

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

факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництв

(повна назва кафедри)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розробка та дослідження автоматичної системи  
вентилювання складських приміщень

Виконав: студент VI курсу, групи КАм-61  
спеціальності 151 «Автоматизація  
та комп'ютерно-інтегровані технології»

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Ахтемійчук В.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Савків В.Б.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Козбур І.Р.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Савків В.Б.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Микитишин А.Г.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2021

## **Анотація**

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка та дослідження системи автоматичного регулювання параметрів мікроклімату складського приміщення.

Кваліфікаційна робота представлена пояснювальною запискою на 79 сторінках, що містить 13 рисунків, 7 таблиць та графічною частиною, що виконана на 6 листах.

В роботі зроблено короткий аналіз систем вентиляції й охолодження, систем автоматичного регулювання мікроклімату. Виконано розрахунки системи активного вентилявання складського приміщення.

В науково-дослідницькій частині роботи виконано дослідження системи активного вентилявання, розраховані та побудовані механічні характеристики електродвигуна вентилятора. Проведено дослідження перехідного процесу при запуску вентиляційної системи.

Застосування спроектованої в кваліфікаційній роботі системи активного вентилявання сприяє зниженню частки відходів овочів, що зберігаються в складському приміщенні.

## Зміст

<b>Вступ</b> .....	7
<b>1. Аналітична частина</b> .....	9
1.1. Технологічне устаткування складських приміщень для зберігання овочів .....	9
1.2. Системи вентиляції та охолодження складських приміщень .....	13
<b>2. Технологічна частина</b> .....	19
2.1. Опис системи активного вентиляювання складського приміщення.....	19
2.2. Розрахунок освітлення складського приміщення .....	21
2.3. Вибір пристроїв керування та захисту електромережі освітлення складського приміщення.....	25
<b>3. Конструкторська частина</b> .....	31
3.1. Розробка системи автоматичного регулювання мікроклімату .....	31
3.2. Опис системи зволоження та охолодження складського приміщення.	36
3.3. Розрахунок та вибір засобів силової автоматики.....	39
3.4. Аналіз показників електроспоживання обладнанням складського приміщення .....	43
<b>4. Науково-дослідна частина</b> .....	46
4.1. Математична модель системи активного вентиляювання .....	46
4.2. Дослідження механічної характеристики електродвигуна .....	52
4.3. Розробка та аналіз механічної характеристики електровентилятора....	55
<b>5. Спеціальна частина</b> .....	58

<b>6. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....</b>	<b>63</b>
6.1. Техніка електробезпеки у складських приміщеннях .....	63
6.2. Заходи з безпеки життєдіяльності на складських приміщеннях ..	67
<b>Висновки .....</b>	<b>77</b>
<b>Перелік посилань .....</b>	<b>78</b>

## Вступ

Економічні і соціальні зміни відбуваються сьогодні в сільському господарстві країни. Йде перебудова господарського автоматизму, поглиблюється спеціалізація і концентрація виробництва. У цих умовах особливо підвищуються вимоги до якості і схоронності усіх видів сільськогосподарської продукції.

Практика показує, що усе ще великі втрати продукції на шляху від полів до прилавка. Значно відстає від вимог часу технологічний і технічний рівень переробних галузей, гострим залишається дефіцит складських приміщень. Наприклад, ресурси фруктів сьогодні, на жаль, використовуються тільки наполовину. Першорядне значення мають питання створення надійної бази збереження картоплі, овочів. Забезпеченість складськими приміщеннями в торгівлі складає тільки 55% до рівня її потреби. Слабко впроваджується комплексна автоматизація трудомістких процесів.

Переведення виробництва сільськогосподарської продукції на промислову основу супроводжується різким ростом споживання електричної енергії і насиченості фермерських і підсобних господарств різноманітним електроустаткуванням.

Споживання електроенергії сільським господарством у порівнянні з іншими галузями народного господарства країни росте більш високими темпами. Окремі фермерські, підсобні господарства і великі комплекси по виробництву сільськогосподарської продукції на промисловій основі мають більше 1000 електродвигунів і по насиченості електроустаткуванням не уступають середнім промисловим підприємствам.

В даний час намічені заходи для різкого підвищення існуючого рівня

автоматизації праці при товарній обробці плодоовочевої продукції.

Передбачається корінне переозброєння плодоовочевого господарства країни, перехід на індустріальні технології збереження і реалізації плодоовочевої продукції. Для цього розробляються і модернізуються машини, технологічні лінії і комплекси устаткування з використанням останніх досягнень науки і техніки. Це устаткування містить електропривод, системи автоматики, пневматики, гідравліки. Намічено розробку устаткування із застосуванням мікропроцесорної й обчислювальної техніки.

Для успішного вирішення поставленої задачі - збереження овочів з найменшими втратами - необхідна не тільки організація масового випуску відповідних електротехнічних установок сільськогосподарського призначення, але і підвищення рівня технічної експлуатації електроустановок, поліпшення технічного обслуговування електроустаткування.

У сучасній довідковій літературі ці питання відбиті недостатньо, не проаналізовані специфічні особливості роботи електроустаткування в умовах складських приміщень.

У даній кваліфікаційній роботі розглянуті особливості роботи електроустаткування, дані рекомендації з розрахунку електричних параметрів, вибору комутуючої апаратури, електродвигунів, способів керування ними. Докладно розглянуті особливості роботи автоматизованого приводу різних машин і пристроїв, технологічних ліній, а також питання електричного освітлення і нагрівання в складських приміщеннях.

## **1. Аналітична частина**

### **1.1. Технологічне устаткування складських приміщень для зберігання овочів**

Підвищення рівня автоматизації робіт з прийому, обробки і вантажно-розвантажувальних робіт у комплексах – одна з актуальних задач.

Використання високопродуктивних автоматизмів дозволяє різко знизити трудові витрати, позбутися від необхідності залучати робітників та службовців для післязбиральної і передреалізаційної обробки овочів, знизити капітальні вкладення, а головне дає можливість скоротити втрати продукції за рахунок зменшення перевалочних операцій і виводу комплексу на оптимальний режим збереження в необхідний термін.

Таким чином, чим менше перед закладкою на збереження овочі піддавати обробці, тим кращі умови для нормального збереження в зимовий час.

В даний час післязбиральну і передреалізаційну обробку овочів здійснюють як на окремо розміщених стаціонарних сортувальних пунктах, так і на комплексах, де сортувальний пункт зблокований із приміщенням збереження. У тому і іншому випадках склад машин по прийманню, обробці і вантажно-розвантажувальним роботам приблизно один і той же, але в першому випадку технологічний процес розірваний у силу розчленовування складських приміщень, а в другому – являє собою єдине ціле. У результаті чого потреба у вантажно-розвантажувальних засобах у першому випадку подвоюється. Крім цього, збільшується кількість перевалочних операцій, стримується темп закладки продукції на збереження, не досягається єдності в територіальному,

технологічному й організаційному плані.

На кожному об'єкті, тобто на сортувальному пункті й складському приміщенні повинен працювати свій виробничий персонал. До того ж сортувальний пункт являє собою сезонне підприємство - у ньому на зимовий період устаткування консервують.

Тому в складських приміщеннях для продовольчої продукції потрібно встановлювати технологічне устаткування для її обробки перед реалізацією. І, нарешті, розташування сортувального пункту і складського приміщення в різних місцях приводить до значного збільшення матеріальних і грошових витрат.

Практика показала, що при збереженні продукції в місцях виробництва найбільше раціонально її обробку і збереження здійснювати в єдиному місці, тобто в комплексах, оснащених поточковими технологічними лініями, що забезпечують компактність, мобільність, високу продуктивність і уніфікацію як технологічних, так і будівельних рішень.

Однак у фермерських і підсобних господарствах, а також на міських плодоовочевих базах уже побудована чимала кількість складських приміщень, у яких не передбачена механічна обробка продукції, унаслідок чого затрачається велика кількість ручної праці.

На сучасному етапі ці складські приміщення реконструюють, при цьому післязбиральну і передреалізаційну обробку овочів будуть проводити на знову побудованих окремо розміщених сортувальних пунктах, що як би зв'язують роздільні об'єкти в єдині комплекси.

У сучасних вітчизняних комплексах для збереження й обробки овочів застосовують різні машини й устаткування, які можна підрозділяти на наступні основні групи: приймальні пристрої (бункери), транспортери, пристрої для відділення домішок, сортувальні машини, навантажувачі, а



також сортувально-очисні лінії, призначені для післязбиральної і передреалізаційної обробки цибулі, капусти, моркви й інших коренеплодів.

Перераховані засоби автоматизації використовують при збереженні овочів навалом. При контейнерному способі збереження в якості вантажно-розвантажувальних і транспортних засобів використовують акумуляторні навантажувачі.

Прийомні пристрої (бункери) призначаються для прийому овочів з автомашин і причепів, завантажених навалом, і забезпечення безперервної подачі продукції у визначеному обсязі до місця її обробки і завантаження. Сучасні бункери, що входять у системи поточкових ліній, виконані у виді самостійних агрегатів.

Конструкція прийомних бункерів обумовлена технологією провадження робіт при завантаженні і вивантаженні складських приміщень, а також видом машин, що подають продукцію в бункер.

Транспортери для переміщення продукції від прийомних бункерів до місця формування насипу і від насипу до пункту обробки зазвичай виконують стрічковими, різних типів: пересувними і стаціонарними.

За допомогою пересувних транспортерів, як правило, комплектують мобільні поточкові лінії по завантаженню і вивантаженню продукції зі складського приміщення. Переміщаються вони за рахунок вантажно-розвантажувальних засобів, тобто навантажувачів або розвантажників, з якими вони шарнірно з'єднані.

У нашій країні для транспортування продукції з відділення сортування до місця збереження і назад найчастіше застосовують комплект транспортерів типу СТХ-30, у який входять п'ять шестиметрових транспортерів і один триметровий.

Кожен транспортер оснащений електроприводом, що приводить у рух стрічкову полотнину. Один кінець транспортера встановлений на

пневматичні колеса, другий (передній) – на підставці. Таким чином, транспортери переміщуються вручну, при цьому завантажувальну лійку наступного транспортера встановлюють під кінець попередніх. Отже, овочі з одного транспортера зсипаються на інший і переміщуються до завантажника або до відділення сортування.

Пристрої для відділення домішок можна підрозділити на сепараторні, гірки, перебіркові столи, відбивачі й ін.

Робочими органами сепараторних є різні решета, ролики, диски, прутки, сітки і т.д. При цьому в одному випадку вони утворюють самостійні машини, в іншому – входять до складу сортувальних машин.

Сортувальні машини служать для поділу овочів і коренеплодів на фракції в процесі підготовки їх до реалізації. На цій операції формується товарний вид продукту.

У залежності від виду робочого органа сортувальні машини підрозділяються на барабанні, роликові, грохітні і транспортерного типу. Усі сортувальники, за винятком барабанних, мають продуктивність від 8 до 50 т/год.

Транспортери-підбирачі – один з основних засобів, що служать для розвантаження овочів, що зберігається навалом. Широке поширення одержали транспортер-підбирач ТПК-30 (рис. 1.1) і самохідний підбирач ТУБ-20, призначені для вивантаження овочів зі складських приміщень невеликої ємності підвального типу [12]. Продуктивність транспортерів відповідно 10 і 20 т/год.

## 1.2. Системи вентиляції та охолодження складських приміщень

Для створення і підтримки оптимального температурно-вологого режиму в комплексах і складських приміщеннях служить система активної вентиляції [10], основними елементами якої є:

- приточна вентиляційна камера, що складається з вентилятора, вузла повітрязабору, змішувального клапана і при необхідності калорифера та батареї повітроохолоджувача;

- пристрій для штучного зволоження вентиляційного повітря;

- опалювально-рециркуляційні агрегати;

- магістральні і роздаючі вентиляційні канали з регулюючими шиберами і клапанами;

- витяжні пристрої для видалення повітря зі складського приміщення.

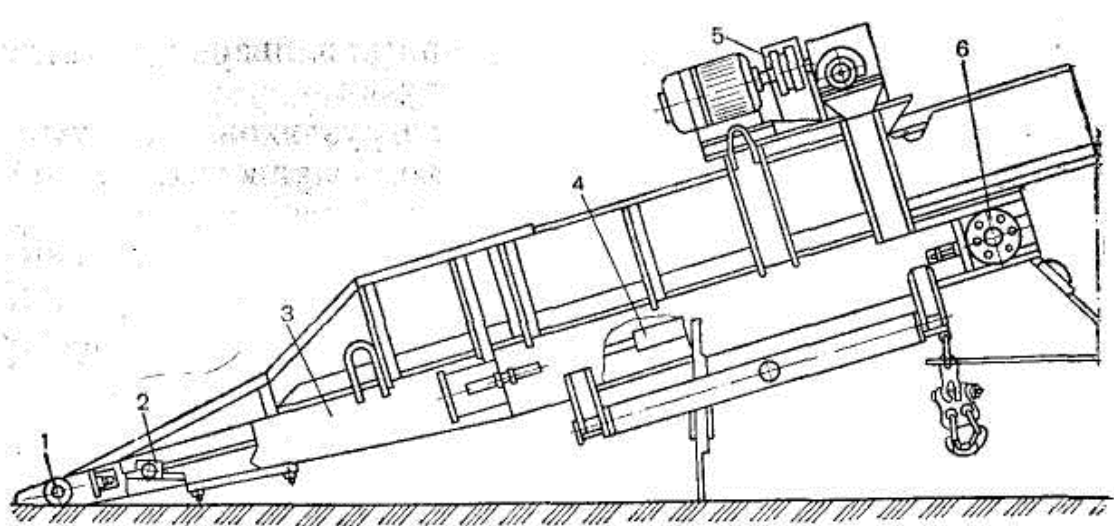


Рисунок 1.1. Конструктивна схема транспортера-підбирача овочів ТПК-30:

1 - роторний живильник; 2 - ведучий вал; 3 - рама; 4 - полотнина;

5 – привод; 6 - трансмісія ротора

При активній системі вентиляції найбільш раціонально подавати повітря в масу продукції за схемою «знизу нагору».

Інші способи подачі повітря, наприклад, за схемою «зверху вниз», горизонтальними або омиваючими струменями менш ефективні. Так, при вентиляванні насипу овочів за схемою «зверху вниз» потрібно в 2 рази більше вентиляційних установок, підвищуються вимоги до герметизації конструкцій, утрудняється контроль за вологонасиченим шаром бульб на рівні статі.

Для подачі повітря в масу продукції горизонтальними струменями в стінках секцій по всій їх висоті необхідно влаштовувати щілини. Між стінками секції утворюються вентиляційні канали, один із яких є нагнітальним, другий – відсмоктуючим. Ширина секції в цьому випадку не повинна перевищувати 5.4 м, що приводить до збільшення об'єму будинку; крім того, через низьку відносну вологість приточного повітря збільшуються втрати продукції.

Не дає бажаного результату система омиваючої вентиляції, при якій визначену температуру в масі продукції підтримують за рахунок теплопередачі між холодним повітрям, що проходить у вентиляльованих прошарках, і насипом овочів. Причина тому – висока вартість складських приміщень і нерівномірне охолодження продукції.

У практиці вітчизняного і закордонного проектування і будівництва комплексів активне вентилявання здійснюється по централізованій і децентралізованій системах.

При централізованій системі активного вентилявання в складському приміщенні виділяють площадки (вентиляційні камери), де встановлюють один або кілька вентиляторів, повітря від яких по вентиляційних каналах подається в масу продукції. Така система простіша в експлуатації і

вимагає менше кабелю для підключення до шафи автоматики. Однак пристрій магістральних каналів значної довжини веде до нагрівання вентиляційного повітря від ґрунту, що негативно позначається на схоронності продукції.

Децентралізована система активного вентилявання розрахована на обслуговування однієї секції і застосовують її у всіх типових секційних складських приміщеннях. Вона дозволяє уніфікувати як будівельні рішення, так і елементи системи активної вентиляції, насамперед вентилятори, змішувальні клапани, приточні шахти і повітророздаючі пристрої.

Раніше у складських приміщеннях застосовували вентилятори різних типів, унаслідок чого приточні шахти, змішувальні клапани, вузли з'єднань вентилятора з магістральними каналами і приточною шахтою розробляли як нестандартизовані устаткування і виготовляли безпосередньо в господарствах. Це негативно позначалося на якості устаткування і терміну його виготовлення і монтажу.

Систему штучного охолодження вентиляційного повітря в комплексах і складських приміщеннях застосовують для забезпечення кращої схоронності продовольчої продукції до нового врожаю. Слід зазначити, що в районах з розрахунковою зимовою температурою зовнішнього повітря мінус 30 °С і нижче картопля добре зберігається до травня при активній вентиляції без штучного охолодження.

