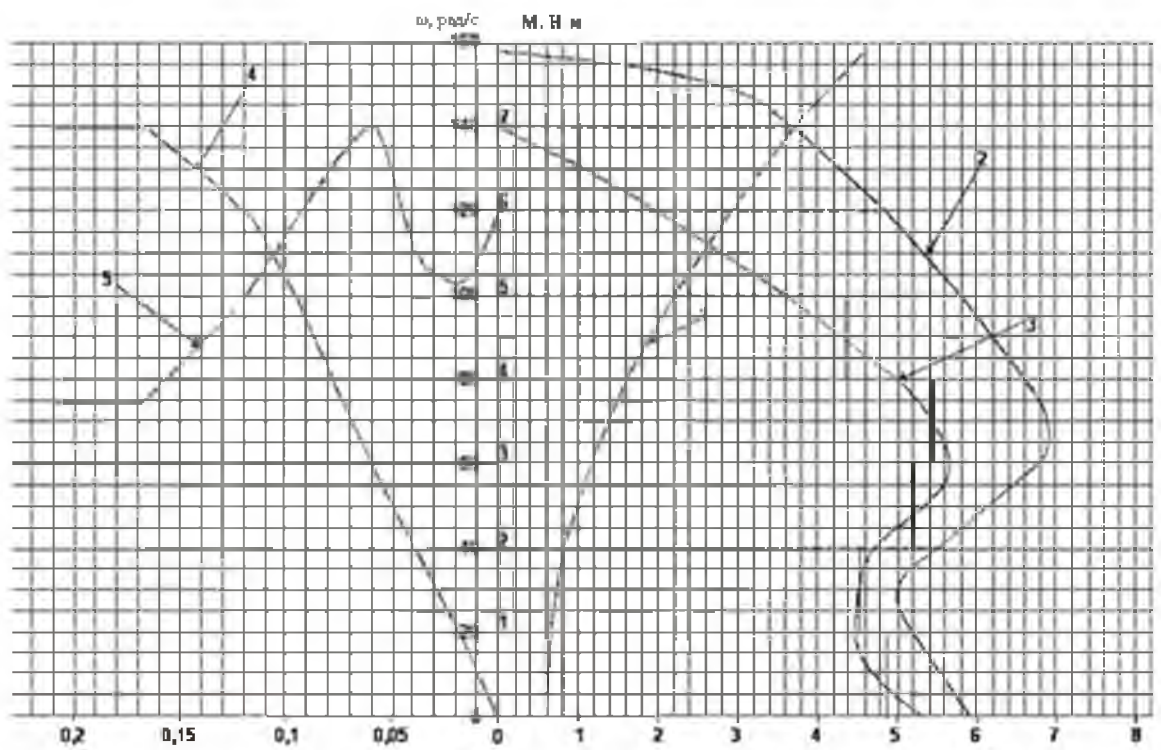


Рисунок 3.1 – механічна характеристика робочої машини  $\omega = f(M_{дв})$ ; 3 – динамічна характеристика  $\omega = f(M_{дина})$ ; 4 – час розгону електродвигуна  $\omega = f(t)$ ; 5 – характеристика зміни моменту електродвигуна за час розгону  $M_{дв} = f(t)$

# Н

НУБІП України

### 7. Визначення часу пуску електродвигуна

$$t_{\text{пуску}} = \sum \Delta t_i = 0,0017 + 0,021 + 0,02 + 0,017 + 0,019 + 0,026 + 0,046 = 0,166 \text{ с.} \quad (3.29)$$

Виходячи з умови, виконуємо перевірку за тепловим режимом під час пуску

$$\Theta_{\text{доп.ізол}} > \Theta_{\text{пуск}} \quad (3.30)$$

$$\Theta_{\text{доп.ізол}} - 40 > \Theta_{\text{пуск}} + 40$$

За формулою визначаємо температуру нагріву ізоляції під час пуску електродвигуна

$$\Theta_{\text{пуск.}} = \nu \cdot t_{\text{пуск}} \quad (3.31)$$

де  $\nu$  – швидкість нагрівання двигуна,  $\nu = 5,9^\circ\text{C/с}$ .

$$\Theta_{\text{пуск.}} = 5,9 \cdot 0,166 = 0,979^\circ\text{C}$$

Для електродвигунів, у яких висота осі обертання менше 132 мм клас ізоляції – В

$$\Theta_{\text{доп.ізол}} = 130^\circ\text{C}$$

Отже, умова виконується:

$$130 - 40 > 0,979 + 40.$$

### 3.3 . Розрахунок освітлення та вибір освітлювальних установок

Основним нормативним матеріалом для розрахунку освітленості є СНиП.

Для освітлення цеху використовуємо світлодіодні лампи, які мають багато переваг у порівнянні з люмінесцентними лампами та лампами розжарювання: низька вартість, низький попит на якість напруги, надійність та зручність, простота використання.

Методом коефіцієнта використання світлового потоку – проводяться розрахунки освітлення

Розміри приміщення наступні:

довжина  $A = 43$  м;  $S = 559,1$  м<sup>2</sup>;

ширина  $B = 16$  м; висота  $H = 3,8$  м.

Коефіцієнти відбиття:  $\rho_{\text{стелі}} = 30\%$ ;  $\rho_{\text{стін}} = 10\%$ ;  $\rho_{\text{підл.}} = 10\%$ .

Приміщення за характером середовища належить до категорії сирих.

Прийнята система загального рівномірного освітлення і вид освітлення: робоче і зовнішнє. Освітленість горизонтальна на рівні столу і центрів проходів  $E = 75$  лк відповідно до СНиП-II-4-79.

Коефіцієнт запасу  $K = 1,15$ . Коефіцієнт нерівномірності освітлення  $Z = 1,15$ .

Світильники з світлодіодними лампами типу НСП21х200-003-УЗ.

Над робочою поверхнею визначаємо висоту підвісу світильників.

Приймаємо висоту звисання:  $h_{зв} = 0,4$  м, визначаємо розрахункову висоту підвісу світильників за формулою

$$H_p = H - h_{зв} - h_{р.п.} = 3,8 - 0,4 - 1,2 = 2,2 \text{ м} \quad (3.32)$$

де  $H$  – висота приміщення, м;

$h_{р.п.} = 1,2$  м – висота робочої поверхні.

Визначаємо кількість світильників в ряду

$$n_a = A/L, \quad (3.33)$$

де  $A$  – довжина приміщення, м;

$L$  – відстань між світильниками, м.

$$L = \lambda \cdot H_p = (1,4 \dots 1,6) \cdot 2,2 = 3,08 \dots 3,52 \text{ м}, \quad (3.34)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт, який залежить від типу кривої сили світла, для косинусної кривої сили світла типу М-косинуса  $\lambda = (1,4 \dots 1,6)$ .

Приймаємо  $L = 3,2$  м.

Тоді:  $n_a = 43/3,2 = 13,43$  шт.

Приймаємо  $n_a = 14$  шт.

Визначаємо кількість рядів за формулою

$$n_B = B/L = 16/3,2 = 5 \quad (3.35)$$

Визначимо загальну кількість світильників в приміщенні

$$N = n_a \cdot n_B = 14 \cdot 5 = 70 \text{ шт.} \quad (3.36)$$

Вирахуємо світловий потік ламп за формулою:

$$\Phi = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot z}{N \cdot \eta}, \quad (3.37)$$

де  $\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку.

Коефіцієнт використання світлового потоку, коефіцієнти відбиття

$\rho_{стелі}$ ,  $\rho_{стін}$ ,  $\rho_{підл}$  і індексу приміщення залежить від типу світильника.

Індекс приміщення визначаємо за формулою

$$i = \frac{S}{H_p \cdot (A+B)} = \frac{559,1}{2,2 \cdot (43+16)} = 4,31 \quad (3.38)$$

Значення коефіцієнта використання світлового потоку для світильників

НСП21 при  $\rho_{стелі} = 30\%$ ;  $\rho_{стін} = 10\%$ ;  $\rho_{підл} = 10\%$  та  $i = 4,31$  складає  $\eta = 40\%$ . Тоді

$$\Phi = \frac{75 \cdot 559,1 \cdot 1,15 \cdot 1,15}{70 \cdot 40} = 1981 \text{ лм.}$$

НУБІІ | УКРАЇНИ

Приймаємо світлодіодну лампу з світловим потоком  $\Phi_{л} = 2060$  лм типу Т80-23.

Визначаємо фактичну освітленість лампи за формулою

$$E_{\phi} = E \cdot \frac{\Phi_{л}}{\Phi} = 75 \cdot \frac{2060}{1981} = 77,991 \text{ лк} \quad (3.39)$$

Визначимо відхилення фактичної освітленості від нормованої за формулою

$$\Delta E = \frac{E_{\phi} - E}{E} \cdot 100 = \frac{77,991 - 75}{75} \cdot 100 \approx 4\% \quad (3.40)$$

що знаходиться в межах допустимого: -10...+20%.

Визначаємо встановлену і питому потужність освітлювальної мережі за формулою

$$P = P_{л} \cdot N = 23 \cdot 70 = 1610 \text{ Вт}; \quad (3.41)$$

$$P_{\text{вст}} = \frac{P}{S} = \frac{1610}{559,1} = 2,88 \text{ Вт/м}^2 \quad (3.42)$$

Розрахунок освітлення інших приміщень проводимо методом питомої потужності. Результати розрахунків заносимо до табл. 2.3.

