

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра галузевого машинобудування та агроінженерії

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

На тему: Удосконалення технологічного процесу зберігання сировини шляхом модернізації обладнання на підприємстві з виготовлення сухих сніданків ТОВ «САННІФУД»

Освітній ступінь: Магістр

Галузь знань: G Інженерія, виробництво та будівництво

Спеціальність: G11 Машинобудування (за спеціалізаціями)

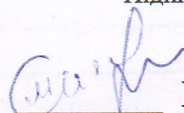
Предметна спеціальність/спеціалізація: Технологічні машини та обладнання

Освітня програма: Технологічні машини та обладнання харчових виробництв

Шифр: Кр.МАХВ 25.04.00.00.000 ПЗ

Виконав здобувач 2-го курсу гр. МАХВм-24-1  Віталій ГЛАДЧЕНКО
Підпис

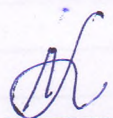
Керівник: д.т.н., професор


Підпис

Мирослав СТЕЧИШИН

До захисту допускаю:

Завідувач кафедри галузевого
машинобудування та агроінженерії


Підпис

Андрій МАРТИНЮК

Дата

Хмельницький, 2025

Хмельницький національний університет

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра галузевого машинобудування та агроінженерії

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Галузь знань 13 Механічна інженерія

Шифр і найменування

Спеціальність 133 Машинобудування (за спеціалізаціями)

Код і найменування

Предметна

спеціальність /спеціалізація _____

Код і найменування

Освітня програма Машини і апарати харчових виробництв

Найменування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

_____._____.2025

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Ставінога Павло Анатолійович

Прізвище, ім'я, по батькові здобувача

1 Тема роботи Удосконалення технологічного процесу зберігання сировини шляхом модернізації обладнання на підприємстві з виготовлення сухих сніданків ТОВ «САННІФУД»

Керівник роботи Стечишин Мирослав Степанович, докт.техн.наук, професор

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від _____ 2025 р. № _____

2 Термін подання здобувачем роботи на кафедру _____

3 Вихідні дані до роботи) _____

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

6 Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7 Дата видачі завдання _____

АНОТАЦІЯ

Дипломний проект на тему: «Удосконалення технологічного процесу зберігання сировини шляхом модернізації обладнання на підприємстві з виготовлення сухих сніданків ТОВ «САННІФУД».

Дипломний проект викладено на 81 сторінці машинописного тексту, пояснювальної записки і 6 листах (формату А1) графічної частини.

В проекті проведено аналіз господарської діяльності підприємства, обґрунтовано необхідність модернізації технологічного процесу зберігання коренебульбоплодів.

Розроблена технологічна карта по зберіганні картоплі, яка чітко регламентує етапи, тривалість, обсяг робіт, марки техніки та ресурси, що дає змогу точно планувати процес і контролювати витрати.

Створено конструкцію газорозподільника-дифузора, що забезпечує рівномірний розподіл повітря та покращує мікроклімат у сховищі.

Розроблені заходи з охорони праці та навколишнього середовища. Проведено економічне обґрунтування доцільності впровадження проекту.

Ключові слова: коренебульбоплід, газорозподільник-дифузор, технологічна карта.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	5
ВСТУП.....	6
1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧО-ТЕХНІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ГОСПОДАРСТВА.....	6
1.1 Географічне розташування господарства і кліматичні умови.	7
1.2 Аналіз загальногосподарської діяльності	8
1.3 Висновки.....	11
2 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	122
2.1 Технологія зберігання картоплі	122
2.2. Технічні засоби, які використовуються при зберіганні картоплі.....	17
2.3 Висновки.....	245
3 МЕХАНІЗАЦІЯ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ДОРОБКИ І ЗБЕРІГАННЯ КАРТОПЛІ	256
3.1 Вибір режимів регулювання.....	256
3.2. Технологія зберігання картоплі в сховищі	322
3.3 Розробка технологічної карти.	Помилка! Закладку не визначено. 4
4 ОБЛАДНАННЯ СХОВИЩА ТА ЙОГО ІНЖЕНЕРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	37
4.1 Огляд типового проекту сховища.....	37
4.2 Основні вдосконалення сховища	37
4.3 Вибір тари для зберігання картоплі.....	38
4.4 Розташування продукції в камері зберігання	38
4.5 Розрахунок розмірів камери зберігання.....	39
4.6 Вибір і розрахунок систем активного вентилявання.....	442
4.7 Висновки.....	551
5 КОНСТРУКТИВНА РОЗРОБКА	562
5.1 Аналіз пристроїв регулювання газового середовища.....	562
5.2 Вибір дифузійного регулятора газового середовища з селективно-проникного матеріалу	573
5.3 Проектування регулятора газового середовища	56
5.4. Висновки по конструктивній розробці.....	683