У навальних і контейнерних складських приміщеннях застосовують централізовані і децентралізовані системи холодопостачання. Основними елементами централізованої системи є аміачні установки на базі компресорних агрегатів типу А-110, АК-220, А-350 з теплообмінною і регулюючою апаратурою, батареї повітроохолоджувачів, що вбудовуються в приточні вентиляційні камери систем активної вентиляції і начіпних

повітроохолоджувачів типу ВОП-50, НВО-80, що встановлюються у верхній зоні секцій збереження.

Основою децентралізованих систем холодопостачання є автономні холодильно-нагрівальні установки типу ХМФ-32. При цьому компресорно-конденсаторний блок цих машин встановлюють на площадках зовні будинку, а блоки повітроохолоджувачів – у верхній зоні складських приміщень.

Система штучного зволоження вентиляційного повітря покликана підтримувати відносну його вологість у межах 95%. В даний час зволоженню повітря приділяють особливу увагу, так як при оптимальних параметрах температури і відносної вологості повітря прискорюється утворення раневої перідерми (число шарів кліток) у лікувальний період, усувається осідання насипу картоплі, особливо нижнього шару, внаслідок чого не порушується шпаруватість насипу. Усе це приводить до різкого скорочення втрат і підвищенню врожайності. Зволоження повітря в складських приміщеннях корисно і тим, що воно супроводжується ефектом випарного охолодження.

Існують кілька способів зволоження вентиляційного повітря: установкою типу «Туман», що випускається серійно, змочуванням вентиляційних каналів водою і форсунками мілкодисперсного розпилу води. Установка «Туман» складна в монтажі, працює від компресорної установки, вимагає очищеної від домішок води, має високу собівартість. Таку установку не рекомендується використовувати в якості зволожувача в складських приміщеннях.

Системи зволоження, прийняті в складському приміщенні (рис. 1.2) містить у собі наступні основні вузли: корито 3, форсунки 4, роздаючі трубопроводи 5, манометр 6, регулюючі і запірні вентиля 7 і 9, насос 8, фільтри 10 і бак для води 11.

Постійний рівень води в баці підтримується поплавковим

регулювальним клапаном 12. Насос зблокований із приточним вентилятором, а форсунки – попарно між собою. Одна з форсунок подає воду факелом по ходу потоку повітря, друга – проти потоку.

Корита заповнюють водою з бака, що служить для подачі води до форсунок. Корита розміром 1.1x0.4x0.18 м з оцинкованого листа встановлюють у магістральному каналі з проміжками 0.5 м.

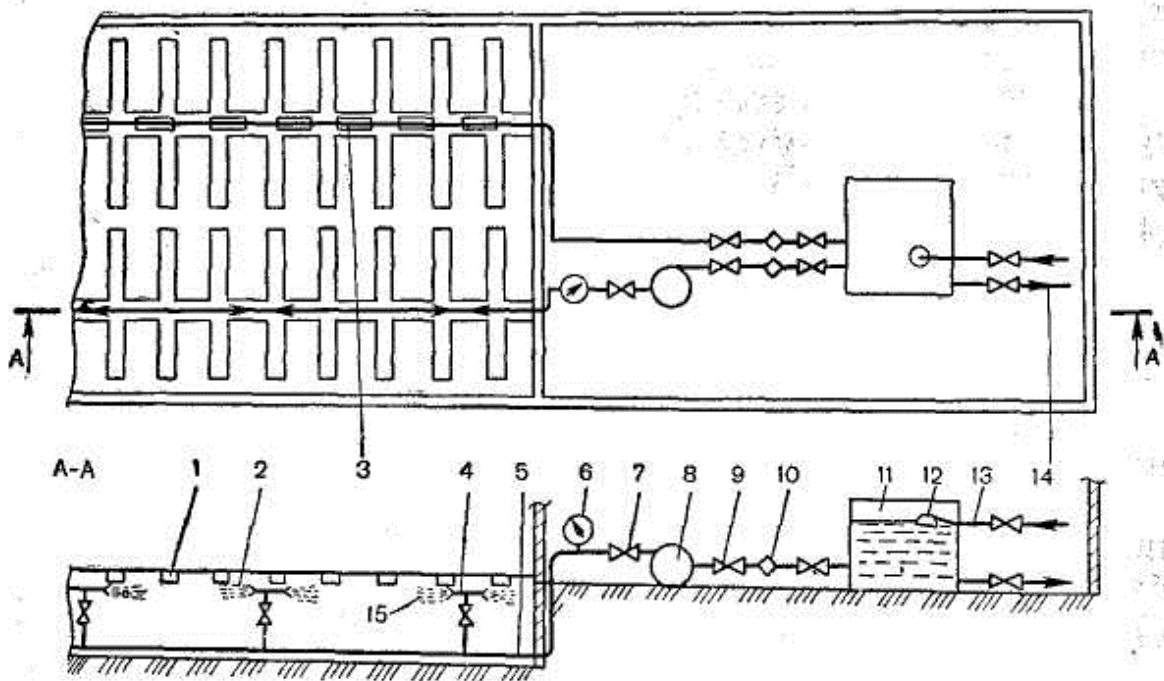


Рисунок 1.2. Схема установки систем зволоження приточного повітря в складському приміщенні: 1 - повітророздаючий канал; 2 - магістральний канал; 3 - корито; 4 - форсунка; 5 - трубопровід; 6 - манометр; 7 - вентиль регулювання подачі води; 8 - насос; 9 - вентиль запірний; 10 - фільтр; 11- бак для води; 12 - клапан поплавковий; 13 - трубопровід від водогінної мережі; 14 - трубопровід дренажний; 15 - факел розприскування води

Температуру і відносну вологість повітря заміряють мідноконстантановими термопарами в комплекті з потенціометром Р 2/1, а також термографами і гігрографами. Вимірні прилади встановлюють перед і після вентиляторів, на початку і кінці магістрального каналу, на початку повітророздаючих каналів і у верхній зоні насипу.

Зволоження приточного повітря таким способом дозволяє знизити втрати продукції в нижньому шарі насипу в 2 рази, а в середньому по всій масі – на 30%. Однак розміщення в магістральному каналі корит з водою утрудняє регулювання відносної вологості повітря в залежності від стану маси продукції. Наприклад, при завантаженні мокрих овочів або появі вогнища гниття постійна присутність у магістральному каналі води не дозволяє вчасно і локально подати сухе повітря, а також утрудняє керування шиберами.



## **2. Технологічна частина**

### **2.1. Опис системи активного вентилявання складського приміщення**

При активному вентиляванні подаване у складське приміщення повітря нагнітається через масу продукції, рівномірно омиваючи кожен її екземпляр. Потік повітря необхідної вологості і температури подається з визначеною швидкістю.

Для рівномірного розподілу повітря по всій масі продукції в складських приміщеннях з активним вентиляванням улаштовують ґратчасті підлоги з підпідлоговими або поверхневими повітророзподільними каналами з ґратчастим покриттям. Температуру і вологість вентиляваного повітря регулюють частковою рециркуляцією його шляхом змішування холодного сухого зовнішнього повітря з внутрішнім теплим і вологим.

При сильних морозах для вирівнювання температури у всьому складському приміщенні і попередження підморожування продукції система вентиляції може працювати з повною рециркуляцією або калориферним підігрівом повітря. Причому підігріте повітря подається не в масу продукції (за винятком цибулі), а у верхню зону приміщень для збереження.

Активне вентилявання дозволяє швидко і з високою якістю провести перший, «лікувальний період» збереження, що для картоплі і коренеплодів полягає в осушенні і загоєнні механічних ушкоджень (неминучих при механічному збиранні) і зміцненні покривних тканин.

Швидке охолодження продукції до температури збереження і підтримка оптимальних параметрів середовища при активному вентиляванні

збільшують тривалість збереження продуктів - вони менше втрачають своєї маси, краще зберігають смакові якості.

При активному вентиляванні повніше використовується об'єм складського приміщення, так як збільшується висота завантаження продукції [10].

Велике значення в життєдіяльності картоплі овочів має період охолодження, або, як іноді говорять, темп охолодження. Допустима величина темпу охолодження залежить від властивостей продукції. Так, наприклад, картопля має різко виражену стадію глибокого біологічного спокою, що продовжується біля двох місяців після збирання. У цей період бульби, як правило, не проростають.

Природно, що термін охолодження продукції не повинен перевищувати даний період. Температуру в масі картоплі після лікувального періоду варто знижувати протягом 15-20 діб, якщо бульби мають значні механічні ушкодження, і протягом 26-40 діб при незначній кількості ушкоджених бульб.

Швидке охолодження (у добу на 1<sup>0</sup>С і більше) може привести до фізіологічних захворювань бульб і при варінні вони можуть темніти. Тому найбільш раціонально проохолоджувати картоплю зі швидкістю 0.5 °С в добу. Якщо ж на збереження надходить картопля, заражена фітофторою, її після завантаження необхідно охолодити і якнайшвидше.

Період охолодження капусти і коренеплодів не повинен перевищувати 15 діб. Якщо ця продукція тривалий час буде знаходитися при температурі 3 °С і вище - коренеплоди проростають.

Якість збереженої продукції залежить також від відносної вологості повітря, що подається в масу продукції. Рекомендуються параметри відносної вологості повітря від 85% до 95%, температури від 2 до 4 °С.

У період основного збереження (узимку) інтенсивність вентилявання

маси продукції доцільно знижувати на 50%.

Гарні результати при збереженні картоплі, овочів і цибулі можуть бути досягнуті завдяки ретельному контролю за станом продукції. Температуру в масі продукції доцільно заміряти не тільки логометром, а також буртовими або звичайними термометрами.

Кількість термометрів приймають з розрахунку установки їх у масу з кроком 9 м після кожного приточного вентилятора.

Відносну вологість повітря в приміщенні можна заміряти за допомогою гігрографів і психрометрів, які розташовують у робочих проїздах на висоті 1.5 м від підлоги. Кількість психрометрів повинна бути не менше двох на складське приміщення.

## **2.2. Розрахунок освітлення складського приміщення**

У складському приміщенні ємністю 3000 тонн передбачається робоче освітлення. У приміщенні для збереження картоплі, де освітленість складає 20 лк, приймаються лампи розжарювання, у цеху товарної обробки - люмінесцентні лампи низького тиску, у вентиляційній камері, вантажному коридорі і підсобних приміщеннях - лампи розжарювання.

Освітлювальна апаратура, висота підвісу світильників, марки проводів і кабелів, способи їхньої прокладки вибираються в залежності від умов навколишнього середовища в приміщеннях.

Виконаємо розрахунок освітлення в приміщенні для збереження картоплі методом питомої потужності.

$$E_{\min} = 20 \text{ лк.}$$

$$\text{Площа приміщення для збереження картоплі } S = 360 \text{ м}^2.$$

Згідно [5], встановлена потужність освітлення на 1 м<sup>2</sup> площі приміщення по зовнішньому обмірюванню складає 6.5 Вт/м<sup>2</sup>. Вибираємо

світильник НСП-21 з лампою розжарювання Б-215 – 225-200.

Кількість ламп у приміщенні визначається по формулі

$$N = P_{\text{ншт}} S / P_{\text{л}} \quad (2.1)$$

Підставивши значення, одержимо:

$$N = 6,5 \cdot 360 / 200 = 11,7 \text{ штук}$$

Приймаємо в одній секції для збереження картоплі 12 світильників.

У приміщенні для товарної обробки, де освітленість складає 200 лк, приймаються люмінесцентні лампи, в інших приміщеннях приймаються лампи розжарювання.

Вибір світильника виконується, виходячи з умови навколишнього середовища, кривої сили світла світильника і потужності ламп.

Для люмінесцентних ламп приймаються світильники типу ПВЛМ [6].

При розрахунку освітлення приміщення, використовуємо метод коефіцієнта використання світлового потоку.

Світильники розміщуються на висоті і визначається розрахункова висота підвісу світильників.

Розрахункова висота.

$$h_p = H - h_{\text{св}} - h_{\text{рп}}, \quad (2.2)$$

де  $H$  – висота приміщення, м;

$h_{\text{св}}$  – висота світильника,  $h_{\text{св}} = 0.215$  м, [6];

$h_{\text{рп}}$  – висота робочої поверхні, м.

$$h_p = 4,5 - 0,218 - 1,2 = 3,082 \text{ м}$$

Оптимальна відстань між світильниками визначається

$$L = \lambda h_p, \quad (2.3)$$

де  $\lambda$  – відносна світлотехнічно найвигідніша відстань між світильниками; для світильника типу ПВЛМ, що має косинусний тип КСС,  $\lambda = 1.4$ .

$$L = 1,4 \cdot 3,1 = 4,34 \text{ м}$$

Число світильників у ряді

$$N_A = \frac{A}{L}, \quad (2.4)$$

де  $A$  – довжина приміщення, м.

$$N_A = \frac{30}{4,34} = 6,9$$

Приймаємо 7 світильників у ряді.

Число рядів світильників

$$N_B = \frac{B}{L}, \quad (2.5)$$

де  $B$  – ширина приміщення, м.

$$N_B = \frac{12}{4,34} = 2,7$$

Приймаємо 3 ряди світильників

Загальна кількість світильників у приміщенні

$$N = N_A N_B = 7 \cdot 3 = 21 \text{ штук} \quad (2.6)$$

Визначимо відстань від крайнього ряду світильників до стіни:

$$L_{cm} = \frac{B - 2L}{2} = \frac{12 - 2 \cdot 4,34}{2} = 1,66 \text{ м}, \quad (2.7)$$

Визначається індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_p (A + B)}, \quad (2.8)$$

де  $A$  і  $B$  - ширина і довжина приміщення, м.

$$i = \frac{30 \cdot 12}{3,1(30 + 12)} = 2,77$$

Виходячи з коефіцієнтів відбиття поверхонь (50%; 30%; 10%) [8], типу світильника ЛСП, приймаємо з [7]  $\eta = 56$ .

Визначаємо розрахунковий світловий потік лампи:

$$\Phi_n = \frac{E_{\min} \cdot S \cdot k \cdot z}{N \cdot n \cdot \eta} \quad (2.9)$$

де  $E_{\min}$  - освітленість, лк;

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

$k$  - коефіцієнт запасу,  $k = 1.5$  [7];

$z$  - коефіцієнт нерівномірності світлового потоку,  $z = 1.1$  [7];

$n$  – кількість ламп у світильнику;

$\eta$  - коефіцієнт використання світлового потоку.

$$\Phi_p = \frac{200 \cdot 360 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{21 \cdot 2 \cdot 0,56} = 5051 \text{ Лм}$$

По літературі [8] підбираємо найближчу стандартну лампу типу ЛБ80, потужністю 80 Вт і світловим потоком 5220 лм.

Відхилення світлових потоків обраних ламп від розрахункових значень допустимо у межах -10...+20%...

При проектуванні проводиться перевірочний розрахунок, мета якого – визначити фактичну освітленість робочої поверхні за даними світильника і світлового потоку встановленої в ньому лампи:

$$E_\phi = \frac{\Phi_l \cdot N \cdot n \cdot \eta}{S \cdot k \cdot z} \quad (2.10)$$

$$E_\phi = \frac{5220 \cdot 21 \cdot 2 \cdot 0,56}{360 \cdot 1,5 \cdot 1,1} = 206,7 \text{ лк}$$

Різниця між фактичною і нормованою освітленостями складає 6.7 лк або 10%, що не виходить за межі допустимих відхилень.

З огляду на втрати потужності в ПРА встановлена потужність освітлення в приміщенні для товарної обробки картоплі:

$$P_{\text{вст}} = 1,2 P_l N n \quad (2.11)$$

де 1.2 – коефіцієнт, що враховує втрати потужності в ПРА.

$$P_{\text{вст}} = 1,2 \cdot 80 \cdot 21 \cdot 2 = 4032 \text{ Вт}$$

Питома потужність освітлення:

$$P_{\text{нит}} = \frac{P_{\text{ест}}}{S} \quad (2.12)$$

$$P_{\text{нит}} = \frac{4032}{360} = 11,2 \text{ Вт} / \text{м}^2$$

Для інших приміщень (вентиляційна камера, вантажний коридор, машинне відділення холодильної установки, електрощитова, побутові приміщення, прийомно-сортувальне відділення) розрахунок виконується методом питомої потужності.

У будь-яких ліній електричних мереж можливі перевантаження, що ведуть до перегріву проводів, руйнуванню їхньої ізоляції. Можливі і короткі замикання. Якщо останні не ліквідувати в долі секунди, то буде не тільки зруйнована ізоляція але й ушкоджені прилади. Для захисту мережі від перевантаження та короткого замикання, та з метою комутації (увімкнення та і відключення мереж від лінії живлення) застосовуються автоматичні вимикачі і запобіжники.

В автоматичні вимикачі вбудовуються два типи захистів: максимальна струмова, що виконується зазвичай у виді теплового реле; струмове відсічення – у виді електромагнітного реле. Робочий струм теплової вставки вибирається на 20...25% більше робочого струму.

### **2.3. Вибір пристроїв керування та захисту електромережі освітлення складського приміщення**

Група 1 – робоче освітлення секції збереження картоплі №1. Освітлення здійснюється світильниками НСП21 – 12 шт. Потужність групи 2.4 кВт.