НУБІП України

НУБІП України



Таблиця 3.3

Світлотехнічна відомість

Львівська Україна

Львівська Україна

Львівська Україна

Львівська Україна

Львівська Україна

Назва приміщення	Площа, м <sup>2</sup>	Висота, м	Коефіцієнт Г ВІДБИТТЯ			E <sub>нв</sub> ,лк	Коефіцієнт запасу	Світильник		Лампа		
			Стелі	Стін	підлоги			Тип	Кіл. шт	Тип	P, Вт	P <sub>вст.</sub> , Вт
Прим. для санітарного оброблення тварин	12	3,8	30	10	10	50	1,15	НСП21x200-003 -УЗ	4	Т80-23	23	92
Камера для охолодження м'яса	24	3,8	30	10	10	30	1,15	НСП21x200-003 - УЗ	4	Т80-23	23	92
Шприцовочна	24	3,8	30	10	10	50	1,15	НСП21x200-003 - УЗ	6	Т80-23	23	138
Коптильний цех	136,2	3,8	30	10	10	75	1,15	НСП21x200-003 - УЗ	22	Т80-23	23	506
Прим. для обл. персон.	15	3,8	30	10	10	100	1,15	ПВЛМ - 2x40	3	ЛД40	40	240
Санвузол	4,6	3,8	30	10	10	50	1,15	ПВЛМ- 1x40	1	ЛД40	40	40
Інвентарна	14,4	3,8	30	10	10	20	1,15	НСП21x200-003 -УЗ	4	А60-8	8	32
Щитова	9,3	3,8	30	10	10	30	1,15	НСП21x200- 003 - УЗ	2	А60-13	13	26
Венткамера	19,9	3,8	30	10	10	20	1,15	НСП21x200-003 -УЗ	3	А60-13	13	36
Цех забою і оброблення туш	559,1	3,8	30	10	10	75	1,15	НСП21x200-003 - УЗ	70	Т80-23	23	1610
Зовнішнє освітлення	10	3,8	30	10	10	5	1,15	НСП21x200-003 - УЗ	4	А45-5	5	20

# НУБІП України

Для живлення систем освітлення ми використовуємо трифазну мережу змінного струму з напругою 380/220 В із заземленою нейтраллю.

Схема живлення мережі освітлення являє собою трифазна чотирьохпровідна з нульовим проводом. Джерела світла підключаються до мережі паралельно.

3 ~ 50Гц 380/220 В

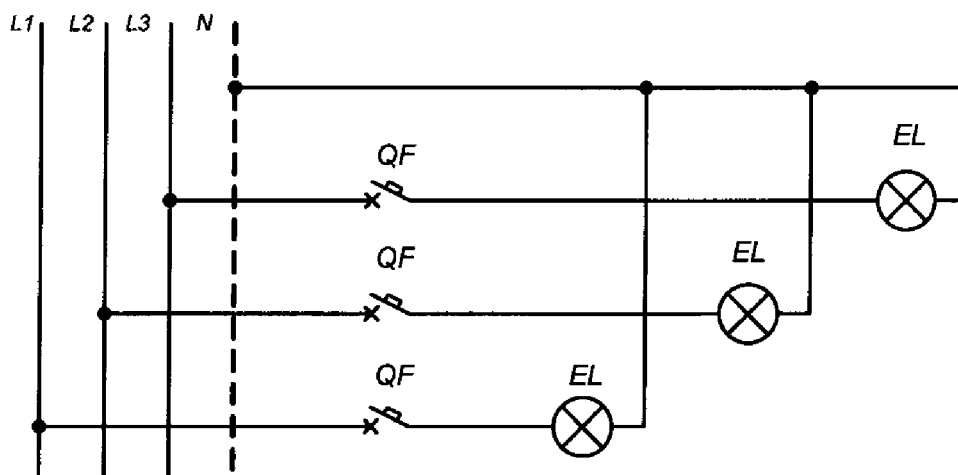


Рис. 3.2. Схема живлення освітлювальної мережі

Беручи до уваги, що в чотирьохпровідній мережі максимально допустима встановлена потужність в групових мережах не повинна перевищувати 8,8 кВт, освітельники поділяються на групи:

Група 1:  $P_1 = 6,3$  кВт;  $I_1 = 28,6$  А;

Група 2:  $P_2 = 5,9$  кВт;  $I_1 = 26,81$  А;

Група 3:  $P_3 = 5,3$  кВт;  $I_1 = 24,09$  А;

Група 4:  $P_4 = 1,54$  кВт;  $I_1 = 7$  А;

Група 5:  $P_5 = 0,16$  кВт;  $I_1 = 0,72$  А.

### 3.4 . Розрахунок опалення і вентиляції

Щоб створити нормальні умови праці при кожені продуктів тваринного походження в цеху, слід забезпечити вентиляцію та нагрівання повітря.

Для розрахунку вентиляції у виробничому цеху швидкість обміну повітря встановлюється на  $k = 4$ .

Визначаємо об'єм приміщення за формулою

$$V = A \cdot B \cdot H + 2 \cdot \left[ \frac{B}{2} \cdot A \cdot h \right] \quad (3.43)$$

де  $h = 2$  м – висота приміщення від стіни до конька будівлі.

$$V = 48 \cdot 18 \cdot 3.8 + 2 \cdot \left[ \frac{18}{2} \cdot 48 \cdot 2 \right] = 5011,2 \text{ м}^3$$

Визначимо годинну продуктивність вентиляції за формулою

$$L_B = k \cdot V = 4 \cdot 5011,2 = 20059,6 \text{ м}^3/\text{год} \quad (3.44)$$

Визначимо необхідний напір вентилятора за формулою

$$H_{\text{дин}} = \frac{v^2}{16,6} = \frac{10^2}{16,6} = 6,02 \text{ кгс/м}^2 = 59,1 \text{ Па} \quad (3.45)$$

де  $v = 10$  м/с швидкість вентиляційного повітря.

$$H_{\text{см}} = \frac{l}{50 \cdot d} + \sum Z \quad (3.46)$$

де  $l = 7$  м – довжина повітропроводу;

$d = 0,302$  м – діаметр повітропроводу;

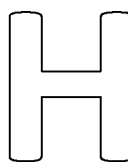
$\sum Z = 4$  кгс/м<sup>2</sup> – втрати напору в переходах і поворотах.

$$H_{\text{см}} = \frac{7}{50 \cdot 0,302} + 4 = 4,9 \text{ кгс/м}^2 = 48,1 \text{ Па}$$

Визначаємо необхідний напір вентиляції за формулою:

$$H = H_{\text{см}} + H_{\text{дин}} = 48,1 + 59,1 = 107,2 \text{ Па} \quad (3.47)$$

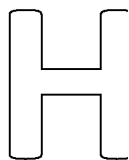
Визначаємо потужність електродвигуна для приводу вентилятора за формулою



$$P_{дв} = \frac{L_v \cdot H}{3600 \cdot \eta_v \cdot \eta_n} \cdot K_3 \cdot 10^{-3} \quad (3.48)$$

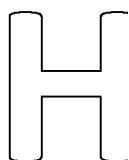
де  $\eta_n = 0,95$  – ККД клинопасової передачі;

$\eta_v = 0,6$  – ККД вентилятора;



$K_3 = 1,5$  – коефіцієнт запасу.

$$P_{дв} = \frac{20059,6 \cdot 107,2}{3600 \cdot 0,6 \cdot 0,95} \cdot 1,5 \cdot 10^{-3} \approx 1,6 \text{ кВт}$$

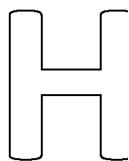


Розрахунок опалення.

Температура:

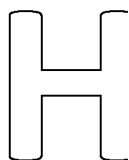
зовнішнього повітря:  $-16^\circ\text{C}$

внутрішнього повітря:  $16^\circ\text{C}$



середня за період опалення:  $-5,5^\circ\text{C}$

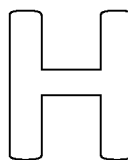
Теплова характеристика приміщення:  $g = 2,5 \text{ кДж/м}^3 \cdot ^\circ\text{C} \cdot \text{год}$



Визначаємо теплову продуктивність системи опалення з рівняння теплового балансу приміщення:

$$Q_{он} = Q_{от} + Q_v - Q_y, \quad (3.49)$$

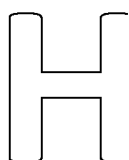
де  $Q_{от}$  – теплові втрати через оточуючу поверхню, кДж/год;



$Q_v$  – теплові втрати з вентиляцією, кДж/год;

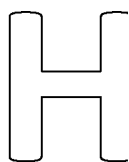
$Q_y$  – тепло, яке виділяється іншими установками, кДж/год.

$$Q_{от} = g \cdot V \cdot (Q_{вн} - Q_3) = 2,5 \cdot 5011,2 \cdot [18 - (-16)] = 425952 \text{ кДж/год}$$



(3.50)

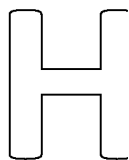
$$Q_v = C_v \cdot \gamma_v \cdot L_v \cdot (Q_{вн} - Q_{сп}) = 1,2 \cdot 1 \cdot 20059,6 \cdot [18 - (-5,5)] = 565681 \text{ кДж/год,} \quad (51)$$



де  $C_v = 1,2 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$  – питома теплоємність повітря;

$\gamma_v = 1 \text{ кг/м}^3$  – густина повітря.

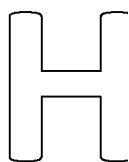
$$Q_y = Q_{d.g} + Q_{x.y.} + Q_{on.} + Q_{c.y.}, \quad (3.52)$$



де  $Q_{on}$  – кількість тепла, яке виділяється опалювальною піччю, кДж/год;

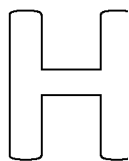
$Q_{xy}$  – кількість тепла, яке виділяється холодильною установкою, кДж/год;

$Q_{д.г}$  – кількість тепла, яке виділяється димовим генератором, кДж/год.



$$Q_{on.} \frac{t_{c1} - t_c \cdot n \cdot (n+1)}{\sum_{i=1}^n R \cdot \lambda_i} = \frac{t_{c1} - t_c \cdot (n+1)}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_i \cdot H} \cdot \ln \frac{d(i+1)}{d_i}} \quad (3.53)$$

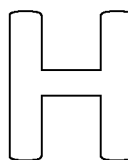
де  $t_{c1} = 1200 \text{ }^\circ\text{C}$  – температура в середині опалювальної печі;



$t_c \cdot (n+1) = 60 \text{ }^\circ\text{C}$  – температура зовнішньої поверхні т печі;

$H = 2000 \text{ мм}$  – висота напівциліндрів;

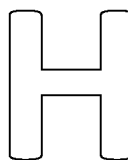
$d_i = 616 \text{ мм}$  – внутрішній діаметр печі;



$d(i+1) = 666 \text{ мм}$  – зовнішній діаметр печі;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·к),  $\lambda_{металу} = 10^2 \text{ Вт/(м} \cdot \text{к)}$ ;  $\lambda_{вогнетр} =$

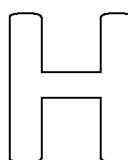
1 Вт/(м·к)

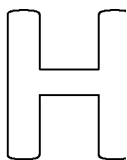


$R \cdot \lambda_i$  – термічний опір окремих слоїв.

$$\frac{d(i+1)}{d_i} = \frac{666}{616} = 1,1 \quad (3.54)$$

При  $\frac{d(i+1)}{d_i} < 1,5 R \cdot \lambda_i$ , цілеспрямовано рахувати по скороченій формулі

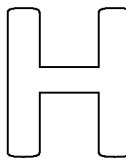




$$R \cdot \lambda_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i \cdot F_i} \quad (3.55)$$

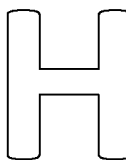
де  $\delta_i$  – товщина стінки, м;  $\delta_{\text{метал}} = 0,003$  м;  $\delta_{\text{вогнеупор}} = 0,005$  м;

$F_i$  – площа стінки, м<sup>2</sup>.