6 ОХОРОНА ПРАЦІ І ЕКОЛОГІЯ	64
6.1 Вимоги охорони праці і виробничої санітарії на сховищі	64
6.2 Вимоги до місць виробництва і виробничих приміщень	64
6.3 Реалізація вимог охорони праці до технологічних процесів.	66
6.4. Санітарно-технічний розрахунок реконструйованого машинного відділення.	68
6.5 Охорона навколишнього середовища на сховищі.	69
6.6 Висновки.....	69
ВИСНОВКИ	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	79
ДОДАТКИ.....	801

ВСТУП

Вирощування картоплі в сучасних умовах для господарства стає малоефективним, оскільки більшість підприємств продають продукцію відразу після збору, коли її ціна на ринку є найнижчою. За традицією, основна частина сховищ для картоплі розташована поблизу промислових центрів або переробних підприємств, тоді як лише нещодавно почали з'являтися аналогічні об'єкти безпосередньо в місцях вирощування. Водночас економічні дослідження довели, що найбільш вигідно зберігати продукцію там, де вона виробляється. У місця споживання картоплю доставляють восени, виходячи з умов реалізації, зазвичай у межах 20–50 % загального обсягу необхідної продукції, щоб забезпечити безперервне постачання. Створення в сільських районах комплексів для зберігання і обробки картоплі має велике економічне та практичне значення. Ці комплекси завершують цикл виробництва, сприяючи не тільки збільшенню прибутків господарств, а й покращенню якості продукції, зменшенню втрат до мінімуму. У ході розширення сільськогосподарського виробництва важливу роль відіграють заходи організаційного характеру. Одним із ключових завдань економічного розвитку на селі стає впровадження прогресивних форм організації та оплати праці. Наукові дослідження та передовий досвід свідчать, що найефективнішою формою організації праці є колективи, в яких оплата та відповідальність залежать від кінцевих результатів роботи. Операції з високими витратами ручної праці, такі як сортування насінного матеріалу та доведення зібраної картоплі до потрібної кондиції, слід автоматизувати через впровадження сучасних машинного комплексу. Зокрема, використання таких механізмів, як ТХБ-20, пересувні автоматичні пристрої для відбору некондиційних бульб і заміна картоплесортувального пункту КСП-15Б на стаціонарне обладнання сортувального комплексу дозволить скоротити витрати праці в 3–3,5 рази. Ефективне впровадження цих технологій сприятиме підвищенню врожайності, забезпеченню кращого зберігання продукції і значному зниженню трудозатрат у процесі виробництва.

1 АНАЛІЗ ВИРОБНИЧО-ТЕХНІЧНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Географічне розташування господарства і кліматичні умови.

Товариство з обмеженою відповідальністю «Санніфуд» розташоване у Хмельницькому районі, на території Хмельницької області. Обласний центр, місто Хмельницький, знаходиться на відстані 85 км. Через селище проходить дорога місцевого значення, яка сполучає населені пункти району. Центральна садиба підприємства розміщена в селищі Деражня. Відстань від неї до найближчої залізничної станції Деражня складає 10 км. Зв'язок із пунктом прийому сировини та районним центром забезпечується дорогами з твердим покриттям. Територія Хмельницького району розташована в Лісостеповій зоні. Землі підприємства також належать до цієї зони. За кліматичним районуванням цей регіон характеризується як помірно-теплий і вологий. Клімат району сприяє сільському господарству. Він відзначається довгим теплим періодом із достатньою кількістю опадів, найбільше з яких припадає на червень (150–160 мм). Зима порівняно коротка, м'яка, з невеликою кількістю опадів і нестійким сніговим покривом. Середньорічна кількість опадів становить 650–690 мм, а коефіцієнт зволоженості – 2,2. Тривалість теплового періоду з середньодобовою температурою повітря понад +10°C сягає 160 днів. Початок весни визначається переходом середньодобової температури через 0°C у другій половині березня, і триває вона приблизно два місяці. Весняний період супроводжується інтенсивним підвищенням денної температури вже з березня. Перехід середньодобової температури через +5°C настає в першій половині квітня (10–12 числа), що є оптимальним часом для посіву ранніх зернових культур. Закінчення вегетаційного періоду і зниження температури до +5°C восени відзначається наприкінці жовтня (26–28). Весняні заморозки в повітрі зазвичай закінчуються наприкінці квітня або на початку травня. Літній період