Група 2 – робоче освітлення секції збереження картоплі №2. Освітлення

здійснюється світильниками НСП21 – 12 шт. Потужність групи 2.4 кВт.

Група 3 – робоче освітлення секції збереження картоплі №3. Освітлення здійснюється світильниками НСП21 – 12 шт. Потужність групи 2.4 кВт.

Група 4 – робоче освітлення вентиляційної камери. Освітлення здійснюється світильниками НСП21 – 13 шт. Потужність групи 2.6 кВт.

Група 5 – робоче освітлення машинного відділення холодильної камери, вентиляційної камери побутових приміщень. Освітлення здійснюється світильниками НСП21 – 15 шт. Потужність групи 3 кВт.

Група 6 – робоче освітлення навісу, цеху обробки картоплі. Освітлення здійснюється світильниками НСП21 – 10 шт., ПВЛМ – 21 шт. Потужність групи 3.3 кВт.

Група 7 – робоче освітлення вантажного коридору. Освітлення здійснюється світильниками НСП21 – 11 шт. Потужність групи 1.65 кВт.

Група 8 – робоче освітлення побутових приміщень і входів. Освітлення здійснюється світильниками ПВЛМ – 20 шт., НСП21 – 22 шт. Потужність групи 3.76 кВт.

По довідкових таблицях [7] вибирається освітлювальний щиток, виходячи з умов навколишнього середовища, конструктивного виконання в залежності від схеми мережі і числа відвідних груп, апаратури керування і захисту, встановленої в щитку.

Для освітлювальної мережі дійсного проекту приймаємо шухляду розподільного навісного типу ПРН11 на 9 груп з автоматичними вимикачами в групах ВА51Г з комбінованими розмикачами й автоматичному вимикачі на вводі ВА51М.

Розрахунок та вибір перерізу провідників мережі забезпечують: відхилення напруги джерел світла в допустимих межах; нагрівання проводів не вище допустимої температури; достатню механічну міцність.



Виходячи з цих вимог, перетин проводів зазвичай розраховують по допустимій втраті напруги, а далі перевіряють по нагріванню і механічній міцності.

Відповідно до вимог, встановлених у ПУЭ, зниження напруги в найбільш віддалених ламп внутрішнього робочого освітлення не повинно бути більше 2.5%. Розрахункові втрати напруги розподіляються між мережами живлення (у межах 1...2%) і груповими мережами (1.5...2%)

Площа перетину проводів визначається по формулі:

$$S = \frac{\sum M}{C_{\pi} \Delta U}, \quad (2.13)$$

де  $\sum M$  – момент навантаження;

$C_{\pi}$  – коефіцієнт, що залежить від системи і напруги мережі, а також матеріалу проводу, для трифазної мережі напругою 380/220 В, виконаної алюмінієвим проводом  $C_{\pi} = 44$  [5];

$\Delta U$  – допустима втрата напруги, В.

Моменти навантажень визначаються для самої віддаленої від освітлювального щита точки з найбільшою потужністю. Для розрахунку вибираємо лінію з потужністю 3.76 кВт.

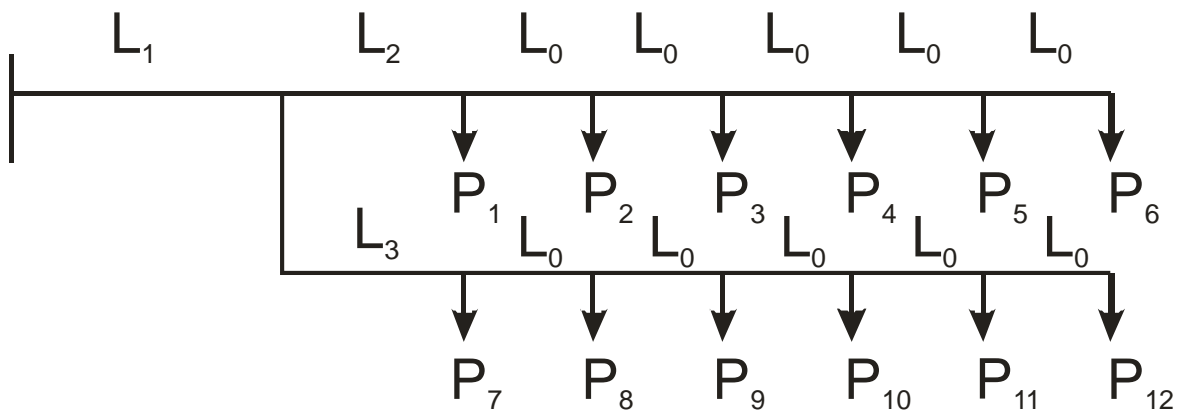


Рисунок 2.3. Визначення моментів навантаження

$$\sum M = \sum PL, \quad (2.14)$$

де  $P$  – потужність приймача, Вт;

$L$  – довжина лінії, м.

$$\begin{aligned} \sum M = & D_1(L_1 + L_2) + D_2(L_1 + L_2 + L_0) + D_3(L_1 + L_2 + 2L_0) + D_4(L_1 + L_2 + 3L_0) + \\ & + D_5(L_1 + L_2 + 4L_0) + D_6(L_1 + L_2 + 5L_0) + D_7(L_1 + L_3) + D_8(L_1 + L_3 + L_0) + D_9(L_1 + L_3 + 2L_0) + \\ & + D_{10}(L_1 + L_3 + 3L_0) + D_{11}(L_1 + L_3 + 4L_0) + D_{12}(L_1 + L_3 + 5L_0) \end{aligned}$$

(2.15)

Підставивши, одержимо:

$$\begin{aligned} \sum M = & 0,2(44 + 2) + 0,2(44 + 2 + 4,2) + 0,2(44 + 2 + 2 \cdot 4,2) + 0,2(44 + 2 + 3 \cdot 4,2) + \\ & + 0,2(44 + 2 + 4 \cdot 4,2) + 0,2(44 + 2 + 5 \cdot 4,2) + 0,2(44 + 7) + 0,2(44 + 7 + 4,2) + 0,2(44 + 7 + 2 \cdot 4,2) + \\ & + 0,2(44 + 7 + 3 \cdot 4,2) + 0,2(44 + 7 + 4 \cdot 4,2) + 0,2(44 + 7 + 5 \cdot 4,2) = 9,2 + 10,04 + 10,88 + 11,72 + \\ & + 12,56 + 13,4 + 10,2 + 11,04 + 11,88 + 12,72 + 13,56 + 14,4 = 141,6 \text{ кВт} \cdot \text{м} \end{aligned}$$

$$S = \frac{141,6}{44 \cdot 2} = 1,7 \text{ мм}^2$$

Приймаємо найближче за значенням стандартне значення перетину проводу 2.5 мм<sup>2</sup>.

Перевіряємо внутрішні освітлювальні мережі на нагрівання по довгостроково припустимому струмі:

$$I_{\text{дл.дон}} \geq I_{\text{розр}}, \quad (2.16)$$

де  $I_{\text{расч}}$  – розрахунковий струм ділянки мережі, для однофазних споживачів, А.

$$I_{\text{розр}} = \frac{P \cdot 10^3}{U_n \cos \varphi}, \quad (2.17)$$

де  $P$  – розрахункова потужність групи,  $P = P_n$  – для ламп розжарювання,

$P = 1.2P_n$  – для люмінесцентних ламп, кВт;

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

$\cos \varphi = 0.9$  - для люмінесцентних ламп;

$$I_{\text{розр}} = \frac{2,4 \cdot 10^3}{220 \cdot 1} = 10,9 \text{ А}$$

Для обраного перетину  $I_{\text{доп}} = 19 \text{ А}$ ,  $I_{\text{розр}} \leq I_{\text{доп}}$ .

Фактична втрата напруги на заданій ділянці:

$$\Delta U = \frac{\sum M}{C_r S}, \quad (2.18)$$

$$\Delta U = \frac{141,6}{44 \cdot 2,5} = 1,28\%$$

Розрахунок освітлювальної мережі по втраті напруги і перевірка її на нагрівання по тривало допустимому струмі для інших ліній проводиться аналогічно, а результати заносимо в Таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 - Результати розрахунку освітлювальної мережі

№ гру п	Коефі цієнт, С	Сумарний момент навантажен ь, кВтм	Перетин проводів , мм <sup>2</sup>	Втрата напруг и, %	Розрахункови й струм групи, А	Тривало допустими й струм, А
1	44	141,6	2,5	1,28	10,9	19
2	44	134,3	2,5	1,22	10,9	19
3	44	128,7	2,5	1,16	10,9	19
4	44	104	1,5	0,94	11,8	19
5	44	42	1,5	0,38	13,6	19
6	44	76,6	1,5	0,69	16,9	19
7	44	137,8	2,5	1,25	16,6	19
8	44	87,7	1,5	0,79	18,9	19

Вибір мережі в групових лініях знаходиться в допустимих межах.

У будь-яких лініях електричних мереж можливі перевантаження, що ведуть до перегріву проводів, руйнуванню їхньої ізоляції. Можливі і короткі замикання. Якщо останні не ліквідувати в долі секунди, то буде не тільки зруйнована ізоляція, але ушкоджені прилади.

Для захисту мереж від перевантажень і коротких замикань, а також для комутації (включення і відключення мереж від лінії живлення) застосовуються автоматичні вимикачі і запобіжники.

В автоматичні вимикачі вбудовуються два типи захистів: максимальна струмова, що виконується у виді теплового реле і струмове відсічення, що виконується зазвичай у виді електромагнітного реле. Робочий струм теплової вставки вибирається на 20...25% більше робочого. Усі дані зводимо в Таблицю 2.2.

Освітлювальний щиток комплектуємо обраними автоматичними вимикачами з числом груп, рівним дев'яти (один резервний).

Таблиця 2.2 - Апаратура управління та захисту мережі освітлення

<b>№ груп</b>	<b>Струм групи</b>	<b>Номинальний струм автоматичного вимикача, А</b>	<b>Струм теплового розмикача, А</b>	<b>Тип автоматичного вимикача</b>
<b>1</b>	<b>10,9</b>	<b>25</b>	<b>16</b>	<b>ВА51М-25</b>
<b>2</b>	<b>10,9</b>	<b>25</b>	<b>16</b>	<b>ВА51М-25</b>
<b>3</b>	<b>10,9</b>	<b>25</b>	<b>16</b>	<b>ВА51М-25</b>
<b>4</b>	<b>11,8</b>	<b>25</b>	<b>16</b>	<b>ВА51М-25</b>
<b>5</b>	<b>13,6</b>	<b>25</b>	<b>20</b>	<b>ВА51М-25</b>
<b>6</b>	<b>16,9</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>ВА51М-25</b>
<b>7</b>	<b>16,5</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>ВА51М-25</b>
<b>8</b>	<b>18,9</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>ВА51М-25</b>
<b>9</b>		<b>Резерв</b>		

### **3. Конструкторська частина**

#### **3.1. Розробка системи автоматичного регулювання мікроклімату**

Для автоматичного керування вентиляційним, опалювальним і холодильним устаткуванням у комплексах і в складських приміщеннях нашої країни випускають три системи автоматики: «Середовище-1», «Середовище-2» і ШАУ-АВ [11].

Система автоматики «Середовище-1» розрахована на керування вісьма вентиляційними камерами, «Середовище-2» - чотирма і ШАУ-АВ – одніє..

У складських приміщеннях картоплі й овочів, що мають більш чотирьох вентиляційних камер, доцільно використовувати систему «Середовище-1», а менше чотирьох – систему ШАУ-АВ.

Шафа «Середовище-1» являє собою металеву етажерку з вісьма стелажми. На кожен стелаж встановлюють блок, розрахований на керування одною вентиляційною камерою, двома електрокалориферами і холодильною машиною.

Завод-виготовлювач за заявкою замовника може поставляти шафи з меншою кількістю блоків керування. Наприклад, для п'яти вентиляційних камер замовлення треба робити на шафу «Середовище-1-5», для шести - «Середовище-1-6», а для восьми - «Середовище-1-8».

На передній панелі шафи «Середовище-1» вгорі розташовано логометр для візуального виміру температури в масі продукції, у вентиляційних каналах, у верхній зоні складського приміщення, в атмосфері, а також тумблер живлення.

Логометром, повертаючи перемикач датчиків, можна вимірювати температуру в 39 точках. У нижній частині шафи розташовано: універсальний перемикач (УП) і перемикач індикації ламп блоків. Обидва перемикачі одночасно подають команду на всі блоки. Універсальний перемикач дозволяє переводити роботу вентиляції на потрібний режим – «Лікувальний», «Охолодження» і «Збереження», а перемикач індикації при установці в положення «Перевірка» дає можливість перевірити, які з лампочок перегоріли і підлягають заміні. При установці в положення «Робота» лампочки включаються, а в положення «Виключене» – виключаються.

На лицьовій стороні кожного блоку розташований пульт керування і система сигналізації.

Блок на автоматичне або ручне керування системою вентиляції переводять вимикачем, встановлюючи відповідно в положення «Авт.» і «Ручн.».

Блок розрахований на автоматичне або ручне керування холодильними машинами, при цьому тумблер переводять відповідно в положення «Авт.» і «Ручн.». Крім того, другий тумблер встановлюють у положення «Центр», якщо холодопостачання централізовано, тобто від загальної компресорної установки, або в положення «Автоном.», якщо використовують автономні холодильні машини, розташовані в складському приміщенні. На панелі блоку розміщені також сигнальні і контрольні лампочки.

На рис. 3.1 показано блок керування і розміщення датчиків керування устаткуванням і виміру температури в секції збереження картоплі.

Блок системи «Середовище-1» дозволяє автоматично регулювати: температуру повітря у верхній зоні складського приміщення в межах від –20

до +20 °С (терморегулятор БИЗ-11 з датчиком 4); температуру маси продукції в межах від -20 до +20 °С (терморегулятор БИЗ-12 з датчиком 10); температуру вентиляційного повітря, подаваного в масу продукції, у межах від -20 до + 20 °С (терморегулятор БИЗ-11П з датчиком 11).

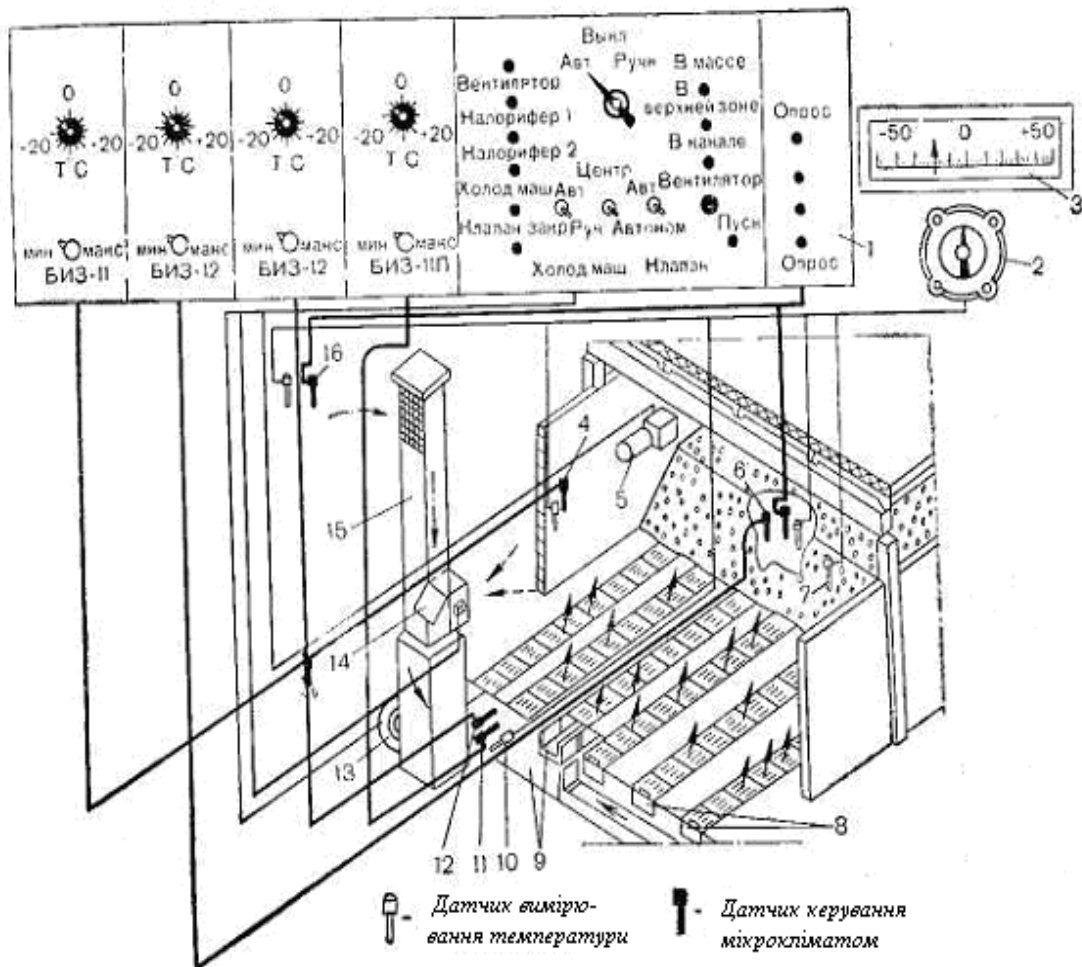


Рисунок 3.1. Схема розташування датчиків автоматики «Середовище-1»

у секції місткістю 1000 т:

- 1 - блок керування; 2 - перемикач крапок виміру температури; 3 - логометр;
- 4 - регулятор температури верхньої зони; 5 - калорифер; 6 - регулятор температури маси; 7 - датчик температури; 8 - шибер; 9 - вентиляційний канал; 10 - датчик температури; 11 - регулятор температури приточного повітря; 12 - регулятор аварійного захисту; 13 - вентилятор;
- 14 - змішувальний клапан; 15 - вентиляційна шахта; 16 - регулятор різниці температур маси і зовнішнього повітря.