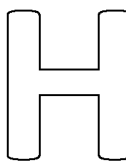
$$R \cdot \lambda_{\text{метал}} = \frac{\delta_m}{\lambda_m \cdot 2 \cdot \pi \cdot \nu \cdot H} = \frac{0,003}{10^2 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,308 \cdot 2} = 7,75 \cdot 10^{-6} \text{ К/Вт} \quad (3.56)$$

$$R \cdot \lambda_{\text{вогнеупор}} = \frac{0,05}{1 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 0,333 \cdot 2} = 0,012 \text{ К/Вт}$$



$$Q_{\text{он.}} = \frac{1200 - 60}{7,75 \cdot 10^{-6} + 0,012} = 94939 \text{ Вт}$$

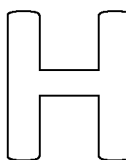
$$Q_{\text{он.}} = 342000 \text{ кДж/год.}$$



Подібні розрахунки були зроблені для димогенератора та холодильної установки.

Кількість тепла, яке виділяється ними становить:

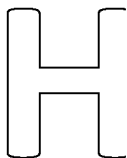
$$Q_{\text{х.у.}} = 31248 \text{ кДж/год.}$$



$$Q_{\text{д.г.}} = 12902 \text{ кДж/год.}$$

Розрахуємо кількість теплоти, яку віддає сушарка, за формулою:

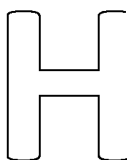
$$Q_{\text{с.у.}} = L \cdot \gamma \cdot C \cdot (Q_{\text{вн}} - Q_3) = 6000 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot (50 - 18) = 249600 \text{ кДж/м}^3, \quad (3.57)$$



де  $L = 6000$  м<sup>3</sup>/год;

$\gamma = 1,3$  кг/м<sup>3</sup> – густина повітря;

$C = 1$  кДж/кг·°С – теплоємність повітря;



$Q_{\text{вн}} = 50$  °С – температура в середині сушильної камери;

$Q_3 = 18 \text{ }^\circ\text{C}$  – температура повітря в середині цеху.

Визначаємо теплопровідність системи опалення:

$$Q_{\text{оп.}} = 425952 + 565681 - 34200 - 12902 - 249600 = 355883 \text{ кДж/год}$$

Для забезпечення мікроклімату приймаємо припливне – витяжні установки ПВУ-9.

Визначаємо кількість установок за формулою:

$$n = \frac{Q_{\text{оп.}}}{P} = \frac{355883}{69200} \approx 5 \text{ шт.} \quad (3.58)$$

де  $P$  – теплова продуктивність вентиляційної установки, кДж/год.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України



Таблиця 3.4.  
Технічна характеристика установки ПВУ-9

Параметри	Один. Вим.	Величина
Об'ємна подача повітря:		
приплив	м <sup>3</sup> /год	9000
витяжка	м <sup>3</sup> /год	8000
Теплова продуктивність	кДж/год	69200
Потужність електродвигуна вентилятора	кВт	2,2
Потужність нагрівників	кВт	19,2
Габарити:		
висота	мм	6850
діаметр	мм	1250
Кількість шахт у комплекті	шт	6
Маса	кг	630

### 3.5. Розрахунок і вибір обладнання для водопостачання цеху

Для забезпечення технологічного процесу потрібне водопостачання.

На технічних характеристиках приладів та потребах базується розрахунок водопостачання

Таблиця 3.5

## Дані для розрахунку водопостачання цеха

Назва споживача	Один. вим.	Кількість, шт	Норма споживання, л	Загальна добова потреба, м <sup>3</sup>
Душовий пристрій ФМП	голів	4	100	0,4
Апарат для чищення м'ясних туш	голів	4	90	0,36
Душ економічний	ц	6	4,5	0,027
Промивка субпродуктів	ц	2	500	1
Дезінфекція робочих місць і інвентарю	л	6	85	0,49
Всього			779,5	2,3

Визначимо розрахункову продуктивність насосу на виробничі потреби:

$$Q_p = \frac{Q_{\text{сер}} \cdot \alpha_d \cdot \alpha_c}{24 \cdot \eta} = \frac{2,3 \cdot 1,3 \cdot 4}{24 \cdot 0,9} = 0,554 \text{ м}^3/\text{год} \quad (3.59)$$

де  $Q_{\text{сер}} = 2,3 \text{ м}^3$  – середні добові затрати води;

$\alpha_d = 1,3$  – коефіцієнт добової нерівномірності споживання води;

$\alpha_c = 4$  – коефіцієнт годинної нерівномірності споживання;

$\eta = 0,9$  – ККД установки.

Розрахункові витрати води на пожежогасіння визначаємо за формулою:

$$g_c = \frac{g_{\text{вод. макс}}}{3600} + g_{\text{пож}} = \frac{554}{3600} + 10 = 10,15 \text{ л/с} \quad (3.60)$$

де  $g_{\text{пож}} = 10 \text{ л/с}$  – витрати води на пожежогасіння при III ступені вогнестійкості, категорії виробництва по пожежній небезпеці «Г» і об'ємі будівлі  $5011,2 \text{ м}^3$ .

Ми приймаємо водопостачання цеху від загальної водопровідної мережі.

### 3.6. Вибір апаратури керування і захисту

Вибір апаратів керування і захисту базується на номінальних даних споживача, напрузі мережі, типі струму, кількості контактів, їх комутаційній здатності, частоті комутації, захисті від впливів навколишнього середовища та категорії розташування.

Для захисту від коротких замикань і перевантажень ми обираємо автоматичний вимикач на прикладі електродвигуна в димогенераторі.

Оскільки установка має два електродвигуни, при виборі слід враховувати параметри обох двигунів.

АИР71А4СУЗ

АИР63В4СУЗ

$P_H = 0,55$  кВт

$P_H = 0,37$  кВт

$I_H = 1,69$  А

$I_H = 1,18$  А

$K_i = 5$

$K_i = 5$

Вибираємо автоматичний вимикач Schneider Electric IC60N 3P 25A C, який задовольняє виконання наступних умов:

$$1. \quad U_{H.авт.} \geq U_{мер}; \quad 380В = 380В; \quad (3.61)$$

$$2. \quad I_{H.авт.} \geq \sum I_{H.дв}; \quad 25 А \geq 1,69 + 1,18 = 2,87А; \quad (3.62)$$

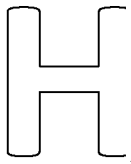
$$3. \quad I_{H.р.} \geq \sum I_{H.дв}; \quad 4А \geq 2,87А; \quad (3.63)$$

$$4. \quad I_{відс.} \geq K_z \cdot K_{p.y} \cdot K_{p.c} \cdot K_i \cdot I_H \quad (3.64)$$

$$I_{відс.} = 14 \cdot I_{H.р.} = 14 \cdot 4 = 56 А \quad (3.65)$$

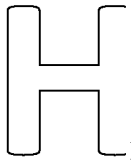
$$56 А \geq 1,1 \cdot 1,25 \cdot 1,2 \cdot 5 \cdot 2,87 = 23,67 А$$

Отже, умова виконується.



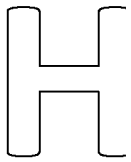
1. 3-х полюсний – за кількістю полюсів.

2. Електромагнітний розчіплювач – за видом розчіплювача максимального струму.



3. Без допоміжних розчіплювачів та вільних контактів.

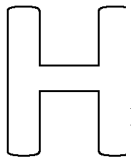
4. Ручний привід стаціонарне виконання – за видом та способом встановлення вимикача .



5. За наявністю допоміжних механізмів – без допоміжних механізмів.

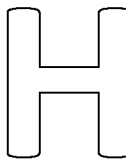
6. За ступенем захисту оболонки – IP20;

7. За кліматичним виконанням та категорією розміщення – УХЛЗ.



Для автоматичного керування електродвигунами вибираємо електромагнітні пускачі марки ПМЛ-1200О2Б-2 шт., які задовольняють виконання наступних умов:

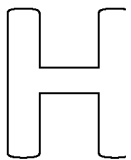
$$1. U_{\text{пус.ном}} \geq U_{\text{мер.ном}}; 380 \text{ В} = 380 \text{ В}, \quad (3.66)$$



де  $U_{\text{пус.ном}}$  – номінальна напруга електромагнітного пускача, В;

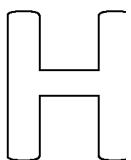
$$2. I_{\text{ном.р}} \geq I_{\text{дв.ном}}; 10 \text{ А} > 1,69 \text{ А}, \quad (3.67)$$

де  $I_{\text{ном.р}}$  – номінальний робочий струм пускача, А;



$$3. I_{\text{ном.р}} \geq I_{\text{дв.пус}}/6; 10 \text{ А} \geq 8,45/6 = 1,4 \text{ А}, \quad (3.68)$$

$$\text{де } I_{\text{дв.пус}} = K_i I_{\text{дв.ном}} = 5 * 1,69 = 8,45 \text{ А} – \text{пусковий струм двигуна, А}; \quad (3.69)$$

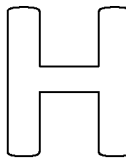


$K_i$  – кратність пускового струму двигуна.

Умова виконується.

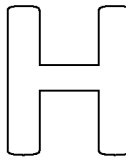


$$4. U_{\text{кот}} = U_{\text{кола-кер.}}; 220 \text{ В} - 220 \text{ В} \quad (3.70)$$



5. За призначенням та наявністю теплового реле – нереверсивний без теплового реле.