розпочинається із встановлення стабільної теплої погоди та припиненням нічних заморозків, коли середньодобова температура перевищує +15°C (перша декада травня). Перші осінні заморозки фіксуються в першій декаді жовтня, а стабільне зниження температури нижче -5°C у середині грудня знаменує початок зими. Взимку сніговий покрив нерівномірний, переважно 15–20 см завтовшки, і тримається близько 70–75 днів. Зима закінчується наприкінці другої декади лютого. Для регіону характерний східний вітер у теплу пору року та північно-західний у холодну. Грунтовий покрив господарства переважно утворений підзолистими чорноземами. Загалом кліматичні умови місцевості є сприятливими для вирощування сільськогосподарських культур, що забезпечує ефективне використання земельних ресурсів.

1.2 Аналіз загальногосподарської діяльності

Загальна площа земельних угідь господарства складає 947 га [1].

Зараз в господарстві склалась наступна структура земельних угідь, яка наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Структура земельних угідь

Назва угідь	Площа	
	га	%
Загальна земельна площа	944	100
Всього сільськогосподарських угідь	919	97,23
з них: рілі	810	87,3
пасовиц	40	5,32
сінокосів	62	6,2

Зробивши аналіз даної таблиці бачимо, що площа сільськогосподарських угідь складає 97,2 % від загальної площі, та 88,3% загальної площі в господарстві відводиться під ріллю.

Основним напрямком спеціалізації господарства є рослинництво з розвинутим тваринництвом. Структура посівних площ в господарстві наведена у таблиці 1.2 [1].

Таблиця 1.2

Структура посівних площ в гектарах

Назва	2023 рік	2024 рік	2025 рік
Зернові всього	555,65	538	557
в т. ч. озимі:	255,65	250	272
озима пшениця	215,65	210	237
озиме жито	40	40	40
в т. ч. ярі:	300	288	285
яра пшениця	80	88	85
ячмінь	170	200	160
кукурудза на зерно	70	60,35	75
овочі в т. ч.	110	130,65	120
Столові буряки	30	30	25
Картопля	60	70	60
Кукурудза на силос і зелений корм	150	100	140
Однорічні трави	81,35	48,35	60
Багаторічні трави	100	100	100

З таблиці 1.2 можна побачити, що ключовими культурами у господарстві залишаються озима пшениця, ячмінь, столові буряки, кукурудза на силос і зелений корм. Площі під багаторічними травами залишилися без змін. Таблиця 1.3 демонструє дані про урожайність основних сільськогосподарських культур, включаючи картоплю.

Таблиця 1.3

Динаміка урожайності основних сільськогосподарських культур, ц/га

Назва культур	Роки		
	2023	2024	2025
Озима пшениця	43,2	53,9	48,5
Картопля	315,7	302,1	319,2
Кукурудза на силос і зелений корм	230,1	255,6	262,2

З аналізу наведеної таблиці можна дійти висновку, що урожайність основних сільськогосподарських культур змінюється з року в рік, і це здебільшого залежить від природно-кліматичних умов. Зниження собівартості продукції сприяє зростанню грошових надходжень, дає можливість зменшити закупівельні та здавачні ціни, що, у свою чергу, знижує витрати держави на заготівлю сільськогосподарських продуктів. Собівартість окремих видів продукції рослинництва, які виробляються в господарстві, розглянуто в таблиці 1.4 [1].