Блок системи «Середовище-1» автоматично виключає з роботи систему вентиляції, якщо температура приточного вентиляційного повітря нижча гранично можливої і можливе підморожування продукції (терморегулятор БИЗ-12 з датчиком 12).

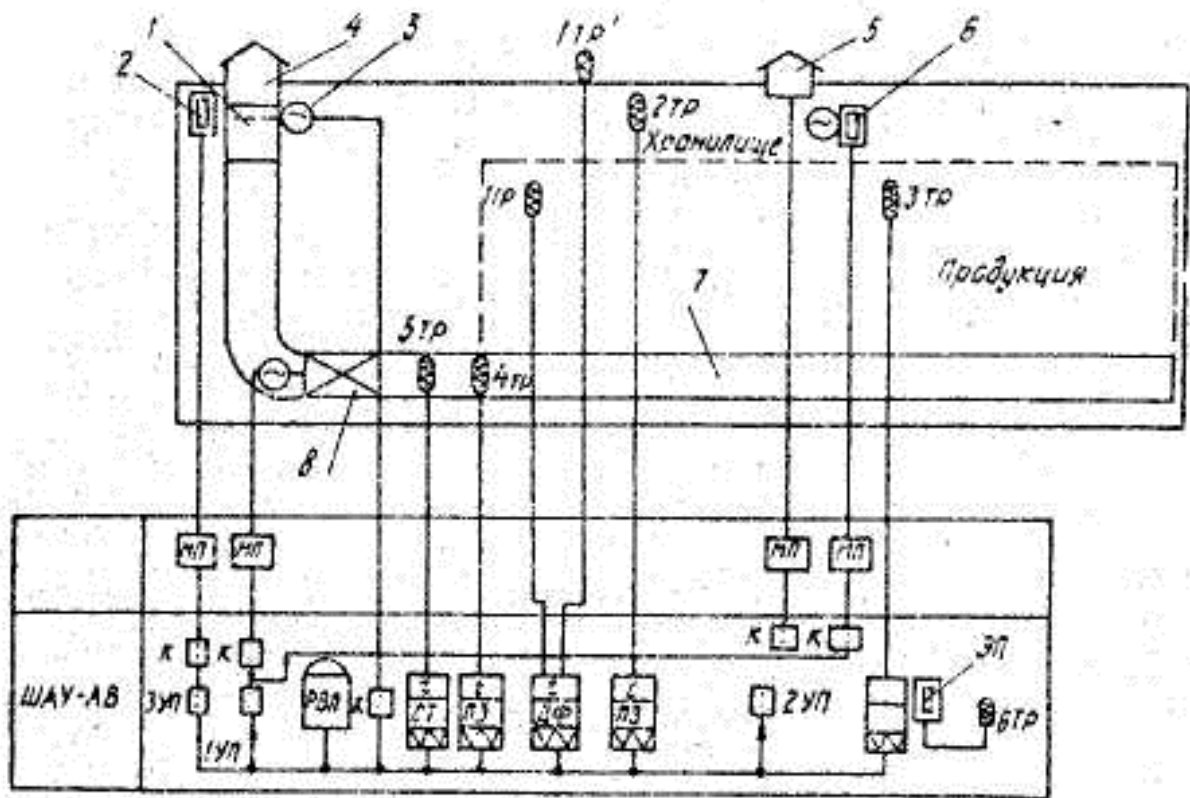


Рис. 3.2. Технологічна схема автоматики ШАУ-АВ для складських приміщень:

- 1, 2, 3 - змішувальний клапан, його підігрівник і виконавчий автоматизм;
- 4, 5 - приточна і витяжна шахти; 6 - рециркуляційно-опалювальний агрегат;
- 7 - вентиляційний канал; 8 - вентилятор приточної системи (позначення: К - пускова кнопка; 1ТР, 1ТР - датчики диференціального терморегулятора; 2ТР, 3ТР і 4ТР - відповідно датчики терморегуляторів верхньої зони, маси продукту й аварійного захисту; 5ТР - датчик пропорційного регулятора; 6ТР - біметалічний датчик температури підігріву шафи; 1УП, 2УП, 3УП - універсальні перемикачі; МП - магнітні пускачі; ШАУ-АВ - шафа керування; РВП - двохпрограмне реле часу; СТ, ДФ, ПЗ - відповідно напівпровідникові пропорційний диференціальний і двохпозиційний регулятори температури; ЕП - електропідігрівач шафи керування)



Робота машин ХМФ-16, ХМФ-32 і іншого холодильного устаткування складських приміщень в автоматичному режимі забезпечується станціями керування і системами автоматики ШАУ-АВ (рис. 3.2).

Система автоматичного регулювання ШАУ-АВ дозволяє проводити наступне: подачу зовнішнього повітря з більш низькою температурою, ніж продукція; періодичне вентилявання продукції по заданій програмі рециркуляційним повітрям, а також сумішшю рециркуляційного і зовнішнього повітря для видалення теплосталишків; зняття температурних і вологих градієнтів; прогрівання верхньої зони складських приміщень за допомогою електрокалориферів; подачу повітря визначеної температури в масу збереженої продукції й у секції збереження; аварійний захист продукції від переохолодження і перегріву вентиляційним повітрям; автоматичне перекриття заслінки змішувального клапана приточної шахти при зупинці вентилятора і забезпечення підтримки інших параметрів як у складському приміщенні в цілому, так і в окремих засіках. У шафах автоматики ШАУ-АВ встановлюються логометри для візуального контролю температури в складському приміщенні.

На лицьову панель шаф виведені універсальні перемикачі, що дозволяють переводити роботу вентиляції на потрібний режим роботи складського приміщення в залежності від періоду і тривалості збереження продукції. Тут також розташовані кнопкові станції ручного керування вентилятором і електрокалориферами. Крім того, на панелі розмішена шкала логометра і перемикач його датчиків на вісім положень

### 3.2. Опис системи зволоження та охолодження складського приміщення

На сучасному етапі ефективніше зволожувати приточне повітря форсуночними зволожувачами.

Механічні форсунки для зволоження приточного повітря прості по конструкції і зручні при експлуатації. Вони не вимагають стиснутого повітря і забезпечують повне диспергування подаваної води приточним повітрям.

На рис. 3.3 показана конструкція форсунки мілкодисперсного розпилення води типу 1Б-06.

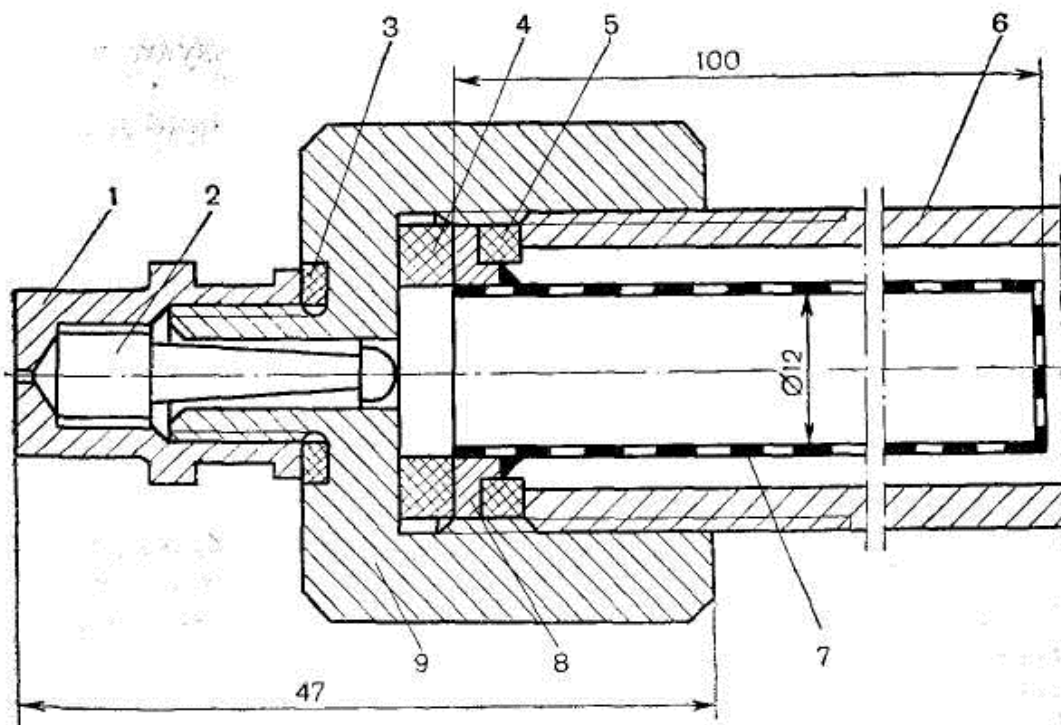


Рисунок 3.3. Конструкція форсунки, розробленої Одеським технологічним інститутом холодильної промисловості:

- 1 - наконечник; 2 - гвинтовий розпилювач води; 3, 4, 5 - прокладки;  
6 - труба 3/4; 7 - сітчастий фільтр; 8 - кільце; 9 - гайка

Форсунка складається з наконечника 1, у якому просвердлено отвір діаметром 0.8 мм, гвинтового розпилювача води 2 і гайки 9, що з'єднує наконечник із трубою 6. У місцях з'єднання встановлюють прокладки 3, 4 і 5, а для того, щоб в отвір наконечника не попадали зважені у воді частки, усередині труби ставлять сітчастий фільтр 7.

Зазвичай дві форсунки монтують на одному патрубку, встановленому на трубі, при цьому факел однієї форсунки направляють назустріч приточному повітрю, факел іншої – по ходу руху повітря.

Коефіцієнт ефективності форсунки становить Для збереження овочів і фруктів широко застосовується охолодження. Джерелом штучного холоду для складських приміщень можуть бути автономні фреонові холодильно-нагрівальні машини, що включаються в різних режимах роботи - для охолодження повітря або підігріву.

Промисловість випускає два типи подібних машин: ХМФ-16 холодопотужністю 16 тис. ккал/год, призначену для секції фруктового холодильника місткістю 100 т, і ХМФ-32 холодо потужністю 32 тис. ккал/год для 200-250 т.

Машина ХМФ-16 (рис. 3.4) компресійна одноступінчата з повітряним охолодженням конденсату і безпосереднім кипінням холодоагенту. Складається з компресорів 2ФУБС-9, конденсатора, повітроохолоджувача, ресивера, фільтрів-осушувачів, електронагрівників, вентиляторів, електродвигунів станції керування, датчиків, реле тиску, термореле. Станція керування являє собою комплексний пристрій, що включає в себе пускозахисну апаратуру, терморегулятори, прилади світлової і звукової сигналізації.

Холодильно-нагрівальна машина ХМФ-16 працює в режимах охолодження, обігріву і відтавання інею з поверхні повітроохолоджувача.

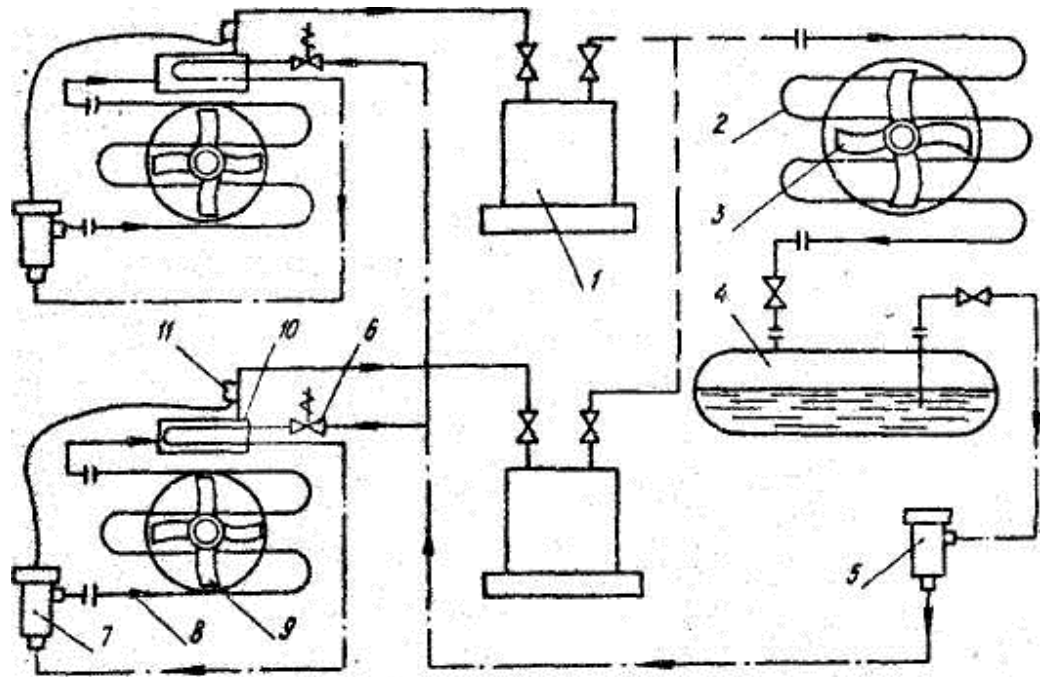


Рисунок 3.4. Технологічна схема холодильно-нагрівальної машини

ХМФ-16:

- 1 - компресор; 2 - повітряний конденсатор; 3, 9 - вентилятори;  
 4 - ресивер; 5 - фільтр-осушувач; 6 - соленоїдний клапан;  
 7 - терморегулюючий клапан; 8 - повітроохолоджувач;  
 10 - конденсатор; 11 – термобалон.

Температура в камері (від +2 до -2 °С) підтримується періодичним включенням і вимиканням компресорів (у зимовий час електронагрівників).

Перехід з режиму охолодження на режим обігріву автоматичний. Система автоматизації забезпечує: підтримку температури з точністю +1 °С, захист холодильної машини від аварійних режимів роботи, захист від підморожування фруктів по температурі повітря на виході з повітроохолоджувача, включення машини при відновленні напруги, робочу й аварійну світлову сигналізацію, проведення процесу відтавання повітроохолоджувача, закінчення процесу відтавання і перехід на

режим охолодження (система відтавання включається вручну).

Машина працює від мережі змінного струму напругою 220/380 В; габаритні розміри її 2200x2100x1710 мм, маса - 2000 кг.

### **3.3. Розрахунок та вибір засобів силової автоматики**

Для прийому і розподілу електроенергії в силових колах трифазного струму напругою 0.4 кВ і для захисту їх від перевантажень і струмів короткого замикання застосовуються розподільні пункти.

Групи споживачів живляться від магістральних ліній, що підключені до щитів. Кожна магістральна лінія захищена запобіжниками або автоматичними вимикачами, розміщеними в групових щитках. Автоматичні вимикачі є більш вдосконаленими захисними пристроями в порівнянні з запобіжниками. Це апарати багаторазової дії, у яких немає необхідності замінити захисні елементи, як у запобіжниках.

Розподільні пристрої вибираються по напрузі, типу захищеності від впливу навколишнього середовища, кількості і типу автоматів або запобіжників у групах.

#### Розподіл навантаження картоплесховища по приміщеннях.

Секція збереження картоплі №1: повітроохолоджувачі типу ВОП-50 (6 шт.), з електродвигуном потужністю 0.6 кВт. Загальна потужність 3.6 кВт.

Секція збереження картоплі №2: повітроохолоджувачі типу ВОП-50 (6 шт.), з електродвигуном потужністю 0.6 кВт. Загальна потужність 3.6 кВт.

Секція збереження картоплі №3: повітроохолоджувачі типу ВОП-50 (6 шт.), з електродвигуном потужністю 0.6 кВт. Загальна потужність 3.6 кВт.