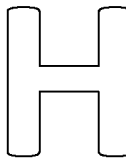
6. Виконання за ступенем захисту, наявністю кнопок, сигнальних ламп



– IP00, без кнопок.

7. Кількість допоміжних контактів і вид струму втягувальної котушки – 1з, змінний.

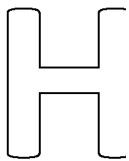
8. Кліматичне виконання – О.



9. Категорія розміщення – 2.

10. За класом стійкості проти спрацювання – Б.

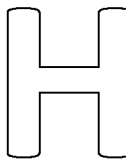
Для захисту електродвигунів від струмів перевантаження вибираємо



теплові реле за умовою:

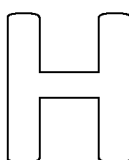
$$I_{\text{н.несп.}} \geq I_{\text{н.дв.}} \quad (3.71)$$

де  $I_{\text{н.несп}}$  – діапазон регулювання номінальної сили струму не спрацювання реле, А



Отже, для захисту двигуна АИР71А4СУЗ вибираємо теплове реле РТЛ - 1007 - 04, у якого  $I_{\text{н.несп.}} = 1,5 - 2,6 \text{ А} \geq I_{\text{н.дв.}} = 1,69 \text{ А}$ ; а для АИР63В4СУЗ - РТЛ - 1006 -04, у якого  $I_{\text{н.несп.}} = 0,95 - 1,6 \text{ А} \geq I_{\text{н.дв.}} = 1,18 \text{ А}$ .

Для керування двигунами установки вибираємо двофідерний ящик керування марки Я5124 - 2074А - 21УХЛ4 - 22А з одним загальним автоматичним вимикачем на обидва фідери ВА51Р25-32001030УХЛЗ; двома магнітними пускачами марки ПМЛ-1200О2Б, двома тепловими реле марок РТЛ-1007-04; РТЛ -1006-04; шістьма кнопками керування КЕ011УЗ («Стоп» – 2 шт.; «Вперед» – 2 шт.; «Назад» – 2 шт.); двома сигнальними лампами:



НУБІП УКРАЇНИ

АС44023У2 («Вимкнено», зелений колір); АС44021У2 («Вимкнено», червоний колір). Ступінь захисту болонки IP21 згідно ГОСТ 14254-96.

### 3.7. Розрахунок силових і освітлювальних електропроводок, вибір розподільчого пункту (РП)

Для розподілу електроенергії серед виробничих приміщень використовуються розподільні пункти та силові шафи. Цех живиться від лінії 0,38 кВ до розподільних пунктів серії РР-1К.

Від напруги мережі, максимально допустимого струму, умов навколишнього середовища та типу застосування залежить вибір кабелю.

Переріз проводів і кабелів вибираємо за умовою

$$I_{\text{трив.доп.}} \geq I_{\text{мах.роб}} \quad (3.72)$$

де  $I_{\text{трив.доп}}$  – тривало допустимий струм за умовами нагріву, А;  $I_{\text{мах.роб}}$  – максимальний робочий струм установки, А.

Проведемо розрахунок силової проводки на прикладі привода фіксуючого конвеєра ФКПФ.

Дані електродвигуна АИР112МА6СУ3:  $P_{\text{н}} = 3$  кВт,  $I_{\text{н}} = 7,1$  А.

Вибираємо провід марки АПВ4 (1 х 2,5), тривало допустимий струм якого  $I_{\text{трив.доп}} = 19$  А  $>$   $I_{\text{н.дв}} = 7,1$  А. Провід прокладаємо в трубі, діаметр якої визначаємо за формулою:

$$d_{\text{ТР}} = d_{\text{ПР}} \cdot \sqrt{\frac{n}{K_3}} = 5,3 \cdot \sqrt{\frac{4}{0,5}} = 14,9 \text{ мм} \quad (3.73)$$

де  $d_{\text{ПР}} = 5,3$  мм – діаметр проводу з ізоляцією;

$n = 4$  – кількість проводів, шт;

$K_3 = 0,5$  – коефіцієнт заповнення.

Приймаємо стандартну трубу Т 15.

Аналогічно вибираємо проводку для інших установок.

У виробничих приміщеннях, у всіх випадках, коли умови експлуатації підйомних механізмів або особливі умови технології виробництва не заважають, проводку до споживачів підводять зверху. Тому допустимо виконання проводки для освітлення на тросах.

Переріз проводів освітлювальної мережі вибирається із умови нагрівання проводів і достатньої механічної міцності з наступною перевіркою на втрати напруги:

$$I_{\text{трив.доп.}} \geq I_{\text{роб}} \quad (3.74)$$

Робочий струм групи визначаємо на прикладі 1 - ої групи за формулою:

$$I_{\text{роб}} = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{6,3}{\sqrt{3} \cdot 380} = 9,6 \text{ А} \quad (3.75)$$

Вибираємо провід марки АПВ4(1х 2,5), прокладка на тросу,

$$I_{\text{трив.доп.}} = 24 \text{ А} > I_{\text{роб}} = 9,6 \text{ А.}$$

Перевіримо на втрати напруги освітлювальну мережу.

Всі освітлювальні мережі перевіряються на втрати напруги, відповідно до ПУЕ втрати напруги в освітлювальних мережах не повинні перевищувати

$$\Delta U \leq 2,5\% \quad (3.76)$$

За формулою визначаємо втрати напруги:

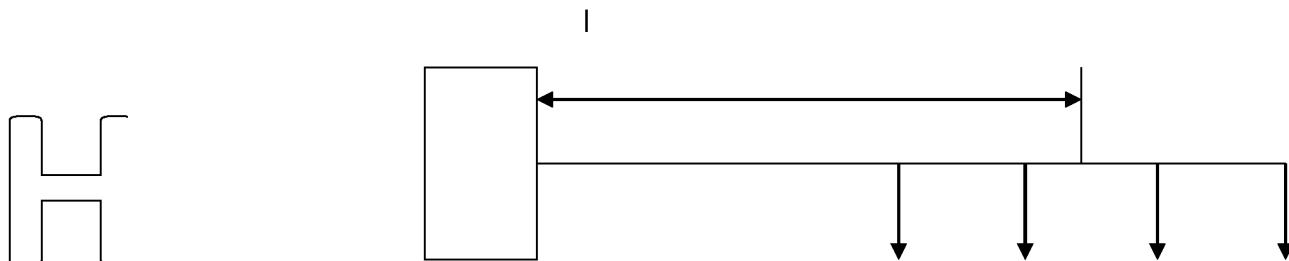
$$\Delta U \% = \frac{\sum P \cdot l}{C \cdot S} \quad (3.77)$$

де  $S = 2,5 \text{ мм}^2$  – переріз проводу;

$\sum P = 6,3 \text{ кВт}$  – сумарна електрична потужність групи;

$l = 23 \text{ м}$  – довжина ділянки освітлювальної мережі до місця прикладання сумарної потужності;

$C = 77$  – коефіцієнт, який залежить від схеми живлення, напруги мережі матеріалу проводів.



К

Рис. 3.3. До розрахунку втрати напруги в освітлювальній мережі

$$\Delta U\% = \frac{6,3 \cdot 23}{77 \cdot 2,5} = 0,75\%$$

К

Отже, втрата лінійної напруги становить 0,75%, що набагато менше допустимих втрат, заявлених ПУЭ.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України



## РОЗДІЛ 4

## ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ДЕТАЛЬНА РОЗРОБКА УСТАНОВКИ

## 4.1 Моделювання процесу електрокопчення

Дослідження основних закономірностей впливу електростатичного поля на кінетику процесу осадження частинок диму проводили на моделі у вигляді листа, який з одного боку має металеве покриття, і паперу на іншого. Така модель дає змогу з достатньою мірою адекватності аналізувати процеси, що відбуваються в процесі копчення м'ясних продуктів. Фольговане покриття виконує роль провідника, який діє як м'ясний сік у самому продукті і в той же час не випаровується як волога з продукту, що дозволяє контролювати інтенсивність осадження частинок диму на поверхню моделі за допомогою вагового методу.

Як об'єкт дослідження використовували коптильну шафу, до якої під'єднували джерело живлення високої напруги для отримання електростатичного поля. Один полюс живлення з'єднувалася з каркасом шафи, інша - з ізолюваною від корпусу рамою для підвіски виробу.

Фольга була підвішена в різних положеннях. У першому положенні фольга підвішувалася в розгорнутому стані. У другому лист скручувався в циліндр паперовою частиною назовні. У третьому — лист скручували в циліндр металевією частиною назовні.

У першому випадку копчення проводилося без використання електростатичного поля. Порядок проведення експерименту наступний. При підключенні коптильної камери до електромережі регулятор димогенератора встановлюється на максимальне положення. Після досягнення температури 60°C тріску завантажували в димогенератор коптильні і лист, попередньо зважений на аналітичних вагах, підвішували. Потім камеру нагрівали до = 750°C протягом 10 хвилин і процес продовжували протягом 30 хвилин. Після завершення процесу копчення лист повторно зважували та записували результати.

У другому випадку процес копчення здійснювався за допомогою електростатичного поля. Порядок проведення досліду аналогічний першому, але з включеним джерелом живлення генератора електростатичного поля та подачею напруги в коптильну камеру за допомогою автотрансформатора.

Усі експериментальні дослідження проводили в трьох повторах.

Обробку результатів проводили за стандартною методикою.

За отриманими результатами були побудовані графіки.

На рисунку 4.1 показано, що найкращий ефект досягається, коли аркуш розпрямлений (рис. 4.1, А) і паперовою частиною назовні (рис. 4.1, Б). Це пояснюється тим, що заряджені частинки диму, які знаходяться в електричному полі, яке утворюється між електродом (листом) і кожухом коптильної камери, прискорюються за рахунок сили дії на заряджену частинку в електричному полі і наближаються до лист. Частинка утримується на паперовій поверхні аркуша силою відбиття і силою, що діє на заряджену частинку з боку поля. Найгірший результат, отриманий при підвішуванні листа у вигляді циліндра металеву частинною назовні (рис. 4.1, В), пояснюється тим, що заряджена частинка, яка осіла на поверхню, швидко втрачає заряд, стікаючи вниз. лист. Потім він отримує заряд з відповідним ухилом від листа і штовхає його назад.