Таблиця 1.4

Собівартість виробництва продукції рослинництва, грн./т

Назва культур	Роки		
	2023	2024	2025
Озима пшениця	1011,8	993,1	1105,4
Столові буряки	1684	1597	1773
Картопля	1530,9	1715,7	1732,1

Як засвідчено в таблиці 1.4, собівартість продукції за останні три роки збільшилася для кожного виду культури. Зокрема, витрати на виробництво озимої пшениці підвищилися на 112,3 грн/т, тоді як собівартість вирощування столових буряків зросла на 176 грн/т. Аналіз структури трудових затрат за окремими видами

продукції рослинництва у ТОВ «САННІФУД» за останні роки здійснено на основі даних, поданих у таблиці 1.5 [1].

Таблиця 1.5

Затрати праці на виробництво 1 т продукції, люд. год.

Назва культур	Роки		
	2022	2023	2024
Озима пшениця	10,2	9,1	8,9
Столові буряки	9,3	11,9	10,1
Картопля	9,1	7,9	6,4

З таблиці 1.5 помітно, що витрати праці на вирощування картоплі та озимої пшениці зменшилися.

1.3 Висновки

Таким чином, слід підсумувати, що господарство спеціалізується на виробництві продукції рослинництва, демонструючи високий рівень технічного забезпечення. Водночас зростання витрат на виконання робіт пояснюється підвищенням вартості паливно-мастильних матеріалів, що є важливим економічним фактором у функціонуванні господарства. Крім того, підприємство щорічно отримує значні обсяги урожаю картоплі, які становлять приблизно 190–200 тонн. Реалізація продукції зосереджена переважно в осінній період за нижчими ринковими цінами, що обмежує потенціал отримання прибутку. Запровадження сучасної системи зберігання картоплі дозволить господарству продавати її в зимово-весняний сезон, коли ціни зазвичай вищі. Це сприятиме значному збільшенню доходів підприємства та підвищенню ефективності його діяльності.

2 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

2.1 Технологія зберігання картоплі

2.1.1 Зберігання при природній конвекції

Методи зберігання картоплі умовно поділяються на дві категорії: з використанням природної конвекції та з примусовою циркуляцією повітря. При природній конвекції теплообмін між продуктами і навколишнім середовищем відбувається через зовнішні поверхні продукції. Для визначення необхідної поверхні теплообміну використовується показник зберігання продукції, який розраховується як співвідношення площі поверхні, що контактує із середовищем, до обсягу продукції. На основі досліджень у сховищах з природною конвекцією були визначені показники для різних видів овочів, наприклад: $2,65 \text{ м}^2/\text{м}^3$ для картоплі, $3 \text{ м}^2/\text{м}^3$ для буряків та $6,5\text{--}7,5 \text{ м}^2/\text{м}^3$ для моркви. Виходячи з цих даних, висота насипу картоплі для зберігання в умовах природної конвекції не має перевищувати 1,2 метра. Однак розміщення крупних обсягів продукції насипом призводить до неефективного використання площ приміщення, тому цей метод для картоплі практично не застосовується. Більш доцільним рішенням є зберігання картоплі у контейнерах об'ємом від $0,5$ до $0,7 \text{ м}^3$. Завдяки можливості формування багатоярусних штабелів контейнерів із застосуванням механізованих пристроїв значно зростає ефективність використання простору. Тому саме цей спосіб отримав найбільше поширення при зберіганні продукції в умовах природної конвекції. Зберігання із застосуванням активної вентиляції нині є більш ефективним і широко використовується замість зберігання продукції в тарі за природної конвекції. За цього підходу повітря циркулює примусово, що дозволяє підтримувати оптимальні температурно-вологісні параметри в камері сховища, де повітря виступає як охолоджувальний агент. Найкращим варіантом для цього є застосування контейнерів із решітчастим дном і суцільними стінками. Їх розташовують на системі повітропроводів у кілька ярусів, створюючи своєрідні шахти для