Вентиляційна камера: приточна установка (6 шт.), електродвигуном з

потужністю 2.2 кВт, електронагрівник (6 шт.) з потужністю 2.4 кВт, витяжна установка (2 шт.), з потужністю електродвигуна 0.37 кВт. Загальна потужність 28.34 кВт

Цех товарної обробки, і вантажний коридор: транспортер основної (8 шт.) ПСШ 03.000 з електродвигуном потужністю 1.1 кВт, стіл перебірковий (1 шт.) потужністю 1.1 кВт, насос «Гном» (1 шт.) потужністю 1.1 кВт; витяжна установка (2 шт.) потужністю 3 кВт; транспортер розподільний (1 шт.) потужністю 2.2 кВт. Загальна потужність 19.2 кВт.

Навіс: транспортер основний ПСШ 03.000 (4 шт.), потужністю 1.1 кВт, транспортер переносної ПСЦ 18.000 (6 шт.) потужністю 1.1 кВт, ворохоочисник ПСЦ 06.000 потужністю 1.1 кВт, транспортер завантажувальний ПСЦ 08.000 (1 шт.) потужністю 2.2 кВт, бункер прийомний БП-4 (3 шт.) потужністю 1.1 кВт, сепаратор голчастий (1 шт.) потужністю 2.2 кВт. Загальна потужність 19.8 кВт

Вентиляційна камера побутових приміщень, машинне відділення холодильної камери: приточна установка потужністю 0.37 кВт, приточна установка (3 шт.) потужністю 0.12 кВт, витяжна установка потужністю 0.12 кВт, витяжна установка потужністю 0.75 кВт, витяжна установка потужністю 0.37 кВт, електронасос для аміаку (2 шт.) потужністю 2.8 кВт, відцентровий насос для водопостачання (4 шт.) потужністю 4 кВт. Загальна потужність 23.57 кВт.

На вводі в картоплесховищі встановлюється розподільний пункт ПР11 на 6 груп з автоматичними вимикачами серії ВА.

Автоматичні вимикачі вибирають по наступних умовах:

$$U_{i,\dot{a}} \geq U_{i,\dot{o}\ddot{n}\acute{o}} ; \quad (3.1)$$

$$I_{i,\dot{a}} \geq I_{i,\dot{o}\ddot{n}\acute{o}} ; \quad (3.2)$$

$$I_{i.\delta} \geq k_{i.\delta} I_{\delta.i\delta\delta} ; \quad (3.3)$$

$$I_{н.ел} \geq k_{н.ел} I_{max} ; \quad (3.4)$$

$$I_{гран.а} \geq I_{к.мах} . \quad (3.5)$$

де  $U_{н.а}$  – номінальне значення напруги автоматичного вимикача, В;

$U_{н.уст}$  - номінальне значення напруги електроустановки, В;

$I_{н.а}$  – номінальне значення струму автоматичного вимикача, А;

$I_{н.уст}$  - номінальне значення струму електроустановки, А;

$I_{н.т}$  – номінальний струм теплового розмикача, А;

$I_{мах}$  – максимальний струм електродвигуна, А;

$I_{р.мах}$  – максимальний струм теплового розмикача, А;

$I_{гран.а}$  – граничне значення струму автоматичного вимикача, А;

$k_{н.т}$  – коефіцієнт надійності, що враховує розкид по струму спрацьовування теплового розмикача, приймається 1,1...1,3;

$I_{н.ел}$  – струм спрацьовування (відсічення) електромагнітного розмикача, А;

$k_{н.ел}$  – коефіцієнт надійності, що враховує розкид по струму електромагнітного розмикача і пускового струму електродвигуна, приймається 1,25;

$I_{к.мах}$  – максимальний струм короткого замикання в місці установки автоматичного вимикача, А.

Виходячи з [1] для трьохжильних кабелів вибираємо найближче більше значення струму і далі відповідне значення перетину проводу.

Результати розрахунку зводимо в Таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 - Результати розрахунку внутрішніх силових мереж

№ груп	Робочий струм	Тип автоматично го вимикача	Номинальний струм автомата, А	Струм теплового розмикача, А	Струм електромагніт ного розмикача, А	Марка проводу	Перетин жили, мм <sup>2</sup>	Допустимий струм провідника,
1	28,8	ВА51М-100	100	40	400	АНРГ	16	60
2	70,44	ВА51М-100	100	100	1000	АНРГ	50	110
3	63,1	ВА51М-100	100	80	800	АНРГ	50	110
4	50,94	ВА51М-100	100	80	800	АНРГ	50	110
5	43,49	ВА51М-100	100	63	630	АНРГ	25	75
6				резерв				

Електромагнітні пускачі необхідні для дистанційного керування асинхронними двигунами (включення, відключення, реверс). Вони захищають електродвигуни відключаючи їх від мережі при зниженні напруги до (0,3...0,4)  $U_c$  і запобігаючи їхньому самозапуску після відновлення напруги. При наявності теплового реле пускачі захищають електродвигун від перевантажень недопустимої тривалості.

Необхідні умови вибору магнітного пускача:

$$U_{i.i} \geq U_{i.\dot{\alpha}\dot{\alpha}} \quad (3.6)$$

де  $U_{н.п.}$  – номінальної напруги пускача, В;

$U_{н.уст}$  - номінальна напруга установки, В;

$$I_{н.п} \geq I_{розр} \quad (3.7)$$

де  $I_{н.п}$  – номінальний струм пускача, А;

$I_{розр}$  – розрахунковий струм керованого кола, А.

$$I_{i.\dot{\alpha}\dot{\alpha}} \geq I_{i.\ddot{\alpha}\ddot{\alpha}} \quad (3.8)$$

де  $I_{н.тр}$  – номінальний струм теплового реле, А;



$I_{н.дв}$  – номінальний струм електродвигуна, А.

Вибираємо по [8] пускач серії ПМЛ – 1000 з номінальним струмом 10 А і напругою 660 В, з тепловим реле РТЛ-101004.

Реле РТЛ не спрацьовує при протіканні  $1,05I_n$  струму неспрацьовування реле; спрацьовує за 20 хв., а при шестиразовому навантаженні - за 4,5...12 сек.

### **3.4. Аналіз показників електроспоживання обладнанням складського приміщення**

Для вибору трансформаторної підстанції необхідно визначити розрахункову потужність всіх електроприймачів. У сільських електромережах застосовують як однострансформаторні, так і двох трансформаторні, в першу чергу, напругою 10/0.4 кВ.

Двохтрансформаторні підстанції забезпечують більш надійне електропостачання споживачів використовуються ТП потужністю від 25 до 630 кВА. При виборі потужності трансформатора необхідно знати розрахункове навантаження на шинах 0.38 кВ трансформатора.

Повна потужність силового устаткування визначається по формулі:

$$S = \frac{P}{\cos \varphi}, \quad (3.9)$$

де  $P$  – потужність електроустановки, кВт;

$\cos \varphi$  - коефіцієнт потужності установки.

Дані розрахунку зведемо в Таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 - До розрахунку потужності трансформатора

№ групи	Найменування	Потужність, кВт	Кількість, шт.	Потужність групи, кВт	Коефіцієнт потужності	Повна потужність, кВА
1	Повітроохолоджувачі типу ВОП-50	0,6	18	10,8	0,86	12,6
2	Приточна установка	2,2	6	13,2	0,87	15,2
	Електронагрівник	2,4	6	14,4	0,9	16
	Витяжна установка	0,37	2	0,74	0,86	0,86
3	Транспортер основний ПСШ 03.000	1,1	11	12,1	0,87	13,9
	Стіл перебірковий	1,1	1	1,1	0,87	1,3
	Насос «Гном»	1,1	1	1,1	0,87	1,3
	Витяжна установка	3	2	6	0,88	6,8
	Транспортер розподільний	2,2	1	2,2	0,87	2,5
	Транспортер основний ПСШ 03.000	1,1	4	4,4	0,87	5,1
4	Транспортер переносний ПСШ 18.000	1,1	6	6,6	0,87	7,5
	Ворохоочисник ПСШ 06.000	1,1	1	1,1	0,87	1,3
	Транспортер завантажувальний ПСШ 08.000	2,2	1	2,2	0,87	2,5
	Бункер прийомний БП-4	1,1	3	3,3	0,87	3,8
	Сепаратор голчастий	2,2	1	2,2	0,87	2,5

		Продовження таблиці 3.2				
	Приточна установка	0,37	1	0,37	0,86	0,4
	Приточна установка	0,12	3	0,36	0,7	0,5
	Витяжна установка	0,12	1	0,12	0,7	0,2
5	Витяжна установка	0,75	1	0,75	0,87	0,9
	Витяжна установка	0,37	1	0,37	0,86	0,4
	Електронасос для аміаку	2,8	2	5,6	0,87	6,4
	Відцентровий насос для водопостачання	4	4	16	0,89	18
	<b>Разом</b>					<b>119,96</b>

По [4] з урахуванням перспективи росту навантажень приймаємо до установки трансформаторної підстанції потужністю 160 кВА.

Технічні характеристики трансформатора зведемо в Таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 - Технічні характеристики трансформатора

Тип	Номінальна потужність, кВА	Поеднання напруги, кВ		Втрати, кВ		Напруга КЗ, %	Струм ХХ, %	Схема з'єднань
		ВН	НН	ХХ	КЗ			
ТМ	160	10	0,4	0,051	0,265	6,5	2,6	Y/Y <sub>н</sub>

## 4. Науково-дослідна частина

### 4.1. Математична модель системи активного вентилявання

Інтенсивність вентилявання для періоду охолодження продукції до температури збереження визначають з врахуванням усіх теплопритоків до вентиляованого повітря.

Основним джерелом теплопоступлення є сама охолоджувана продукція (теплота, обумовлена теплоємністю, а також виділювана при диханні продукції і випарі її вологи).

До додаткових джерел теплопритоків відносяться: теплопоступлення через огороження складського приміщення (при низьких температурах зовнішнього повітря будуть тепловтрати); теплота від тари (при розміщенні плодів і овочів у шухлядах і контейнерах); теплота, що переходить до приточного повітря від вентиляторів і ґрунту через стінки повітроводів.

Крім цього, можуть враховуватися також тепловиділення від електропривода та різного автоматизованого обладнання, що є в складському приміщенні, і електричного освітлення при значній сумарній потужності цих джерел теплоти.

Розрахунок інтенсивності вентиляції для періоду охолодження плодів і овочів ведуть по окремих фазах з врахуванням безперервної зміни температури повітря, що надходить у складське приміщення й видаляється з нього по мірі охолодження штабеля продукції.

Вибір тривалості однієї фази залежить від загальної тривалості періоду охолодження плодів і овочів і кліматичних умов даної місцевості. Зазвичай приймають тривалість однієї фази  $T_{\phi} = 5$  діб при охолодженні овочів і  $T_{\phi} =$

10 діб при охолодженні картоплі.

Загальну фізіологічну теплоту, що виділяється продукцією, визначимо по формулі:

$$q_{\phi} = \frac{3,6[0,93 - 0,13(t_1 + t_2)](e^{bt_1} - e^{bt_2})q_0\tau_{\phi}}{b(t_1 - t_2)} \quad (4.1)$$

де  $q_0$  – питома теплота дихання продукції при  $0^{\circ}\text{C}$ , Вт/т;

$b$  – температурний коефіцієнт швидкості подиху, з [2]  $b = 0.0617$ ,  $1/^{\circ}\text{C}$ ;

$t_1$ , і  $t_2$  – початкова і кінцева для даної фази температура охолоджуваної картоплі,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$\tau_{\phi}$  – тривалість однієї фази, доби.

За першу фазу охолодження тривалістю 10 діб необхідно знизити температуру продукції з  $15^{\circ}\text{C}$  до  $8^{\circ}\text{C}$ . Розміри однієї секції: довжина 30 м, ширина 12 м, висота до виступаючих частин покриття 4.8 м.

Сховище знаходиться в районі з розрахунковою температурою  $-18^{\circ}\text{C}$ , і середньорічною температурою повітря  $4^{\circ}\text{C}$ . Середня температура приточного повітря з урахуванням підігріву у вентиляторі і повітропроводах  $t_{\text{п}} = 5^{\circ}\text{C}$ . Середня температура зовнішнього повітря за дану фазу охолодження  $t_{\text{н.ф}} = 3^{\circ}\text{C}$

$$q_{\phi} = \frac{3,6[0,93 - 0,13(15 - 8)](e^{0,0617 \cdot 15} - e^{0,0617 \cdot 8})10 \cdot 240}{0,0617(15 - 8)} = 15400 \text{ кДж} / \text{т}$$

Коефіцієнт, що враховує фізіологічну теплоту, визначають по формулі:

$$\varepsilon_{\phi} = \frac{1 + q_{\phi}}{10^3 \cdot c(t_1 - t_2)}, \quad (4.2)$$

де  $c$  – масова теплоємність картоплі, по [2]  $c = 3.56$  кДж/(кг  $^{\circ}\text{C}$ ).

Підставивши у формулу, одержимо:

$$\varepsilon_{\phi} = \frac{1 + 15400}{10^3 \cdot 3,56(15 - 8)} = 1,62$$

По [3] знаходимо коефіцієнти теплопередачі огорожень сховища:

$$k_{\text{ст}} = 0.44, \quad k_{\text{пок}} = 0.35 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^{\circ}\text{C}).$$

Питому площу поверхонь стін та покриття визначимо за формулою:

$$F_{\dot{n}\dot{o}} = (hAn + hBn)10^{-3} \quad (4.3)$$

де  $h$  – висота стін, м;

$A$  – довжина складу, м;

$B$  – ширина складу, м;

$n$  – кількість стін, шт.

$$F_{\dot{n}\dot{o}} = (6 \cdot 30 \cdot 2 + 6 \cdot 12 \cdot 2)10^{-3} = 0,504 \text{ м}^2 / \text{с}$$

$$F_{\dot{m}\dot{e}} = AB \cdot 10^{-3} \quad (4.4)$$

Підставивши значення, одержимо:

$$F_{\text{нок}} = 30 \cdot 12 \cdot 10^{-3} = 0,36 \text{ м}^2 / \text{т}$$

Коефіцієнт, що враховує теплопередачу через підлогу -  $\varepsilon_{\text{п}} = 0.75$ , коефіцієнт теплопритоків через огородження  $\varepsilon_{\text{про}} = 0.65$ . По [Захарову] знаходимо коефіцієнт використання висоти складського приміщення  $\varepsilon_{\text{верб}} = 0.834$ .

Приведена питома площа поверхні огородження визначають по формулі:

$$F_o = \frac{[2(B + A)(h / \varepsilon_{\text{ув}}) + BA\varepsilon_n]}{M}, \quad (4.5)$$

де  $h$  – максимальна висота штабеля, м;

$M$  – повна місткість однієї секції складського приміщення, т.

$$F_o = \frac{[2(12 + 30)(5,2 / 0,834) + 12 \cdot 30 \cdot 0,75]}{1000} = 0,79 \text{ м}^2 / \text{т}$$

Середньозважений коефіцієнт теплопередачі визначається по формулі:

$$\kappa_o = \frac{(\kappa_{\text{ст}} F_{\text{ст}} + \kappa_{\text{нок}} F_{\text{нок}} \varepsilon_n)}{F_o} \quad (4.6)$$

Підставивши значення, одержимо:

$$\kappa_o = \frac{(0,44 \cdot 0,504 + 0,35 \cdot 0,36 \cdot 0,75)}{0,79} = 0,4 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot ^\circ \text{C})$$

Коефіцієнт, що враховує додаткові припливи теплоти, визначають по

формулі:

$$\varepsilon_{om} = 1 + \frac{3,6\kappa_0 F_0 \varepsilon_0 [t_{нф} - 0,5(t_1 + t_2)] \tau_\phi + g_m c_m (t_1 - t_2)}{10^3 c (t_1 - t_2)} \quad (4.7)$$

де  $t_{нф}$  – середня температура зовнішнього повітря за дану фазу охолодження продукції,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$g_T$  – питома маса тари, кг/т;

$c_T$  – масова теплоємність тари, кДж/(кг  $^{\circ}\text{C}$ ).

$$\varepsilon_{om} = 1 + \frac{3,6 \cdot 0,4 \cdot 0,79 \cdot 0,65 [3 - 0,5(15 + 8)] 240}{10^3 \cdot 3,56(15 - 8)} = 0,94$$

У даному випадку внаслідок низької температури  $t_{нф}$  відбувається не приплив, а втрата теплоти через огороження складського приміщення.

Якщо вентилятори в середньому будуть працювати 5 год. у добу, то коефіцієнт робочого часу вентилятора буде визначатися по формулі:

$$\varepsilon_p = \frac{\tau_c}{24}, \quad (4.8)$$

де  $\tau_c$  – середнє число годин роботи вентиляторів у добу, год.

$$\varepsilon_p = \frac{5}{24} = 0,21$$

Густина приточного повітря при  $t_n = 5^{\circ}\text{C}$  і барометричному тиску 99.3 кПа густина повітря  $\rho = 1.245 \text{ кг/м}^3$ .