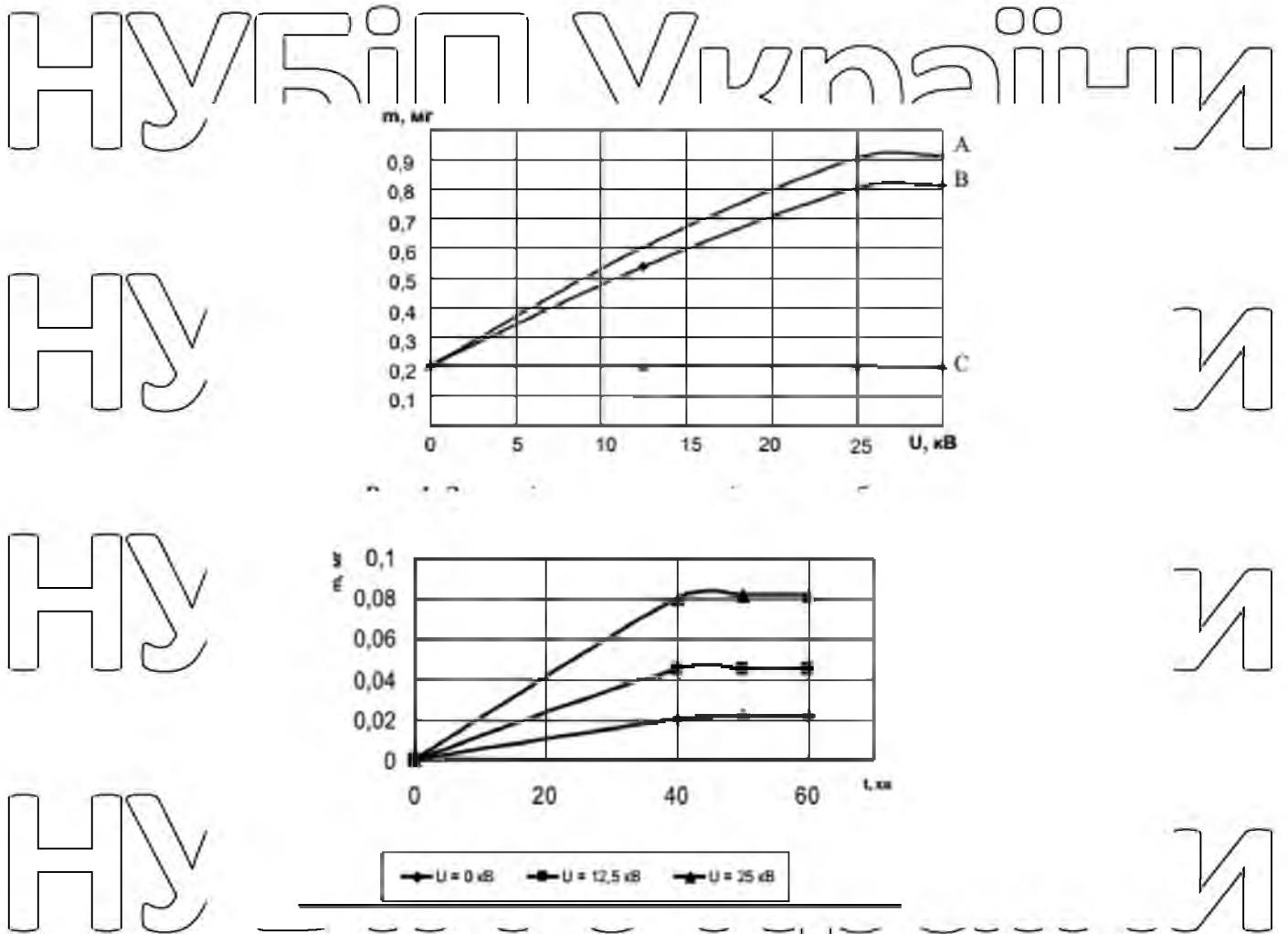


Рис. 4.1. Експериментальні графіки

Після проведення експерименту та побудови графіків було проаналізовано результат взаємодії частинок диму з електричним полем. Він показав, що для розробки математичної моделі кінетики осадження частинок диму в електростатичному полі та методу розрахунку електростатичного димогенератора необхідно використовувати такі системи.

Вплив середовища (повітря) на швидкість руху частинок диму визначається їх механічною рухомістю

$$V_p' = \frac{1}{6\pi\eta r_p}$$

де  $\eta$  - динамічний коефіцієнт в'язкості газу, дорівнює для повітря  $1,89 \cdot 10^{-5}$  кг/м сек)

$r_p$  - радіус частки, м.

Максимальний заряд отриманої частки в електричному полі

$$q_{p,max}^1 = 4\pi\epsilon^* \frac{3\epsilon_{cp}}{\epsilon_p + 2} E_{зовн} r_p^2,$$

де  $\epsilon_{cp}$  - відносна електрична проникність середовища, Ф/м;

$\epsilon^*$  - електрична проникність вакууму, Ф/м;

$\epsilon_p$  - відносна електрична проникність частки, Ф/м;

$E_{зовн}$  - напруженість електричного поля на місці знаходження частки,

В/м.

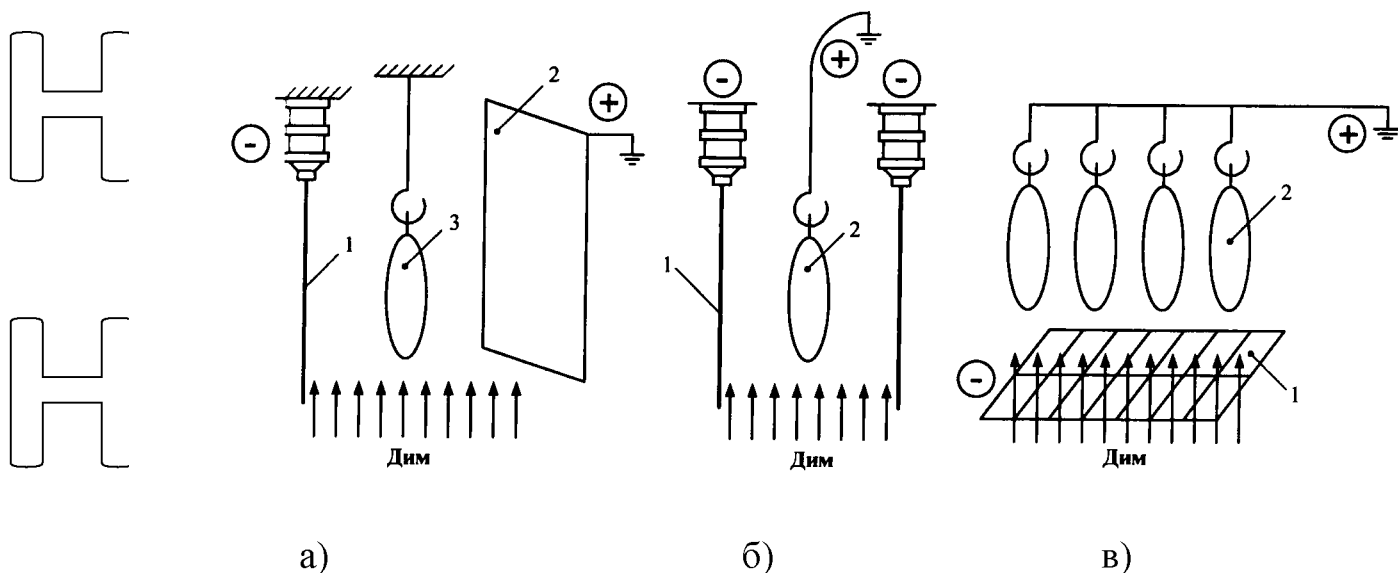
Швидкість дрейфу поляризованих аерозольних часток

$$v_{p,зоп}^* = B_p^* q_{p,max}^* \times E_{зовн}.$$

#### 4.2 Розробка і дослідження електростатичної копильні

Для електростатичного копчення використовується процес електронізації, суть якого полягає в електрофоретичному осадженні компонентів диму на м'ясних продуктах.

Електрокопчення із середньою щільністю диму відбувається дуже швидко (2-5 хвилин). Проте продукт не висихає, що ускладнює порівняння з традиційним термічним копченням. Додаткове сушіння продукту може призвести до порівняльних результатів.



1 – коронуєчий електрод; 2 – пасивний електрод; 3 – продукт.

Рис. 4.2. Технологічна схема електростатичної копилки:

а) продукт поміщений в нерівномірне поле;

б) продукт виконує роль пасивного роду;

в) з попередньою іонізацією копильного реагенту.

Для стабілізації самоіонізації, наприклад, між дротом і плоскою пластиною створюється нерівномірне поле (рис. 4.2., А). Тоді електростатичне поле зверху виникає нерівномірно, практично незалежно від розміру виробу. Коронуєчий електрод (активний) і позитивно заряджена пластина (пасивний електрод) створюють неоднорідне електричне поле. Завдяки максимальній напруженості електричного поля активний електрод створює коронний розряд, в зоні якого інтенсивно іонізуються принесені знизу компоненти диму. Для коронного розряду вибирають негативний електрод, тому що рухливість негативних іонів більша, ніж позитивних. Іони, що утворюються в зоні корони, поглинаються частинками диму і надають їм заряд, під впливом якого вони отримують спрямований рух в електричному полі. В результаті заряджені частинки осідають на поверхні продукту при

контакти. Заряджені компоненти диму можуть притягувати інертні елементи під час руху, що особливо важливо у випадку по суті неіонізованої газової фази.

При роботі за схемою (б) виріб служить пасивним електродом, а розрядні електроди розміщені з обох боків виробу. У цьому випадку електростатичне поле не є стабільно нерівномірним, що може призвести до перевернутої корони та утворення темних країв надлишку диму на гострих кутах виробу.

Широко використовується схема попередньої іонізації диму (рис. 4.2, в). Дим, який проходить через іонізаційну сітку (наприклад, з тонких дротів), іонізується і потім осідає на продукті.

Фізична схема процесу електрокопчення елементарна: під дією електростатичних сил компоненти диму осідають на поверхні продукту, а потім проникають усередину за законами дифузії. Через високу концентрацію димоутворюючих речовин на поверхні висока швидкість її подальшої дифузії. При вазі виробу приблизно 4,5 кг виріб залишається в зоні електричного опіку 3-4 хвилини.

Розрахунок пристрою для електростатичного копчення м'ясних продуктів.