вентиляційного потоку. Недоліком є складність завантаження таких контейнерів та їх експлуатація. Проаналізовано кілька способів активного вентилявання: 1. Розміщення контейнерів у тунелі, де охолоджувальне повітря проходить знизу вгору. Такий підхід забезпечує проникнення агента в кожний контейнер, однак нерівномірне охолодження нижніх і верхніх контейнерів залишається значною проблемою. 2. Розташування контейнерів у тунелі з продуванням зверху вниз. Цей метод аналогічний першому і також має схожі недоліки — гравітаційні потоки теплого повітря протидіють напрямку руху агента. 3. Кругова циркуляція охолоджувального агента всередині камери зі встановленими охолоджуючими батареями. Недоліком такого рішення є обмерзання батарей при температурі нижче нуля. Примусове розморожування у цьому випадку створює додатковий тепловий потік та може призвести до розморожування продукції. Процес активного вентилявання умовно поділяється на кілька етапів: - підготовчий період передбачає сушку поверхні картоплі протягом 2–3 діб; - період охолодження передбачає поступове зниження температури до оптимальної. Температуру варто знижувати зі швидкістю не більше 0,5–1 °С на добу, щоб уникнути захворювань і пошкодження бульб, а при тривалому охолодженні (більше 40 діб) важливо не перевищувати поріг зниження у 0,25 °С.

2.1.3 Вплив температури і вологості повітря на зберігання картоплі

Температура є одним з ключових факторів, що визначають ефективність зберігання картоплі. Під час зберігання в бульбах відбуваються біохімічні процеси, зокрема перетворення крохмалю в цукор. Ця реакція супроводжується частковим використанням цукру на дихальні процеси, тоді як інша його частка знову перетворюється на крохмаль. Зниження температури до 0 °С уповільнює розклад крохмалю і повністю блокує зворотне перетворення цукру в крохмаль. Внаслідок цього у бульбах накопичується цукор. Якщо його концентрація перевищує 1,5 %, то під час термічної обробки цукор легко взаємодіє з амінокислотами, формуючи меланоїдинові сполуки, що негативно впливають на якість кінцевого продукту. При збільшенні температури до 20 °С швидкість розпаду крохмалю і споживання цукрів

на дихання зростає у 3–4 рази, а темпи зворотного перетворення цукру в крохмаль — у 10–12 разів. Саме тому після тривалого зберігання при низьких температурах картоплю доцільно витримувати протягом 10–15 діб за температури 16–18 °С для усунення надмірного накопичення цукрів і запобігання появі солодкого присмаку. Оптимальна температура для процесів розпаду крохмалю та утворення цукрів на рівні 10 °С забезпечує майже повне запобігання накопиченню цукрів у бульбах. Проте за таких умов значно збільшується інтенсивність дихання та проростання картоплі, що призводить до втрати сухих речовин і розвитку патогенних мікроорганізмів. У разі зберігання картоплі насипом у сховищах без використання штучного охолодження мінімальна подача повітря має забезпечувати об'єм 50 м³/т·год для забезпечення необхідної вентиляції. В осінньо-весняний період інтенсивність вентилявання може бути знижена у 5–7 разів, що сприяє мінімізації енергозатрат на підтримку умов зберігання. Параметри оптимальних режимів зберігання картоплі за умов активної вентиляції в різні періоди наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 Режими зберігання картоплі в умовах активної вентиляції в різні періоди зберігання

Періоди зберігання	Температура повітря, °С	Тривалість, год	Розхід повітря, м ³ (т·год)	Відносна вологість, %
Підготовчий	8 – 15	48 – 72	50 - 250	80 – 100
Охолодження	1 – 15	480 – 960	50 - 250	80 – 100
Зберігання	1 – 2	5040	50 - 250	90 – 95
<u>передреалізаційний</u>	5 – 15	240	50 - 250	40 – 70

2.1.4 Зберігання картоплі в регульованому газовому середовищі

Останніми роками за кордоном значного поширення набув метод зберігання продукції у газовому середовищі, яке суттєво відрізняється за своїм складом від звичайного повітря. За цього підходу температура картоплі підтримується на мінімально можливому рівні, що дозволяє уповільнити інтенсивність фізіологічних процесів без погіршення її якості. Додаткове зниження інтенсивності таких процесів досягається шляхом модифікації газового складу середовища в приміщеннях, де зберігається продукція. Для цього створюється спеціальне середовище з характеристиками, відмінними від атмосферних. Основу таких газових сумішей зазвичай складає азот, частка якого варіюється в межах 79-97%. Вміст кисню в таких середовищах може змінюватися від 3 до 16%, а вуглекислого газу – від 0 до 11%. У процесах зберігання продукції застосовують два види газових сумішей. До першого типу належать так звані нормальні суміші, у яких сукупний вміст вуглекислого газу та кисню дорівнює 21%. Формування такого середовища забезпечується герметизацією камери зберігання. При цьому підвищення концентрації вуглекислого газу досягається завдяки дихальним процесам самої продукції, а регулювання рівня кисню забезпечується подачею свіжого повітря.