Коефіцієнт, що враховує теплоту, що виділяється при випарі вологи з картоплі, визначимо по формулі:

$$\xi = \frac{(41,6 - t_n)}{(24,4 - t_n)} \quad (4.9)$$

Підставивши у формулу, одержимо:

$$\xi = \frac{(41,6 - 5)}{(24,4 - 5)} = 1,89$$

Інтенсивність активного вентилявання визначимо по формулі:

$$Q_{ав} = \frac{10^3 c \varepsilon_{\phi} \varepsilon_{dm}}{\tau_{\phi} \varepsilon_p \rho c_p \xi} \ln \frac{t_1 - t_n}{t_2 - t_n} \quad (4.10)$$

де  $c_p$  – питома ізобарна теплоємність повітря, кДж/(кг °С);

$\xi$  – коефіцієнт, що враховує тепловий ефект випарного охолодження продукції.

Підставивши у формулу, одержимо:

$$Q_{ав} = \frac{10^3 \cdot 3,56 \cdot 1,62 \cdot 0,94}{240 \cdot 0,21 \cdot 1,245 \cdot 1 \cdot 1,89} \ln \frac{15 - 5}{8 - 5} = 55 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Розрахункова подача вентилятора визначається по формулі:

$$Q_{в} = Q_{ав} M / n \quad (4.11)$$

де  $M$  – місткість однієї секції складського приміщення, т;

$n$  – число вентиляційних установок.

У складських приміщеннях місткістю більше 500 тонн зазвичай влаштовують не менше двох автономних систем вентиляції.

$$Q_{в} = 55 \cdot 1000 / 2 = 27500 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Площі поперечних перерізів магістрального і розподільних вентиляційних каналів визначають, виходячи з витрати і максимально допустимої швидкості руху повітря по формулі:

$$f = Q / 3600v \quad (4.12)$$

де  $Q$  – витрата повітря через канал, що розраховується, м<sup>3</sup>/год, для ОВ-320

$$Q = 21000 \text{ м}^3 / \text{год};$$

$v$  – швидкість руху повітря в цьому каналі, м/с.

У магістральному каналі значення  $v$  не повинно перевищувати 8-10 м/с, у розподільних каналах - 4-5 м/с.

$$f = 21000 / 3600 \cdot 4 = 1,45 \text{ м}^2$$

Розрахунковий повний тиск, що повинен розвивати вентилятор,



визначають по формулі:

$$P_e = 1,1[\Sigma(RL + Z) + P_{np}] \quad (4.13)$$

де 1.1 – запас тиску на непередбачений опір;

$\Sigma(RL+Z)$  – втрати тиску на тертя й у місцевих опорах у найбільш протяжній гілці вентиляційної мережі, Па;

$P_{np}$  – гідравлічний опір насипу продукції, Па.

$$P_{np} = p_{np} h \quad (4.14)$$

де  $p_{np}$  – питомий гідравлічний опір насипу, по [Захарову]  $p_{np} = 29$  Па.

$$P_{np} = 29 / 5,2 = 5,6 \text{ Па}$$

Значення  $R$  визначаємо по номограмі [2], уточнене значення визначається з огляду на поправочний коефіцієнт шорсткості.

$$R_{ym} = R\beta \quad (4.15)$$

$$R_{ym} = 2 \cdot 1,68 = 3,36 \text{ Па} / \text{м}$$

$$Z = \Sigma \xi P_o \quad (4.16)$$

де  $\Sigma \xi$  – сума коефіцієнтів місцевих опорів ділянки повітропроводу;

$P_d$  – динамічний тиск потоку повітря, Па.

$$P_o = v^2 \rho / 2 \quad (4.17)$$

де  $\rho$  – густина повітря в трубопроводі,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .

$$\rho = 346 / (273 + t) \quad (4.18)$$

$$\rho = 346 / (273 + 2) = 1,26 \text{ кг} / \text{м}^3$$

$$P_o = 4^2 \cdot 1,26 / 2 = 10,1 \text{ Па}$$

$$Z = 1,1 \cdot 10,1 = 11,11 \text{ Па}$$

Питома подача повітря на  $1 \text{ м}^3$  площі підлоги визначається по формулі:

$$Q_F = h \rho_n Q_{av} \quad (4.19)$$

де  $\rho_n$  – насипна густина продукції,  $\text{т}/\text{м}^3$ ; по [2]  $\rho_n = 0.6$ ;

$$\rho_{\phi} = 0.6 \cdot 1.08 = 0.648 \text{ т}/\text{м}^3.$$

$$Q_F = 5,2 \cdot 0,648 \cdot 55 = 185,3 \text{ м}^3 / \text{год}$$

$$P_g = 1,1[\sum(3,36 \cdot 35 + 11,11) + 5,6] = 147,7 \text{ Па}$$

За отриманим значенням подачі і повному тискові вибираємо вентилятор Ц4-70 №2,5 з частотою обертання 5500 об/хв.

Необхідну потужність на валу електродвигуна для вентилятора визначають по формулі:

$$P_o = Q_g P_g / (3,6 \cdot 10^6 \cdot \eta_g \eta_n) \quad (4.20)$$

де  $\eta_y$  – ККД вентилятора,  $\eta_y = 0,8$ ;

$\eta_n$  – ККД передачі,  $\eta_n = 1$ .

$$P_o = 27500 \cdot 147,7 / (3,6 \cdot 10^6 \cdot 0,8 \cdot 1) = 1,4 \text{ кВт}$$

Встановлена потужність електродвигуна визначається по формулі:

$$P_{est} = \kappa_3 P_o, \quad (4.21)$$

де  $\kappa_3$  – коефіцієнт запасу потужності, приймається по [Захарову]  $\kappa_3 = 1,2$ .

$$P_{est} = 1,2 \cdot 1,4 = 1,7 \text{ кВт}$$

По [8] вибираємо електродвигун серії АИР80В2:  $P_n = 2,2$  кВт,  $n_n = 2850$  об/хв,  $\eta = 83\%$ ,  $\cos\varphi = 0,87$ ,  $\lambda_n = 2,1$ ,  $\lambda_{min} = 1,8$ ,  $\lambda_{кр} = 2,6$ ,  $\kappa_i = 6,4$ .

#### 4.2. Дослідження механічної характеристики електродвигуна

Побудуємо механічну характеристику електродвигуна

Момент номінальний визначається по формулі:

$$M_n = 9,55 \frac{P_n}{n_n} \quad (4.22)$$

де  $P_n$  – номінальна потужність двигуна, Вт;

$n_n$  – номінальна частота обертання, об/хв.

$$M_n = 9,55 \frac{2200}{2850} = 7,4 \text{ Нм}$$

Номінальне ковзання визначають по формулі:

$$S_n = \frac{n_o - n_n}{n_o} \quad (4.23)$$

де  $n_o$  – синхронна частота обертання, об/хв.

$$S_n = \frac{3000 - 2850}{3000} = 0,05$$

Критичний момент визначають по формулі:

$$M_{кр} = \lambda_{кр} M_n \quad (4.24)$$

де  $\lambda_{кр}$  – кратність критичного моменту.

$$M_{кр} = 2,6 \cdot 7,4 = 19,24 \text{ Нм}$$

Критичне ковзання визначається по формулі:

$$S_{кр} = S_n (\lambda_{кр} + \sqrt{\lambda_{кр}^2 - 1}) \quad (4.25)$$

$$S_{кр} = 0,05 (2,6 + \sqrt{2,6^2 - 1}) = 0,25$$

Мінімальний момент визначають по формулі:

$$M_{\min} = \lambda_{\min} M_n \quad (4.26)$$

де  $\lambda_{\min}$  – кратність мінімального моменту.

$$M_{\min} = 1,8 \cdot 7,4 = 13,32 \text{ Нм}$$

Ковзання мінімальне приймається  $S_{\min} = 0,8 \dots 0,85$

Пусковий момент визначають по формулі:

$$M_n = \lambda_n M_n \quad (4.27)$$

де  $\lambda_n$  – кратність пускового моменту.

$$M_n = 2,1 \cdot 7,4 = 15,54 \text{ Нм}$$

Кутова швидкість для декількох значень ковзань визначається по формулі:

$$\omega_i = \omega_o(1 - S_i) \quad (4.28)$$

Розрахункові значення зведемо в таблицю 4.1, по яких будемо механічну характеристика електродвигуна (рис. 4.1)

Таблиця 4.1 – Дані для розробки навантажувальної характеристики електричного двигуна

<b>S<sub>i</sub></b>	<b>1</b>	<b>0,85</b>	<b>0,25</b>	<b>0,05</b>	<b>0</b>
<b>M<sub>i</sub>, Нм</b>	<b>15,54</b>	<b>13,32</b>	<b>19,24</b>	<b>7,4</b>	<b>0</b>
<b>ω<sub>i</sub>, рад/с</b>	<b>0</b>	<b>47,1</b>	<b>235,5</b>	<b>298,3</b>	<b>314</b>

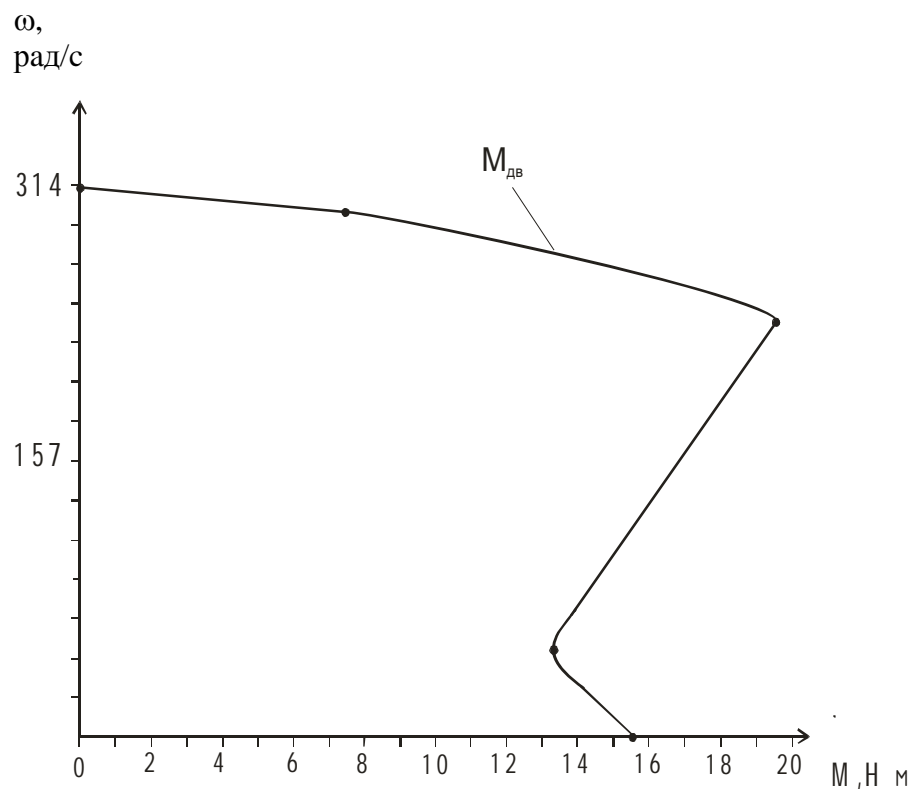


Рисунок 4.1. Навантажувальна характеристика електродвигуна

### 4.3. Розробка та аналіз механічної характеристики електровентилятора

Моменти опору робочої машини визначають за формулою:

$$M_c = M_o + (M_{сн} - M_o) \left( \frac{\omega_i}{\omega_n} \right)^x \quad (4.29)$$

де  $M_o$  – момент рушійний, Нм; приймається  $0.2 \dots 0.3 M_n$ ;

$x$  – показник ступеня,  $x = 2$ ;

$M_{сн}$  - момент опору при номінальному режимі роботи, Нм;

$\omega_i$  – поточне значення кутової швидкості обертання, рад/с;

$\omega_n$  – номінальне значення кутової швидкості обертання, рад/с.

Зведемо розрахункові дані в Таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Дані для розробки навантажувальної характеристики електровентилятора

$\omega_i$ , рад/с	0	47,1	235,5	298,3	314
$M_c$ , Нм	2,22	2,35	5,45	7,4	7,96

По отриманих даних побудовано механічну характеристику електровентилятора (рис. 4.2)

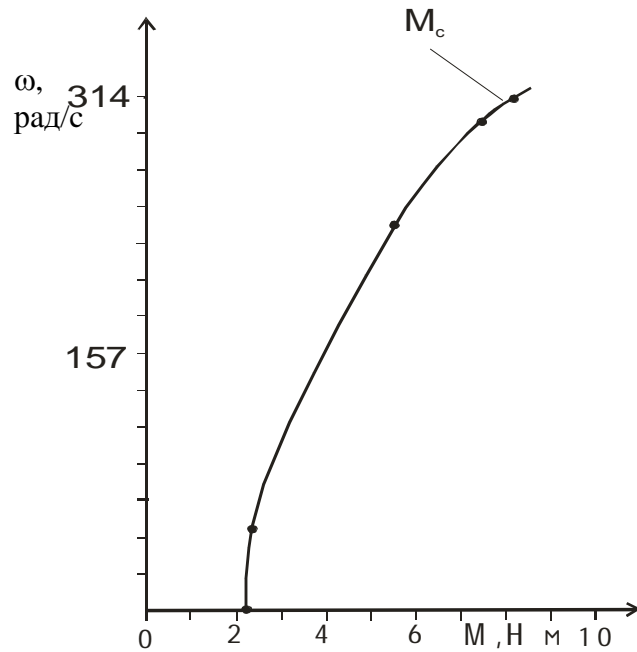


Рисунок 4.2. Навантажувальна характеристика електроventилятора

#### 4.4. Аналіз перехідних процесів при запуску електроventилятора

Для аналізу перехідних процесів при запуску електроventилятора використаємо основну залежність динаміки електроприводу:

$$\dot{I}_{\text{аєі}} = \dot{I}_{\text{аа}} - \dot{I}_{\text{н}} = J \frac{d\omega}{dt} \quad (4.30)$$

де  $J$  – момент інерції системи,  $J = 0.06 \text{ кгм}^2$ ;

$M_{\text{дв}}$  – момент електродвигуна, Нм;

$M_c$  – момент опору робочої машини.

Динамічні характеристики визначатимемо графічним методом.

Для розрахунку часу запуску системи використаємо метод пропорцій.

У його основу покладено подання змінних у виді збільшень:

$$(M_{\text{ов}} - M_c) / J = \frac{d\omega}{dt} \quad (4.31)$$

Вісь кутової частоти розбивається на багато інтервалів при сталому



## **5. Спеціальна частина.**

### **Використання пакету КОМПАС-ГРАФІК**

Пакет КОМПАС-ГРАФІК призначений для автоматизації проектування та підготовки конструкторської документації для різних галузей. Він ефективно використовується у машинобудуванні та приладобудуванні, архітектурі та будівництві, складанні планів і схем - всюди, де потрібно розробляти графічну та текстово-графічну документацію.

КОМПАС-ГРАФІК розроблений для операційної системи MS Windows і повністю використовує її можливості та переваги для надання користувачу максимально ефективною зручності в роботі.

### *Загальні вдосконалення*

1. Панель селектування переведена в розряд звичайних панелей (включається по натисканню відповідної кнопки на Панелі переключення).

2. Реалізовано режим запуску допомоги на діалозі по натисканню F1.

3. У діалозі настроювання визначеного тексту (Настроювання системи - Текстовий редактор - Визначений текст) з'явилася можливість вибрати шрифт, яким текст буде відображатися в діалозі вибору визначеного тексту.

4. З'явилася можливість настроювання відображення імені документа в заголовку вікна - Повне ім'я (зі шляхом) або Скорочене



ім'я (без шляху). Якщо ім'я документа має стандартне розширення КОМПАС-ГРАФІК, то при скороченні імені розширення не показується. Зазначене налаштування знаходиться в розділі Екран - Ім'я в заголовку вікна діалогу налаштування системи.

5. Вставка фрагмента підкоряється команді Операції - Зруйнувати із системного меню.

6. У режимі Без команди при натисканні правої кнопки миші на селекторній вставці фрагмента видається контекстне меню, що містить крім звичайних ще і команди Редагувати джерело і Зруйнувати.

7. З'явився новий об'єкт - Позначення центра. Його можна поставити на окружність, дугу окружності, еліпс, дугу еліпса, прямокутник і багатокутник, а також окремо від яких-небудь об'єктів. Позначення центра має три форми: дві осі, одна вісь і умовна позначка («хрестик»).

Можливі два способи простановки позначення центра:

а) включити кнопку 3 осями при введенні/редагуванні кривих (у тих командах, де ця кнопка є);

б) викликати нову команду Позначення центра на Інструментальній панелі розмірів і технологічних позначень. Якщо під час запиту кривій активізувати параметр-центр або кут (або ввести в них значення), то відбудеться перехід у режим проставлення позначення центра без базової кривої.