Продуктивність  $G$  (кг/с) установки по зоні електричного копчення визначається за формулою

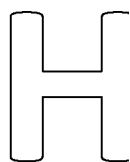
$$G = \frac{g \cdot n \cdot v}{6} \quad (4.85)$$

де  $g = 4,5$  кг – маса одиниці продукції;

$n = 1$  – кількість одиниць продукції, розміщеної на одній ковбасній полиці (крюкові);

$v = 0,5$  м – відстань між крюками або полицями;

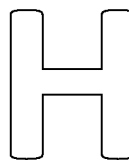
$v$  – швидкість руху конвеєрного ланцюга, м/с.



$$v = \frac{L_e}{Q} = \frac{0,6}{240} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м/с} \quad (4.86)$$

де  $L_e = 0,6$  м – довжина коронуючих електродів (активна довжина);

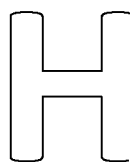
$Q = 240$  с – тривалість процесу.



Отже,

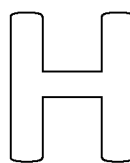
$$G = \frac{4,5 \cdot 2,5 \cdot 10^{-3}}{0,5} = 0,0225 \text{ кг/с}$$

Робочу довжину конвеєрного ланцюга визначаємо за рівнянням виходячи із заданої продуктивності



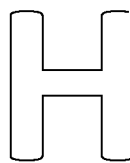
$$L_p = \frac{G \cdot b \cdot Q}{q \cdot n} = \frac{0,0225 \cdot 0,5 \cdot 240}{4,5 \cdot 1} = 0,6 \text{ м} \quad (4.87)$$

Діаметром  $0,2$  мм з ніхромового дроту виготовляються коронуючі електроди. За умови вертикального розміщення на рамі електродів, при відстані між ними  $S$  і при ширині рами  $B$ , кількість коронуючих електродів на одній рамі:  $B = 0,6$  м;  $S = 0,05$  м.

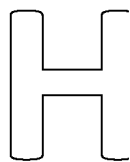


$$Z = \frac{B}{S} + 1 = \frac{0,6}{0,05} + 1 = 13 \quad (4.88)$$

Виходячи з активної довжини конвеєрного ланцюга визначаємо кількість рам  $m$  (коронуючий електрод)



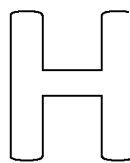
$$m = \frac{L_p}{L_e} = \frac{0,6}{0,6} = 1 \quad (4.89)$$

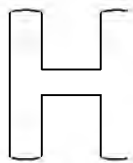


Довжина коронуючих електродів на рамі при кількості електродів  $Z=13$

$$L_0 = H \cdot Z \cdot m = 0,6 \cdot 13 \cdot 1 = 7,8 \text{ м} \quad (4.90)$$

За формулою Піка визначаємо початкову напруженість коронного розряду

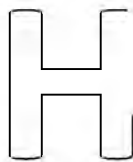




$$E_0 = 30,3 \cdot 10^5 \cdot 1,8 \cdot \left[ 1 + \frac{0,0298}{\sqrt{1,8 \cdot 1 \cdot 10^{-4}}} \right] = 1756824,32 \text{ В/м}$$

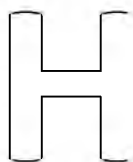
За формулою визначаємо початкову напругу коронного розряду

$$U_0 = E_0 \cdot r_0 \cdot A, \quad (4.91)$$



де  $A$  – функція геометричних параметрів даної системи електродів.

Як зображено на рис. 4.2.2, для системи електродів, які створюють поле коронного розряду, вираз для функцій геометричних параметрів має вигляд:



$$A = \frac{2 \cdot \pi \cdot h}{d} - \ln \left[ \frac{2 \cdot \pi \cdot r_0}{d} \right] \quad (4.92)$$

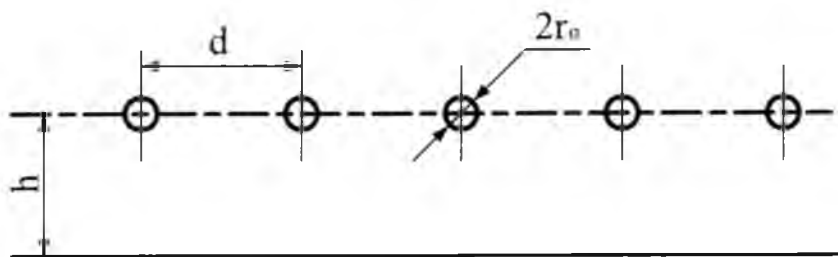
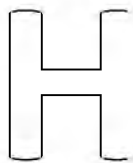
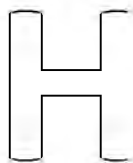
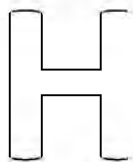


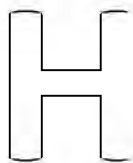
Рис. 4.2.2. Система електродів електричної копильної



$$h = 0,6 \text{ м}; d = 0,05 \text{ м}$$



$$\lg B \begin{cases} 0,55 \cdot [0,8 - \frac{h}{d}] \text{ при } 0,75 \leq \frac{h}{d} \leq 5 \\ -0,1285 \cdot \frac{h}{d} - 1,655 \text{ при } 5 \leq \frac{h}{d} \leq 14 \end{cases} \quad C \begin{cases} 1,7 \text{ при } 0,75 \leq \frac{h}{d} \leq 2 \\ 1,8 \text{ при } 2 \leq \frac{h}{d} \leq 14 \end{cases} \quad (4.93)$$



$$G = \frac{2 \cdot \pi \cdot B}{d^2} \cdot \left( \frac{U_0}{A} \right)^{2-C} \cdot (U - U_0)^C \quad (4.94)$$

де  $U = 50000 \text{ В}$  – робоча напруга установки.



Н

$$A = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,6}{0,05} - \ln \left( \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 10^{-4}}{0,005} \right) = 79,5$$

$$U_0 = 1756821132 \cdot 1 \cdot 10^{-4} \cdot 79,8 = 140197 \text{ В}$$

НУБІП України

При  $\frac{h}{d} = 12$ :  $\frac{h}{d} = \frac{0,6}{0,05} = 12$

НУБІП України

$\text{Lg } B = -0,1285 \cdot 12 - 1,655 = -1,81$   
 $B = 0,016$   
 $C = 1,8$

НУБІП України

$G = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,016}{0,05^2} \cdot \left( \frac{140197}{79,8} \right)^{2 \cdot 1,8} (50000 - 140197)^{1,8} = 1,79 \cdot 10^{10} \frac{\text{В}^2}{\text{м}^2}$

Визначимо питому силу струму, яка споживається 1 метром коронуючого електроду

НУБІП України

$i = \epsilon_0 U_n^- G$  (4.95)

де  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Ф/м}$  – електрична стала;

НУБІП України

$U_n^- = 0,0187 \frac{\text{М}^2}{\text{В} \cdot \text{с}}$  – рухомість від'ємних іонів.

$G$  – функція напруги і геометричних параметрів даної системи електродів,  $\text{В}^2/\text{м}^2$ .

$$i = 8,85 \cdot 10^{-12} \cdot 0,0187 \cdot 1,79 \cdot 10^{10} = 2,96 \cdot 10^{-3} \text{ А/м.}$$

НУБІП України

При стаціонарному режимі копчення, виходячи з сумарної довжини коронуючих електродів  $L_0$ , можна визначити споживану потужність  $N$  (кВА) на електричне копчення:

$$N = \frac{L \cdot U}{1000} = \frac{0,0231 \cdot 50000}{1000} = 1,1544 \text{ кВА}, \quad (4.96)$$

$$\text{де } I = i \cdot L_0 = 2,96 \cdot 10^{-3} \cdot 7,8 = 0,0231 \text{ А}$$

Потужність, яка споживається високовольтною випрямляючою установкою

$$N_p = \frac{N}{\eta} = \frac{1,1544}{0,95} = 1,22 \text{ кВА}, \quad (4.97)$$

де  $\eta = 0,95$  – ККД високовольтної випрямляючої установки.

Ефективність горизонтального конвеєра в зоні електричного копчення під безпосереднім впливом системи електричного копчення визначається по формулі

$$G = \frac{q \cdot l}{a \cdot Q} = \frac{4,5 \cdot 0,6}{0,3 \cdot 240} = 0,0375 \text{ кг/с}, \quad (4.98)$$

де  $l = 0,6$  м – активна довжина коронуючих електродів;

$a = (0,1 \dots 0,3)$  м – відстань між одиницями продукції по горизонталі.

При відомій продуктивності робоча довжина горизонтального конвеєра визначається за формулою:

$$L_p = \frac{G \cdot a \cdot Q}{q} = \frac{0,0375 \cdot 0,3 \cdot 240}{4,5} = 0,6 \text{ м} \quad (4.99)$$

### 4.3 Опис принципової електричної схеми, обґрунтування параметрів і режимів роботи електростатичної копилки

Генератор високої напруги, схема множення напруги, генератор напруги кенотронної нитки, джерело живлення є основними частинами джерела високої напруги постійного струму.

Високовольтний генератор виготовляється за схемою з індуктивним зворотним зв'язком та автоматичним перемиканням в ланцюзі мережі на двох тетрах 6П13С (VL4, VL5).

Частота генератора становить 54 кГц і визначається навантаженням, що складається з індуктивності L2 та вхідної ємності схеми множення. Периметричні опори анодної мережі представлені як антипаразитарні. Блокуючими елементами в анодному ланцюзі є дросель L10 і конденсатор C5.

Синусоїдальна напруга, отримана в ланцюзі генератора L1, C9, піднімається в навантаженні (L2) до напруги 15 кВ (пікова). Ця напруга регулюється перемикачем SA1 шляхом вимірювання напруги на екрані ламп генератора.

Схема множника напруги складається з чотирьох кенотронів високої напруги Ц7С (VL 7 - VL10) і являє собою єдиний чотирикратний ланцюг управління напругою.

Працюючи системою, постійне напруга з негативною полярністю від 5 до 50 кВ береться від послідовного підключення конденсаторів C1 7, C18, C21, C22.

Захисні опори КЗВ5 (R27, R28) є на виході мультиплікатора, які обмежують потік струму через виріб у разі короткого замикання на виході.