Таблиця 2.2 - Вплив складу газового середовища на зменшення коефіцієнта інтенсивності дихання продукції

Газове середовище	Об'ємна концентрація кисню, %	Об'ємна концентрація вуглекислого газу, %	Зменшення інтенсивності дихання
Нормальне	12	9	0,619
	14	7	0,691
	16	15	0,765
<u>Субнормальне</u>	3	0	0,448
	3	3	0,422
	3	5	0,404
	5	5	0,460

До іншого типу належать субнормальні газові суміші, у яких загальна концентрація кисню та вуглекислого газу не перевищує 21%. Найпоширенішими є суміші із вмістом 3–5% вуглекислого газу та 90–94% азоту. Однак через те, що деякі види продукції чутливо реагують на присутність вуглекислого газу в газовому середовищі, часто використовують субнормальні суміші, які на 97% складаються з азоту і 3% кисню, майже повністю виключаючи вуглекислий газ. Застосування такого підходу потребує спеціального обладнання, що істотно підвищує собівартість зберігання картоплі. Нормальне газове середовище, у порівнянні зі субнормальним, більш ефективно знижує інтенсивність дихальних процесів і життєдіяльності об'єктів зберігання.

2.2. Технічні засоби, які використовуються при зберіганні картоплі

2.2.1. Машини для післязбиральної доробки

Машини та обладнання, що використовуються для післязбиральної доробки картоплі, такі як сортувальні пункти, системи транспортерів, накопичувальні бункери, завантажувачі, контейнери та інші, мають забезпечувати ефективне приймання картоплі від комбайнів. До основних завдань цих механізмів належать очищення від сторонніх домішок, відсортовування дрібних бульб та розподіл картоплі на фракції. Сільськогосподарські господарства зобов'язані володіти відповідними комплектами машин, які можна використовувати як окремо, так і в складі технологічних ліній. Такий набір має включати приймальний бункер, ворохоочищувач для видалення вологих домішок ґрунту, каміння, грудок землі і дрібного сміття; перебиральний стіл; сортувальні установки; накопичувальні бункери з механізмами для вивантаження готової продукції у транспорт або контейнери. До цього списку також входять пристрої для навантаження бульб із майданчиків чи кагатів, особливо за умов переривчастої післязбиральної обробки. Такі машини повинні бути обладнані індивідуальним приводом і залишатися мобільними для зручного пересування по території або всередині сховищ. Серед

обладнання для післязбиральної доробки картоплі найбільшого поширення набув сортувальний пункт КСП-15Б. Цей картоплесортувальний пункт призначений одночасно для очищення картоплі від домішок і її сортування на три фракції, а також для зручної подачі відсортованої продукції у тару.