### ***Параметричні можливості***

1. Додалася можливість параметризації операції дзеркальної симетрії. Вона набувається в тому ж діалозі, що й інші можливості параметричного режиму (торкання, паралельність, перпендикулярність,

прив'язки). Параметризація виробляється тільки в тому випадку, якщо вісь симетрії задана шляхом явної вказівки відрізка (але не прямій і не двох крапок, через які проходить вісь). При видаленні відрізка, що був віссю симетрії, параметричний зв'язок зникає.

2. На Інструментальній панелі параметризації з'явилася команда Симетрія крапок, за допомогою якої можна встановити симетрію характерних крапок об'єктів щодо відрізка.

3. Вилучено рядок Параметризація з меню Операції. Команди, список яких вона викликала, розподілилися в такий спосіб.

Керування рішеннями. Діалог настроювання параметричного режиму в поточному документі, що викликала ця команда, тепер знаходиться в налаштуваннях параметрів поточного документа (Параметризація).

Параметризувати об'єкти. Цю команду викликаються кнопкою на інструментальній панелі параметризації.

4. З'явилася можливість настроювання параметричного режиму для знову створюваних документів (Налаштування нових документів - Графічний документ - Параметризація).

5. Змінився зовнішній вигляд діалогу настроювання параметричного режиму. У ньому замість окремих опцій зроблено два списки - які об'єкти робити є асоційованими, а які побудови автоматично параметризувати.

6. Позначення центра може бути асоціативним. При зміні параметрів базової кривої відбувається автоматичне перебудування асоціативних осей таким чином, щоб вони проходили через центр кривої і виступали за базову криву на 2 мм. Включити асоціативність осей, що проставляються, можна в тому ж діалозі, де набудовується простановка інших асоціативних об'єктів (розмірів, позначень

шорсткості і баз і т.д.)

7. З'явилася можливість привласнити асоціативному розміру ім'я змінної. Ім'я вводиться в діалозі зміни значення розміру.

8. З'явилася можливість задати аналітичні залежності (рівняння і нерівності) між змінними документа. Для виклику діалогу роботи з рівняннями і нерівностями служить кнопка Рівняння і нерівності на інструментальній панелі параметризації. Синтаксис припустимих виражень описаний у Допомозі до діалогу роботи з рівняннями і нерівностями.

9. Можна переглянути імена і значення існуючих у поточному документі змінних, ввести коментар до кожної з них. Для виклику діалогу перегляду служить кнопка Перемінні на Інструментальній панелі параметризації.

10. З'явилася можливість вставки параметричного фрагмента в інший документ КОМПАС-ГРАФІК. Якщо у фрагменті є перемінні (зв'язані з розмірами або виниклі в результаті введення рівнянь і нерівностей), будь-які з них можна зробити зовнішніми. Тоді при вставці цього фрагмента в інший документ КОМПАС-ГРАФІК буде виданий діалог, у якому можна змінити значення зовнішніх перемінних. Об'єкти вставленого фрагмента переходять відповідно до нових значень зовнішніх перемінних. Якщо фрагмент вставлений посиланням, то зберігається можливість надалі по подвійному клацанні на ньому знову викликати діалог редагування значень зовнішніх змінних. Таким чином, зовнішні змінні є механізмом керування параметрами вставленого фрагмента без редагування його "зсередини".

11. У командах Інструментальної панелі параметризації з'явилися кнопки Запам'ятати стан і Вказати заново. Порядок їхнього застосування - такий же, як в інших командах.

## *Прив'язки*

1. Реалізовано команду Заборонити/дозволити дію глобальних прив'язок. Кнопка-перемикач для її швидкого виклику розміщується в Рядку поточного стану. Акселератор - <Ctrl> + d.

2. Замість прив'язки Ортогональність введена Кутова прив'язка з можливістю настроювання кроку від 0,1 до 180 градусів. При включеному в діалозі настроюванні глобальних прив'язок динамічному відображенні тексту поруч з курсором у момент спрацьовування кутової прив'язки з'являється числове значення величини кута.

3. У зв'язку з зазначеними в пп. 1 і 2 удосконаленнями змінився зовнішній вигляд діалогу настроювання глобальних прив'язок, викликаного кнопкою Прив'язки в Рядку поточного стану. У ньому з'явилася опція, що дублює кнопку-перемикач у Рядку поточного стану, і поле редагування кроку кутової прив'язки.

4. Змінено роботу клавіатурних сполучень <Ctrl> + стрілки (у тому числі на цифровій клавіатурі). Тепер вони позиціонують курсор не на найближчу криву, а на першу криву, що зустрілася в заданому напрямку, (у межах видимості на екрані). При цьому не враховуються об'єкти оформлення.

5. Додано обробку клавіш <Ctrl>+<1>, <Ctrl>+<7>, <Ctrl>+<9>, <Ctrl>+<3> цифрові клавіатури (NumLock включена). Тепер ці комбінації викликають прив'язку в локальній СК по кутах, рівних 45гр.

6. Прив'язка Найближча крапка враховує кутові крапки таблиці основного напису.

7. Прив'язка Середина враховує середини сторін внутрішньої рамки.

## **6. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях**

### **6.1. Техніка електробезпеки у складських приміщеннях**

Для захисту людини від поразки електричним струмом використовують різні засоби і міри безпеки. Небезпека поразки електричним струмом і його важкість визначається видом електроустановки, умовами застосування електроустаткування. Вона залежить від шляху проходження електричного струму по тілу людини. Особливо небезпечне проходження його через грудну клітку (область розташування серця): рука-рука, рука-ноги. Ще більш небезпечне проходження струму через голову (область розташування головного мозку): голова-руки, голова-ноги [10].

Має значення величина номінальної напруги, з врахуванням чого напруги розрізняють до 1000 В і вище 1000 В. Чим вища напруга, тим більша небезпека поразки струмом при дотику до струмоведучих частин. Велике значення для безпеки мають умови зовнішнього середовища, від яких залежить стан ізоляції між тілом людини і струмоведучою частиною в місці їхнього контакту. Підвищена вологість і запиленість середовища збільшує небезпека поразки струмом.

В даний час знаходять застосування найрізноманітніші організаційні і технічні методи захисту від поразки електричним струмом.

Організаційні:

- правильна організація і впровадження безпечних методів роботи;
- навчання й інструктаж електротехнічного персоналу;
- контроль і нагляд за виконанням правил техніки безпеки і прийомів роботи;
- механізація й автоматизація технологічних процесів, використання роботів.

Технічні:

- забезпечення нормальних метеорологічних умов у робочій зоні, освітленості робочого місця;
- застосування необхідних захисних мід і засобів;
- застосування безпечного електроінструмента, блокувань комутаційних електроапаратів і контрольно-вимірювальних приладів;
- використання огорожень, спеціального одягу, взуття, рукавиць.

Застосовують індивідуальні засоби захисту від дотику зі струмоведучими частинами, що знаходяться під напругою. Це ізольовані вимірювальні штанги, кліщі для установки і зняття трубчастих запобіжників під струмом, струмовимірювальні кліщі, ізольовані ручки монтерського інструмента, діелектричні рукавички, галоші, гумові коврики, підставки на порцелянових ізоляторах, ізолюючі огороження й ін. Для тимчасового огороження струмоведучих частин електроустановок, що знаходяться під напругою, застосовують захисні огороження, ширми, бар'єри, щити, що переносять у міру необхідності з одного місця роботи на інше. Також користуються тимчасовими, переносними заземлювачами - закорочувачами, якими заземлюють відключене електроустаткування від мережі.

Оголені струмоведучі частини, що неможливо розташувати на недоступній висоті, захищають від дотику оболонками (кожухами), суцільними або сітчастими огороженнями. Частини електроустановок, що нормально знаходяться під напругою, і інструмент покривають ізолюючими засобами і для запобігання дотику застосовують покажчики напруг і попереджувальні плакати.

В якості захисних мід проти поразки електричним струмом використовують подвійну ізоляцію деталей, виробів або частин установки, знижена напруга (до 12...36 В) у переносних приладах, інструменті. Найбільш розповсюдженим

й ефективним є заземлення і занулення неструмоведучих металевих частин електроустаткування, приладів, що можуть випадково виявитися під напругою.

Заземлення (захисне) варто відрізнити від звичайного робочого заземлення, що застосовують також для навмисного з'єднання з землею окремих точок електроустановок: нейтральні точки обмоток генераторів, трансформаторів, дугогасячих апаратів, фази при використанні землі в якості провода і т.д. Захисне заземлення застосовують для усунення небезпеки поразки струмом у випадку дотику до корпусу електродвигуна, апарата й інших неструмоведучих металевих частин, що виявилися під напругою через замикання на корпус або з інших причин.

Заземлюючий пристрій - це провід, що знаходиться в безпосереднім з'єднанні з землею (грунтом) одним кінцем і з елементом, що заземлюється, - іншим. Захисне заземлення застосовують в установках напругою до 1000 В з незаземленою нейтраллю (рис. 6.1).

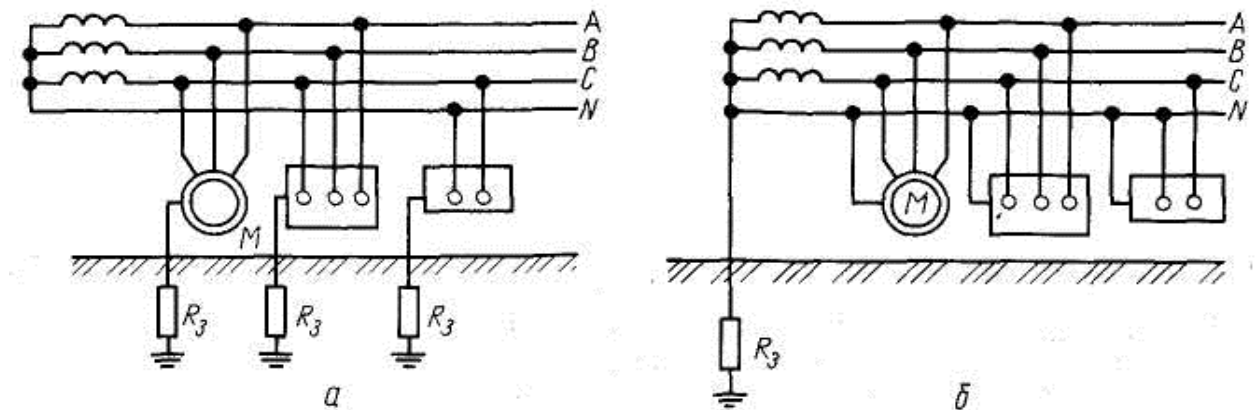


Рисунок 6.1. Захисні заземлюючі пристрої:

а - захисне заземлення; б - захисне занулення.

Заземлення зазвичай здійснюють сталевими проводами тієї або іншої форми і визначеного розміру. Заземлюючі проводи повинні бути пофарбовані в чорний колір. Їх можна фарбувати й в інші кольори, але при цьому на відстані 150 мм від місця приєднання до корпусу необхідно нанести не менше двох поперечних смуг чорного кольору.

На деяких підприємствах постачання електроенергією здійснюється по чотирьохпровідній системі з глухозаземленою нейтраллю. У цьому випадку застосовують захисне занулення: усі неструмоведучі частини електроустановок, оболонки (як і при заземленні) з'єднують із заземленою нейтральною точкою (нульовою точкою) вторинної обмотки трансформатора мережі живлення. Такий з'єднувальний провід називають нульовим. Як правило, це сталеві, неізольовані плоскі або круглі провідники, розмір яких приймають таким же, як і при заземленні.

Занулення корпуса переносного електроінструмента здійснюють спеціальною жилою. Це третя жила в шнурі або кабелі для електроінструмента однофазного струму або постійного струму і четверта жила для електроінструмента трифазного струму. Занулення перетворює замикання на корпус в однофазне коротке замикання. У результаті цього спрацьовує максимальний струмовий захист (запобіжники, автомати) і селективно відключає пошкоджену ділянку від мережі. У мережах із заземленою нейтраллю застосовують занулення, а заземлення тут недоречне. Однак часто поряд із зануленням у цьому випадку застосовують ще і заземлення, що підвищує безпеку.

Досить часто зустрічається небезпека переходу напруги первинної обмотки трансформатора (високе) на сердечник або на вторинну обмотку його (низьке) через пошкодження ізоляції. Для зниження цієї небезпеки застосовують заземлення або занулення (рис. 6.2).

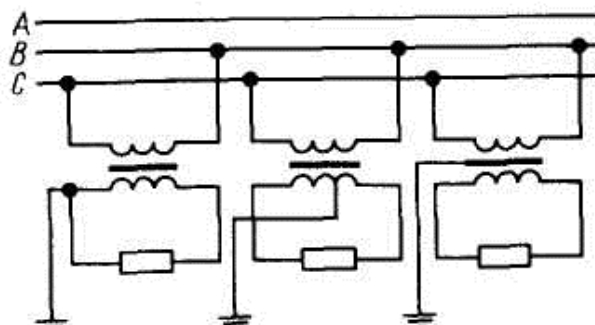


Рисунок 6.2. Захисне заземлення (занулення) вторинної обмотки і сердечника трансформатора на випадок переходу на них високої напруги з первинної обмотки



## **6.2. Заходи з безпеки життєдіяльності на складських приміщеннях**

Під терміном "виробничий мікроклімат" розуміють умови виробничого середовища, які забезпечують відчуття комфортності на виробництві.

До параметрів виробничого мікроклімату належать температура і вологість повітря, а також швидкість його руху. Ці компоненти виробничого середовища здатні як знижувати, так і підвищувати продуктивність праці, спричинювати не пов'язані з виробничим процесом захворювання, впливати на самопочуття персоналу тощо.

### **6.2.1. Температура повітря**

Висока температура повітря в робочих приміщеннях може зумовлюватися характером технологічного процесу. При дослідженні мікроклімату в цехах металургійних заводів було встановлено, що близько 30-40 % теплоти, яка потрібна за технологією виробництва, надходить у повітря виробничих приміщень. Позаяк повністю видалити надлишки теплоти, особливо в літній період, дуже важко, температура повітря в робочій зоні може досягати 30-40 °С і вище. Окремі короточасні трудові операції потребують температури повітря 60-90 °С і вище. Наприклад, на цукрових заводах згідно з технологією під час сушіння рафінаду температуру повітря підтримують щонайменше 42 °С.

Висока температура повітря на окремих виробництвах поєднується з високою вологістю та інтенсивним інфрачервоним випромінюванням. Наприклад, у вугільних шахтах на глибині 800 м температура повітря досягає 30-32 °С при відносній вологості 89-95 %; на глибині понад 2000 м – 42-50 °С при такому самому рівні відносної вологості. На робочих місцях у доменному, мартенівському та прокатному цехах температура повітря в літній період часто перевищує 40 °С.

Отже, на виробництві причини високої температури повітря на робочих місцях можуть бути такі:

- нагрівання повітря в результаті контакту з технологічним обладнанням, призначеним для плавлення, нагрівання, сушіння, випалу різних матеріалів, а також з нагрітими до високої температури виробами та оброблюваними матеріалами (розплавлені метали, шлак, прокат чорних і кольорових металів тощо);

- теплота, що утворюється під час екзотермічних хімічних реакцій і виділяється крізь нещільності в обладнанні, у трубопроводах у вигляді гарячої пари, нагрітих газів або яка утворюється в результаті перетворення електричної та механічної енергії;

- нагрівання повітря до температури гірничої маси у глибоких підземних виробках (вугільна, гірничорудна промисловість). Низька температура повітря у виробничих приміщеннях, так само, як і висока, зумовлюється характером технологічного процесу (холодильні камери, текстильне виробництво тощо) або внаслідок відсутності опалення в холодну пору року. При виконанні робіт на відкритому повітрі його температура залежить від метеорологічних умов певної місцевості.

### 6.2.2. Підвищений атмосферний тиск як виробничий фактор

Окремі технологічні процеси здійснюються в умовах підвищеного атмосферного тиску. Наприклад, проходження горизонтальних і вертикальних підземних виробок через обводнені пласти, а також виконання робіт під водою можливі тільки за умови витіснення води з робочої камери за допомогою стисненого повітря.

Роботи на великій глибині слід виконувати у спеціальних пристроях – кесонах. Такі роботи найчастіше виконують при будівництві мостів і гребель, фундаментів, тунелів метро, у вугільній, гірничодобувній галузях промисловості тощо. Впливу підвищеного атмосферного тиску зазнають

також водолази й аквалангісти.

### 6.2.3. Інфрачервоне випромінювання

Інфрачервоне (теплове) випромінювання – це невидиме електромагнітне випромінювання нагрітих тіл, що виникає за рахунок їх внутрішньої енергії. Воно має суцільний спектр (довжина хвилі – від 0.76 мкм до 1 мм); потужність і спектральний склад залежать від температури випромінюючого тіла. Зі збільшенням температури останнього загальна енергія випромінюваного теплового потоку підвищується в бік короткохвильового випромінювання.