Генератор кенотронного світіння встановлений на нульовому тетроді 6П13С (VL6) за схемою, подібною до генератора високої напруги. Частота генератора становить 140 кГц. Навантаження складається з чотирьох котушок розжарювання L6 - L9, які охоплюють контур генератора. Котушки

індукують високочастотну змінну напругу 1,3 В, яка рухає світінням кенотронів.

За допомогою потенціометра R30, шляхом зміни натягу екрана, регулюється натяг нитки розжарювання.

З двох випрямлячів складається блок живлення. Випрямляч №1 побудований за схемою двох з половиною хвиль на двох кенотронах 5Ц4С (VL1, VL2), які повинні живити генератор високої напруги.

Випрямляч №2 виготовлений за двоцикловою схемою 6Ц4П (VL3) кенотрон, який подає струм до генератора світіння кенотрон. Ці обмотки трансформатора показані на рисунку 4.3.

Пристрій встановлено на дерев'яному корпусі. На передній панелі корпусу є індикаторна лампа, тумблер для прийому електромережі та тримач для регулятора напруги. До обох бічних стінок кріпляться вентиляційні решітки. Високовольтний кабель підключений до розрядного електрода і підключений до верхньої частини правої бічної стінки пристрою. У нижній частині пристрою є вимикач живлення з запобіжниками та розетка для підключення шнура живлення.

Внутрішня структура пристрою розділена на три частини. Випрямляч знаходиться у нижній частині конструкції. Перехідний чіп з'єднує його з центральною секцією, де розміщені кенотронний генератор розжарення та генератор високої напруги..

Контур генератора розжарення і мультиплікатор розташовані у верхній частині пристрою. Також є захисні смуги в дологовій трубі.

Крім того, існують пристрої для контролю та регулювання густини диму, а також для контролю та регулювання температури та інтенсивності диму.

У прямокутній камері електричного блоку через жалюзі знизу ведеться дим. Електроди високої напруги встановлені таким чином, щоб при необхідності їх можна було заземлити. Це може працювати на двох схемах електричного копчення (а та б), перелічених у розділі 4.2. Електроди прикріплені до високовольтних ізоляторів, які розташовані в захисних камерах і запобігають осіданню диму на поверхні ізоляторів.

Блок подачі диму містить фракціонований димгенератор із сепаратором для очищення диму від незгорілих шматків деревини. Частина зважених речовин збирається в попільниці, а дим із димоходу надходить у заспокійливу камеру.

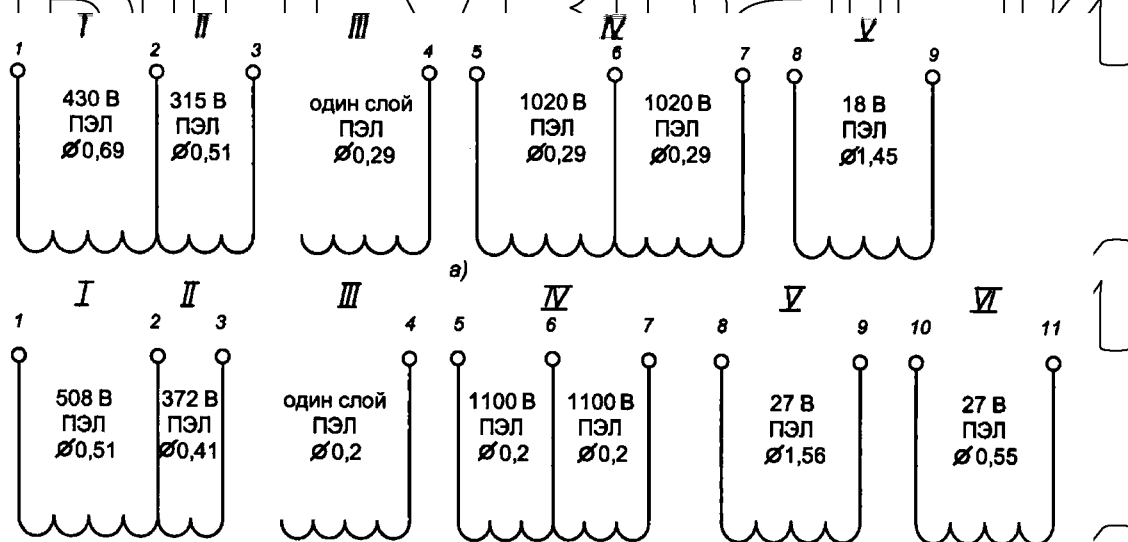


Рис. 4.3. Намотувальні дані трансформаторів.

а) трансформатор №1, матеріал осердя – залізо УШБ – 35, товщина – 0,35 мм, сталь Э4А, товщина пакету – 45 мм;

б) трансформатор №2, матеріал осердя – залізо УШБ – 30, товщина – 0,35 мм, сталь Э4А, товщина пакету – 45 мм

## РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1 Аналіз стану охорони праці на підприємстві

Безпосереднє керівництво розробкою та впровадженням заходів з охорони праці та контроль за дотриманням законодавства про працю покладено на інженера з охорони праці та провідних спеціалістів.

На підприємстві, з метою підвищення рівня охорони праці, було вжито та здійснено такі заходи:

1. Організація роботи з впровадження здорових та безпечних умов праці, запобігання професійним захворюванням, виробничим аваріям, пожежам та нещасним випадкам на підприємстві (інженер з охорони праці);

2. Навчати працівників безпеці праці, проводити різні навчальні курси, курси підвищення кваліфікації;

3. Підтримка кабінету охорони праці в належному стані та доповнення спеціальною літературою, етєндами, плакатами тощо;

4. Ведення документів з питань охорони праці: реєстраційні протоколи, виставлення рахунків за захисне обладнання, виставлення рахунків на замовлення та розпорядження тощо;

5. Наявність плакатів та знаків безпеки, аптечок, засобів пожежогасіння (вогнегасників, пожежних знаків, резервуарів для води) у всіх приміщеннях;

6. Забезпечити для персоналу засобів захисту органів дихання та комбінезони.

### 5.2 Безпека системи проектування.

5.2.1. Визначення виробничих категорій, приміщень та класів виробничих зон.

Приміщення для переробки продуктів тваринного походження в районі з відносною вологістю більше 75%. Вибухонебезпека відноситься до категорії районів підвищеного ризику - категорії D, через ризик ураження електричним струмом. За даними ПУЕ, приміщення категорії D не поділяються на вибухозахищені та протипожежні зони.

Коптильний цех за СН 245-71 відноситься до санітарного класу II, ширина санітарної зони становить 500 м.

### 5.2.2. Ідентифікація потенційно небезпечних частин електричних систем.

Непровідні частини, які можуть стати під напругою через несправність ізоляції належать до потенційно небезпечних частин електричних систем. Ці частини електроустановок підлягають захисному заземленню або заземлення в мережах напругою до 1000 В із заземленим нульовим проводом.

Деякі типи електричного обладнання мають потенційно небезпечні деталі:

1. Металеві корпуси трансформаторів (включаючи зварені) та інші електричні навантаження, крім тих, що мають подвійну ізоляцію або низьку напругу, які також з'єднані ізолюючим трансформатором або автоматичним вимикачем;

2. вторинні обмотки трансформаторів;

3. Рами та приводи для вимикачів та інших комутаційних пристроїв;

4. Рами шаф управління, шафи з електрообладнанням (знімні або відкриваються, частини розподільних щитів і шаф повинні бути заземлені окремим гнучким проводом або нульовим проводом, якщо вони оснащені електричною напругою більше 42 В змінного струму або 110 В постійного струму);

5. Металеві оболонки та броня для кабелів та проводів;

6. Сталеві труби для електропроводки;

7. Кабель в кабельному кабелі;

8. шини, коробки та металеві лотки;

9. електрообладнання, встановлене на рухомих частинах машини і відокремлене від рами шаром масла;

10. Металеві конструкції, пов'язані з монтажем електричних приладів.

5.2.3. Визначення шкідливих та небезпечних виробничих факторів.

На такі групи залежно від виду діяльності: фізичні, хімічні, біологічні, поділяються небезпечно-шкідливі виробничі фактори.

Беручи до уваги всі особливості складу та його відокремлених підрозділів щодо пожежної, вибухової та електробезпеки, можна зробити висновок, що всі шкідливі виробничі фактори на складі є суто фізичними, зокрема:

1. висока температура поверхні приладів та матеріалів;

2. машини і механізми;

3. висока температура на робочому місці;

4. висока вологість;

5. підвищена напруга в колі, яка може спричинити коротке замикання в організмі людини;

6. збільшення іонізуючого випромінювання на робочому місці.

**5.3 Заходи щодо забезпечення належних умов праці.**

За результатами проектного визначення об'єкта проекту ми визначаємо рівень складності роботи персоналу - категорії II b (середньоважка фізична



робота). Умови роботи в цеху залежать від рівня умов електробезпеки з високим ризиком ураження електричним струмом.

Згідно до ГОСТ 12.1.005-86, оптимальними температурними критеріями для цього об'єкта є: 17 ... 19 ° C в холодний перехідний період року, 20 ... 22 ° C в теплий період року; відносна вологість - 60 ... 40%; швидкість повітря: в холодний перехідний період року - не більше 0,3 м / с, в теплий період року - не більше 0,4 м / с.

## 1. Заходи з вдосконалення організації праці в галузі охорони праці.

1.1. На робочому місці передбачити кабінет безпеки, де проводяться курси першої допомоги, спеціалізована література, плакати, приклади заходів щодо захисту працівників від різних шкідливих факторів, вогнегасники тощо.

1.2. Для працівників проводяться періодичні інструктажі, навчальні курси з питань безпеки на робочому місці, стан вогнегасників підтримується, робітники захищені від ураження електричним струмом, ведеться облік згідно виконаної роботи по нарядах та розпорядженнях.

## 2. Заходи промислової санітарії.

2.1. Гарантія стандартизованих значень освітленості в прищепленнях та на робочих місцях при денному світлі та в темні часи доби.

2.2. Вентиляційне обладнання для окремих виробничих зон або робочих місць.

2.3. Організація системи опалення.

2.4. Забезпечте кімнати персоналу душовими, туалетами та раковинами.

## 3. Заходи щодо захисту персоналу від нещасних випадків.

3.1. Встановлення замків та попереджувальних знаки;

3.2. Встановлення огорожень для обертових частин та інших небезпечних з'єднань;

4. Заходи щодо забезпечення безпечної експлуатації електроприладів відповідно до електричних систем ПБЕ.