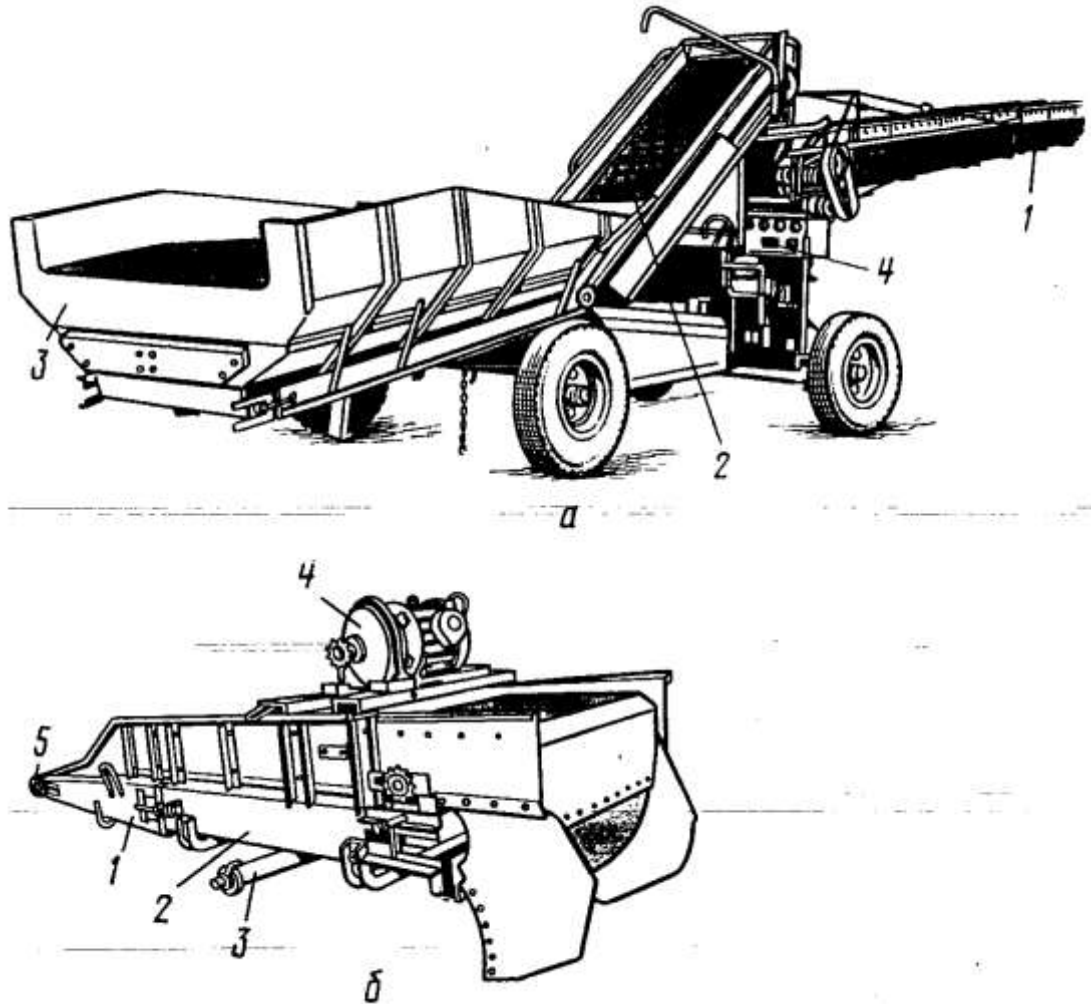


Рис. 2.1. Транспортер-навантажувач і транспортер-підбирач.

а - транспортер-навантажувач ТЗК – 30: 1 – транспортери; 3 – прийомний бункер; 4 – пульт управління;

б - транспортер-підбирач: 1 і 2 – рами; 3 – хрестовина; 4 – мотор-редуктор; 5 – ротор.

Сортувальний пункт обладнаний такими машинами та механізмами, як роликів картоплесортувалка моделі КСЕ-15Б та приймальний бункер ПБ-2. Продуктивність роботи пункту становить 15 тонн на годину, а його загальна маса досягає 2119 кг. Для забезпечення повного функціонування сортувального пункту необхідно залучити від семи до дев'яти працівників. З огляду на конструкційну недосконалість пересувних сортувальних пунктів типу КСП-15Б в агропромислових господарствах часто виникає необхідність створення стаціонарних пунктів на їхній основі (див. рис. 2.2).