Якщо у виробничих умовах температура джерела випромінювання не перевищує 500 °С (паропроводи, нагрівальні печі в термічних і ковальсько-пресових цехах, хімічна апаратура), то потік випромінювання буде лише інфрачервоним; при вищих температурах випромінюючих тіл (500-1200 °С) в їх спектрі з'являються видимі промені. Якщо температура джерела випромінювання становить щонайменше 2000 °С (розплавлене скло і метал, вольтова дуга), в їх спектрі поряд з інфрачервоним і видимим випромінюванням з'являється ультрафіолетове.

Розрізняють такі діапазони спектра інфрачервоного випромінювання: короткохвильовий (0.76-15 мкм), середньохвильовий (15-100 мкм) і довгохвильовий (понад 100 мкм). Кількість теплоти, яку організм одержує ззовні при інфрачервоному випромінюванні, залежить від енергетичної світності, тривалості дії джерела випромінювання, а також площі опроміненої поверхні.

Довгохвильове інфрачервоне випромінювання повністю поглинається поверхнею шкіри, а короткохвильове проникає у шкіру на глибину близько 2см.

Інтенсивність інфрачервоного випромінювання в цехах окремих виробництв, зокрема на підприємствах чорної та кольорової металургії, а також у машинобудуванні коливається в широких межах і набуває значень,

що набагато перевищують значення сонячного випромінювання на поверхні Землі. Працівники, які обслуговують нагрівальні пристрої, зазнають дії інфрачервоного випромінювання потужністю 4886-16752 Вт/м<sup>2</sup> і більше. Одноразове поромінення, як правило, не триває довго, але протягом робочого дня сукупне опромінення може бути значним (15-50 % робочого часу). Часто у виробничих приміщеннях поряд з дуже нагрітими предметами розміщують джерела випромінювання з порівняно невисокою температурою поверхні (50-150 °С), тобто довгохвильового діапазону.

#### 6.2.4. Вологість повітря

Ступінь вологості повітря в робочій зоні визначається технологічним процесом і може бути як надто високим (понад 75 % відносної вологості), так і істотно зниженим.

Джерелами інтенсивного виділення вологи на виробництві є процеси, які здійснюються в недостатньо герметичній або зовсім розкритій апаратурі, обводнені підземні виробки у гірничодобувній промисловості тощо. Гідропроекти застосовують практично в усіх галузях промисловості, але в одних галузях, наприклад при гідродобуванні корисних копалин, у целюлозно-паперовому виробництві, гідрометалургії, вони становлять основу технології, в інших (у машинобудуванні, радіотехнічній, текстильній промисловості) обмежені окремими цехами або ділянками. На окремих ділянках деяких виробництв високу вологість повітря підтримують штучно, використовуючи зволожувальні установки (у прядильних і ткацьких цехах).

В окремих галузях промисловості вологість повітря в робочій зоні може бути зниженою. Це спостерігається тоді, коли у виробничі приміщення повітря надходить з низькою абсолютною вологістю, а потужні джерела виділення теплоти сприяють подальшому його висушуванню. Наприклад, у цехах металургійних підприємств відносна вологість повітря може знижуватись до 20 % і більше, що викликає неприємне відчуття сухості у верхніх дихальних шляхах.

### 6.2.5. Тепловий обмін людини в умовах виробництва

У процесі життєдіяльності людини хімічна енергія білків, вуглеводів і жирів, що надходять з їжею, постійно перетворюється на теплоту, яка виділяється в навколишнє середовище. Постійна температура тіла людини, як і теплокровних тварин, підтримується за рахунок складних процесів, які мають фізичну та хімічну основу і називаються відповідно фізична та хімічна терморегуляція.

В основі хімічної терморегуляції лежать процеси вивільнення енергії за рахунок окислення поживних речовин, в основі фізичної – зменшення або збільшення тепловіддачі залежно від умов навколишнього середовища. Розглянемо докладніше фізичну терморегуляцію.

Тепловий комфорт – це суб'єктивне відчуття людини, яким вона виражає задоволеність мікрокліматичними умовами навколишнього середовища, а також такий стан механізмів терморегуляції, коли вони не напружуються. Як правило, тепловий комфорт людини визначають за її тепловідчуттям і температурою шкіри.

Людина відчуває тепловий комфорт, коли середньозважена температура її шкіри становить 31.0-34.5 °С (при температурі навколишнього середовища 24- 26 °С). За нижчої температури шкіри у людини з'являється неприємне відчуття холоду, за вищої температури – відчуття спеки. У комфортному стані кількість теплоти, що утворюється в організмі за одиницю часу (93-116,3 Вт), дорівнює кількості теплоти, що віддається ним у навколишнє середовище. Проте ця закономірність непостійна. Щодо гомойотермного організму, яким є людський організм, це спостерігається лише при вимірюваннях теплообміну протягом великого проміжку часу.

За сприятливих мікрокліматичних умов тепловтрати організму завжди дорівнюють теплоутворенню, внаслідок чого зберігається тепловий баланс, який і визначає тепловий комфорт організму.

Тепловіддача здійснюється одночасно кількома шляхами залежно від

стану організму і навколишнього середовища:

- випромінюванням з поверхні тіла;
- конвекцією, тобто передаванням теплоти в повітря навколо поверхні тіла;
- кондукцією внаслідок переходу теплоти від поверхні тіла до предметів під час контакту з ними;
- випаровуванням вологи з поверхні шкіри та слизової оболонки дихальних шляхів.

У виробничих умовах кондукційна тепловіддача не має істотного значення. Згідно з окремими даними, при комфортних умовах мікроклімату і теплопродукції 80-120 Вт тепловіддача випромінюванням становить 45-55 %, конвекцією – 15-30%, випаровуванням вологи – 20-25 %, кондукцією – близько 2-5 %. Зміна кількісного співвідношення шляхів тепловіддачі визначається важкістю виконуваної роботи і метеорологічними умовами на робочому місці. Обмін теплоти організму з навколишнім виробничим середовищем здійснюється за законами термодинаміки, зокрема Стефана-Больцмана (для тепловіддачі випромінюванням), Ньютона (для тепловіддачі конвекцією) та Фур'є (для тепловіддачі кондукцією).

За комфортних умов різниця між температурою тіла та середньозваженою температурою шкіри коливається в межах 3-5 °С. Різниця між температурою на поверхні тулуба і на кінцівках у стані спокою за сприятливих умов навколишнього середовища не повинна перевищувати 0,5 °С; температура на ділянках шкіри (груди, спина), що закриті одягом, вища за температуру на оголених ділянках шкіри на 1-2 °С.

Тривала дія на організм людини високої температури може спричинити підвищення температури її тіла до кількох десятих градуса, а при недостатності механізмів терморегуляції – на 1-2 °С і більше. При виконанні фізичної роботи, а отже, при вищій теплопродукції, температура тіла змінюється швидше і помітніше.

Вплив високої температури навколишнього повітря на людину

виявляється у зміні тону судин і їх кровонаповненні. При цьому звужуються кровоносні судини м'язів і внутрішніх органів і розширюються периферичні судини шкіри. За помірного перегрівання тіла збільшується частота серцевих скорочень і прискорюється кровотік. Граничне перегрівання тіла призводить до зниження швидкості кровотоку, що спричинюється зниженням функціональних можливостей міокарду. Виявлено високий ступінь кореляції між змінами температури тіла і частотою серцевих скорочень: підвищення температури тіла (при вимірюванні під язиком) на 1 °С відповідає збільшенню частоти серцевих скорочень на 26,3 за хвилину.

Під впливом високої температури навколишнього середовища спостерігаються фазові зміни артеріального тиску. При температурі повітря 40 °С (температура тіла – 37.2-37.3 °С) знижується систолічний і діастолічний артеріальний тиск, а при вищій температурі (60-70 °С) систолічний тиск підвищується, а діастолічний знижується. Основною причиною зниження артеріального тиску на початковій стадії перегрівання тіла є перерозподіл крові в організмі в результаті розширення кровоносних судин шкіри. Виконання фізичної роботи в умовах високої температури навколишнього середовища на початковій стадії так само призводить до підвищення систолічного і зниження діастолічного артеріального тиску.

Під впливом високої температури внаслідок підвищення частоти серцевих скорочень збільшується хвилинний об'єм крові. Збільшення хвилинного об'єму крові може стати наслідком збільшення об'єму циркулюючої крові та підвищення швидкості кровотоку. Проте тривала дія на організм людини високих температур навколишнього середовища призводить до зменшення об'єму циркулюючої крові і зниження швидкості кровотоку. При перегріванні організму об'єм циркулюючої крові зменшується через судинну недостатність, що супроводжується накопиченням крові в розширених судинах внутрішніх органів.

Зауважимо, що незмінність хвилинного об'єму крові під впливом

високої температури свідчить про функціональні порушення в організмі.

Вплив високої температури навколишнього середовища на організм людини проявляється у значних змінах дихання. Незначне перегрівання організму людини (підвищення температури тіла на 0.9-1.4 °С) або не змінює частоти дихання, або викликає незначне її збільшення на чотири-п'ять дихальних рухів за хвилину. Значне прискорення частоти дихання у людини означає підвищення тканинного обміну, а отже, істотне порушення процесів терморегуляції. Механізм прискорення частоти дихання у людини під впливом високої температури є рефлексним і зумовлюється підвищенням температури тіла і фізико-хімічними змінами крові. Під впливом високої температури повітря та інфрачервоного випромінювання в організмі розвивається гіпоксія, ступінь якої залежить від інтенсивності й тривалості дії нагрівальних факторів, а також істотно змінюється водно-електролітний обмін, що пов'язано з втратою великої кількості води.

За звичайних умов при температурі повітря у затінку 24-26 °С людина у стані спокою споживає за добу до 3 л рідини. Підвищення температури повітря до 32 °С спричинює збільшення добового споживання рідини до 5-6 л. Працівники гарячих цехів, які зазнають впливу високої температури та інфрачервоного випромінювання і виконують фізичну роботу середньої важкості, споживають щонайменше 10 л рідини.

При тепловому комфорті основна маса води виводиться з організму нирками - близько 1.5 л за добу. На випаровування з поверхні шкіри витрачається близько 500 мл води, із слизової оболонки дихальних шляхів - 400 мл; близько 200 мл води виводиться через шлунково-кишковий тракт. При високій температурі повітря робочої зони і одночасному виконанні фізичної роботи виведення води із сечею за рахунок посиленого потовиділення значно зменшується.

Секрет потових залоз утворюється за рахунок позаклітинної, внутрішньоклітинної рідини і незначною мірою за рахунок плазми крові. За умов нагрітого мікроклімату максимальне потовиділення може досягати 3.5



л за годину. Внаслідок цього, незважаючи на високе водоспоживання, може істотно знизитись маса тіла (від 4-5 до 10-12 кг за зміну). Першим проявом зневоднення організму є відчуття спраги, що з'являється при втраті 1-2 % маси тіла.

Разом з потом з організму людини виводяться органічні та неорганічні речовини (0.26-0.78 % загальної маси поту). Близько двох третин становлять неорганічні сполуки і третина – органічні. З неорганічних речовин – це хлорид натрію (64-74 %), близько половини органічних сполук – сечовина. Основним компонентом поту є вода – близько 99.5 %.

Працівник за зміну при виділенні з потом втрачає 5-7 л рідини і лише 15- 20 г хлориду натрію. Велика втрата води (10-15 л) може спричинити втрату 30- 40 г хлориду натрію при загальному вмісті його в організмі близько 140 г. А зменшення вмісту хлоридів в організмі призводить до зміни фізико-хімічних властивостей крові; білкові колоїди втрачають здатність набрякати і затримувати воду. При втраті організмом 20-25% хлориду натрію, тобто 28-30 г, припиняється секреція шлункового соку; подальше його зменшення може стати причиною судом.

Крім хлориду натрію з потом виводяться магній, мідь, йод, марганець та інші елементи, що може спричинитися до порушення провідності серцевого м'яза, підвищеної проникності судинних стінок і мембран клітин крові. Виведення з організму при інтенсивному потовиділенні водорозчинних вітамінів (аскорбінової кислоти, тіаміну, піридоксину) може призвести до порушення їх обміну у працівників

гарячих цехів, осіб, які живуть в умовах жаркого клімату, особливо у людей, які прибули з широт з помірним кліматом. Під впливом високої температури навколишнього середовища відбувається також розпад білків, порушується азотистий баланс, змінюється імунологічна реактивність організму.

Комплексний вплив на працівника високої температури повітря та інших факторів виробничого середовища

У виробничих умовах на організм людини можуть одночасно впливати висока температура і такі несприятливі фактори, як виробничі отрути, шум, вібрація, виробничі промислові аерозолі та ін. Сумарний вплив кількох виробничих факторів фізичної та хімічної природи може істотно відрізнятись від їхньої ізольованої дії на функціонування різних систем організму, зокрема дихальної та серцево-судинної. Результати експериментальних і виробничих досліджень свідчать, що під впливом підвищеної температури повітря (28-35 °С), виробничого шуму (105-110 дБ) та вібрації (40-43 Гц) у людини, яка виконує роботу середньої важкості, зменшується швидкість сприймання зорової інформації, змінюється стійкість чіткого бачення, збільшується кількість помилкових відповідей, погіршується координація рухів. Під впливом шуму в поєднанні з високою температурою, фізичною працею та вібрацією спостерігаються значніші зміни, ніж, наприклад, під дією лише шуму. Підвищена температура повітря підсилює вплив багатьох виробничих отрут – ртуті, свинцю, оксиду вуглецю, бензину, бензолу, сірковуглецю та ін. Збільшення хвилинного об'єму дихання і крові, що спричинюється гіпертермією, призводить до значного збільшення надходження в організм газо- та пароподібних токсичних речовин через верхні дихальні шляхи з подальшою сорбцією їх кров'ю. Гіперемія шкіри під дією високої температури підвищує проникність у неї аніліну, іприту та інших речовин шкірно-резорбтивної дії. Деякі токсичні речовини, у свою чергу, знижують стійкість організму до перегрівання. Так, кобальт і анілін порушують терморегуляцію у відносно комфортних мікрокліматичних умовах.

## **Висновки**

В результаті виконання кваліфікаційної роботи було розроблено систему автоматизації складського приміщення з автоматичним регулюванням параметрів мікроклімату.

В ході виконання кваліфікаційної роботи було зроблено аналіз систем вентиляції й охолодження, систем автоматичного регулювання мікроклімату. Виконано розрахунки системи активного вентилявання складського приміщення.

Крім того в науково-дослідницькій частині роботи виконано дослідження системи активного вентилявання, розраховані і побудовані механічні характеристики електродвигуна вентилятора, проведено аналіз перехідного процесу при запуску вентиляційної системи.

## Перелік посилань

1. Малинівський С.М. Загальна електротехніка: Підручник.– Львів: Бескид Біт, 2003. – 640с.
2. Теоретичні основи електротехніки. Лінійні електричні кола: Підручник / М.П.Рибалко, В.О.Єсауленко, В.І.Костенко. – Донецьк: Новий світ, 2003. – 513с.
3. Береза А.М. Основи створення інформаційних систем: Навч. посібник. – К.: КНЄУ, 2001. – 214с.
4. Головка Д.Б. та ін. Автоматика і автоматизація технологічних процесів: Підручник / Д.Б.Головка, К.К.Рего, Ю.О.Скрипник. – К.: Либідь, 1997. – 232 с.
5. Попович М.Г. Теорія автоматичного керування : Підручник/ М.Г.Попович, О.В.Ковальчук. – К.: Либідь, 1997. – 544 с.
6. Прищепа М.М. Мікроелектроніка: У 3-х ч. Ч.1: Елементи мікроелектроніки: Навчальний посібник/ За ред. М.М.Прищепи. – К.: Вища шк., 2004. – 431с.
7. Теорія електропривода: Підручник/ За ред. М.Г.Поповича. – К.: Вища школа, 1993. – 494 с.
8. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навчальний посібник/ За ред. М.Г.Поповича. – К.: Либідь, 2005. – 672 с.
9. Електромеханічні системи автоматизації та електропривод (теорія і практика): Навчальний посібник/ За ред. М.Г.Поповича, В.В.Кострицького. – К.: КНУТД, 2008. – 408 с.
10. Ершов Н.Т. Технические средства системы контроля и регулирования

фруктохранилищ – М.: Агропромизда, 1996 – 43с

11. Рослов Н.Н. Комплексы для хранения картофеля и овощей.– М.: Россельхозиздат, 1995.– 207с.
12. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) Изд. 6-е, перераб. и доп. – М.: Энергосервис, 2001.-608с.
13. Остапенко Ю.А. Ідентифікація та моделювання технологічних об'єктів керування: Підручник.—К.: Задруга, 1999.-424 с.
14. Киричков В.Н. Идентификация объектов систем управления технологическими процессами.—К.: Вища школа, 1990.-263 с.
15. Демченко В.А. Автоматизация и моделирование технологических процессов АЭС и ТЭС: Учебное пособие.—Одесса: Астропринт, 2001.- 308 с.