4.1. використання занулення, захисного заземлення, вирівнювання електричного потенціалу, низької напруги,

4.2. електроізоляція струмоведучих частин, огорож;

4.3. відключення електричної мережі, захисне відключення;

4.4. Сигналізація, замки та знаки безпеки;

4.5. Захисний одяг.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

# НУБІП України

## РОЗДІЛ 6

### ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

#### 6.1 Розрахунок рентабельності впровадження електрокопильної установки

У цьому у проекті з економічної ефективності електрифікації був використаний електрокопильну установку "Димок".

Визначимо рентабельність впровадження цієї системи на м'ясокомбінаті

Визначаючи економічну ефективність впровадження електрокопильної установки, ми зацікавлені у віддачі інвестицій цієї системи, яка визначається за формулою:

$$r = \frac{\sum K}{\Delta\Pi} \quad (6.122)$$

де  $\sum K$  – сумарні капіталовкладення на впровадження установки, грн.;

$\Delta\Pi$  – чистий прибуток, грн.

Спочатку підрахуємо, скільки грошей ми витратимо на впровадження цієї установки, її обслуговування тощо.

Згідно з каталогом компанії "Борейкогруп", вартість установки "Димок" становить 8000 грн. Встановлення установки коштує 25% від вартості.

Визначимо скільки коштів нам потрібно затратити на купівлю і монтаж установки за формулою:

$$\sum K = Ц + 0,25 Ц = 8000 + 0,25 \cdot 8000 = 10000 \text{ грн.}, \quad (6.123)$$

де  $Ц$  – вартість установки, грн.

Визначимо чистий прибуток від реалізації продукції за формулою:

$$\Delta\Pi = \Pi_{\text{коп}} - \Pi_{\text{сир}}, \quad (6.124)$$

де  $\Pi_{\text{коп}}$  – прибуток від реалізації копченого м'яса, грн.;

$\Pi_{\text{сир}}$  – прибуток від реалізації сирового м'яса, грн.

Визначаємо прибуток від виручки копченого м'яса, виробленого протягом року за формулою:

$$\Pi_{\text{коп}} = (V_{\text{коп}} - C_{\text{коп}}) \cdot A_{\text{пр}} \quad (6.125)$$

де  $V_{\text{коп}}$  – вартість 1 кг копченого м'яса, грн.;

$C_{\text{коп}}$  – собівартість 1 кг копченого м'яса;

$A_{\text{пр}}$  – кількість виробленої продукції за рік, кг.

Визначаємо собівартість 1 кг копченого м'яса за формулою:

$$C_{\text{коп}} = \frac{\sum K + W_e + 3_{\text{об}} + 3_{\text{пл}} + 3_{\text{ін}} + C_{\text{сир}}}{A_{\text{пр}}} \quad (6.126)$$

де  $W_e$  – вартість електроенергії, яку споживає установка за рік, грн.;

$3_{\text{об}}$  – затрати на обслуговування установки, грн.;

$3_{\text{пл}}$  – річна заробітна плата обслуговуючого персоналу, грн.;

$3_{\text{ін}}$  – інші затрати, які можуть виникнути в процесі експлуатації

установки, грн.;

$C_{\text{сир}}$  – собівартість сирового м'яса, грн.

Визначаємо вартість електроенергії, яку споживає установка за формулою:

$$W_e = 1,68 \cdot P_{\text{спож}}, \quad (6.127)$$

де 1,68 – вартість 1 кВт год електроенергії, грн.;

$P_{\text{спож}}$  – річна споживана потужність установкою за рік,  $\frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}}$   
 Визначаємо споживану потужність установкою за рік за формулою:

$$P_{\text{спож}} = t \cdot m_{\text{роб}} \cdot P_{\text{сп}} = 4 \cdot 270 \cdot 1,25 = 1350 \frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{рік}} \quad (6.128)$$

де  $m_{\text{роб}}$  – кількість робочих днів в році;  
 $t$  – тривалість процесу копчення, год;

$P_{\text{сп}}$  – потужність, споживана установкою, кВт.

Отже,  
 $W_e = 1,68 \cdot 1350 = 2268$  грн

Визначаємо затрати на обслуговування за формулою:

$Z_{\text{об}} = n \cdot q \cdot [(TO) \cdot (TO)^I + (PP) \cdot (PP)^I] = 1 \cdot 37 \cdot (0,63 \cdot 3 + 4,9 \cdot 1) = 251,23$  грн,  
 (6.129)

де  $n$  – кількість обслуговуючого персоналу, шт.;

$q$  – погодинна ставка електрика 4-го розряду, грн год;  
 $(TO)$  і  $(PP)$  – трудові затрати на обслуговування, люд. год.;

$(TO)^I$  і  $(PP)^I$  – періодичність проведення ТО і ПР протягом року, шт.

Визначимо оплату праці працівника, який працюватиме на установці за формулою:

$$Z_{\text{пл}} = m_{\text{роб}} \cdot E \cdot q = 270 \cdot 1 \cdot 37 = 9990 \text{ грн}, \quad (6.130)$$

де  $E$  – час, затрачений працівником для роботи установки, год;

$q = 37$  – погодинна тарифна ставка робітника з ручної праці 3-го розряду, грн год.

Визначимо інші затрати, які можуть виникнути в процесі експлуатації установки, які становлять 10% від всіх видів затрат, за формулою:

$$Z_{\text{ін}} = (\sum K + W_e + Z_{\text{об}} + Z_{\text{пл}}) \cdot 0,1 = (10000 + 2268 + 251,23 + 9990) \cdot 0,1 = 2251$$

грн (6.131)

Отже,

$$C_{\text{коп}} = \frac{1000 + 2268 + 13,44 + 9990 + 2251 + 496691}{12150} = 42,16 \text{ грн}$$

Тоді прибуток від виручки копченого м'яса, виробленого протягом року буде:

$$\Pi_{\text{коп}} = (92,16 - 42,16) \cdot 12150 = 607500 \text{ грн}$$

Визначимо прибуток від виручки сирового м'яса, виробленого протягом року за формулою:

$$\Pi_{\text{сир}} = (B_{\text{сир}} - C_{\text{сир}}) \cdot A_{\text{пр}} = (81,74 - 40,87) \cdot 12150 = 496691 \text{ грн,}$$

(6.132)

де  $B_{\text{сир}}$  – вартість 1кг сирового м'яса, грн

Отже, визначаємо строк окупності установки за формулою:

$$T_{\text{ок}} = \frac{10000}{607500 - 496691} = 0,09 \text{ р.}$$

## ВИСНОВКИ

В ході розробки данної магістерської кваліфікаційної роботи було розроблено та досліджено сучасне обладнання для електроіонізаційної обробки продукції м'ясокомбінату.

1. На підставі проведених досліджень та одержаних розрахункових

формул можна зробити висновок, що найбільш відчутну дію на частинку диму виявляє сила взаємодії поля із зарядженою часткою.

Отриманий результат показує, що за час знаходження димової частки

в копильній шафі при застосуванні електростатичного поля

вірогідність її потраплення на продукт різко збільшується, тому що

при відстані від стінок шафи до продукту 0,2 м і часі перебування

частки в шафі 2..5 секунд більшість часток встигає осісти на продукт.

2. Виходячи з позитивних результатів, отриманих у процесі

проведення експериментальних досліджень процесу копіння з

використанням електростатичного поля, можна рекомендувати

застосування цього способу на підприємствах.

3. У даній магістерській кваліфікаційної роботи було спроектовано

установку для копчення м'яса та м'ясних виробів, використання якої

полегшить роботу персоналу під час технологічного процесу.

4. Установа, автоматизована та не втручає людину у технологічний

процес, що економить значні фінансові ресурси, що в кінцевому

рахунку призводить до зниження виробничих витрат.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лут М. Т. Експлуатація енергетичного обладнання. Розробка комплексу заходів з експлуатації енергетичного обладнання сільськогосподарського підприємства / М. Т. Лут, В. А. Наливайко. – К.: Видавничий центр НАУ, 2000. – 256 с.

2. ПУЕ-2017. Видання офіційне / Міненерго вугілля України. – Х.: Форт, 2017. – 760 с.

3. Олійник В. С. Довідник сільського електрика / В.С. Олійник. – К.: «Урожай», 1989. – 262 с.

4. Іноземцев Г. Б. Дипломне проєктування енергетичних та електротехнічних систем в АПК / Г.Б. Іноземцев, В.В. Козирський, М.Т. Лут. – К.: «Аграр Медіа Груп», 2014. – 526 с.

5. Ревенко І. І. Механізація і автоматизація тваринництва / І.І. Ревенко. – К.: Вища освіта, 2004. – 399 с.

6. Синявський О. Ю. Електропривод і автоматизація / О.Ю. Синявський, П.П. Савченко, В.В. Савченко. – К.: «Аграр Медіа Груп», 2013. – 586 с.

7. Баран О. В. Автоматика і автоматизація технологічних процесів / О.В. Баран, П.Г. Самойленко, С.Є. Гранат. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 577 с.

8. Василега П. О. Електротехнологічні установки / П.О. Василега. – Суми: СумДУ, 2010. – 548 с.

9. Марченко О. С. Довідник по монтажу і налагодження електрообладнання в сільському господарстві / О. С. Марченко. – К.: «Урожай», 1994. – 285 с.



10. Червінський Л. С. Електричне освітлення та опромінення / Л.С. Червінський, Л.О. Сторожук. – К.: «Аграр Медіа Груп», 2011. – 214 с.

11. Лут М. Т. Безпека праці в сільських електроустановках / М.Т. Лут. – К.: ТОВ «Аграр Медіа Груп», 2012. – 430 с.

12. Кашенко П. С. Електропривід сільськогосподарських машин / П.С. Кашенко. – К.: НМЦ, 2005. – 410 с.

13. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів – Вид. офіц. – К., 2017. – 320 с.

14. Іноземцев Г. Б. Дипломне проектування енергетичних та електротехнічних систем в агропромисловому комплексі : навч. посібник / Г.Б. Іноземцев, В.В. Козирський, М.Т. Лут, І.П. Радько, О.Ю. Синявський. – К.: Аграр Медіа Груп, 2013. – 534 с.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України