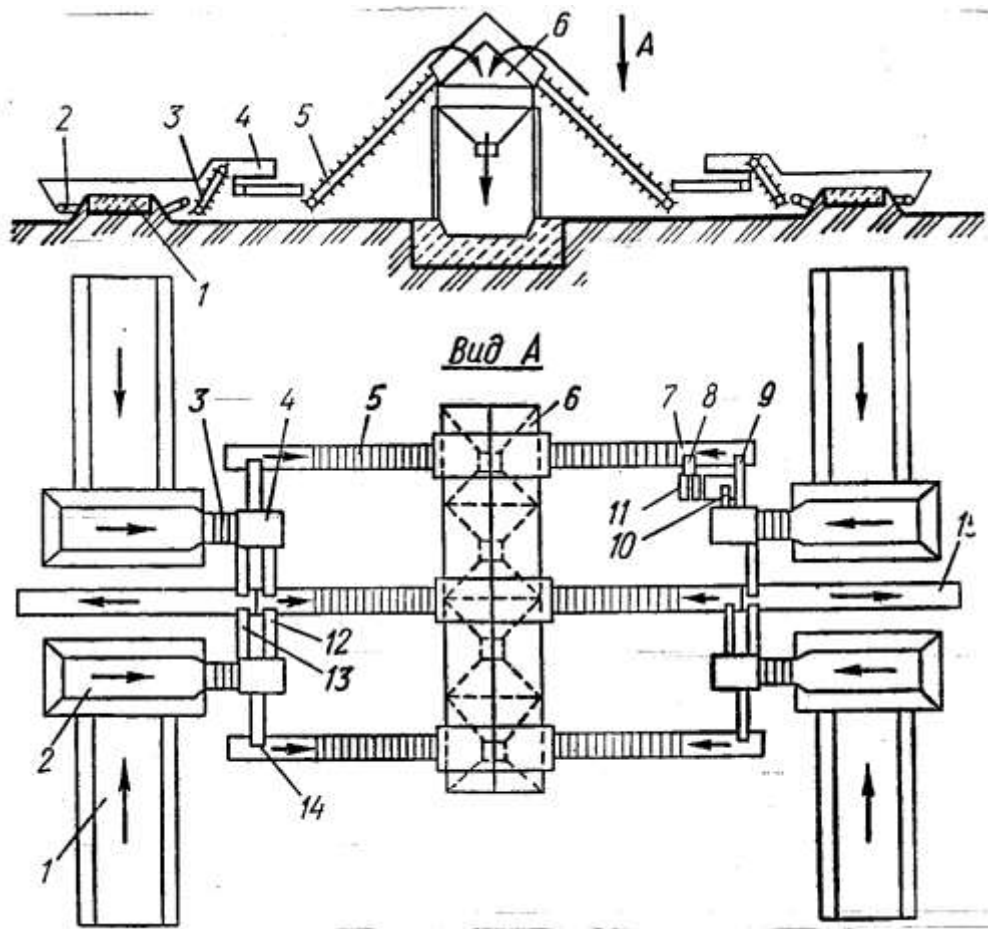


Рис. 2.2. Схема стаціонарного картоплесортувального пункту.

1 – естакада; 2 – приймальний бункер; 3, 10 – транспортери; 4 – сортувальний стіл; 5 – транспортер бункера; 6 – бункер нагромаджувач; 7 – перебиральний стіл; 8, 9 – транспортери; 11 – пристрій для різання бульби; 12 – транспортер середньої картоплі; 13 – транспортер домішок; 14 – транспортер дрібної картоплі; 15 – транспортер домішок.

Під час провадження садильної роботи за поточною технологією, цибулини підлягають сортуванню за розмірами (калібруванню) на фракції, що є частиною підготовчих заходів перед випуском продукції на ринок, із застосуванням ліній, обладнаних у сховищах. Аби частково видалити ґрунт перед тим, як бульби будуть поміщені у сховище, між похилою транспортною системою завантажувача типу ТЗК – 30А та його стріловим механізмом монтується пристрій для відділення ґрунту, який може бути виконаний у вигляді дискового чи пруткового сепаратора.

2.2.2. Інженерне обладнання сховища

До складу інженерного обладнання для зберігання картоплі входять вентиляційні та холодильні установки, силові й освітлювальне електрообладнання, пристрої для регулювання складу та вологості газового середовища, а також системи автоматичного управління режимами зберігання продукції. Системи вентиляції забезпечують подачу повітря в приміщення, де зберігається продукція, з заданими параметрами температури та вологості. Це дозволяє підтримувати оптимальні умови для зберігання. Продукція, яка зберігається в тарі (ящикові піддони, ящики, контейнери), відповідно до нормативів розташовується із зазорами в межах 50–100 мм. Для загальнообмінної вентиляції застосовуються системи як верхнього, так і нижнього подавання повітря. Якщо використовується верхнє подавання, то холодне повітря спрямовують у верхню частину сховища. Далі воно проходить над продукцією й опускається через зазори між контейнерами і ящиками в штабелі, звідки відводиться знизу. У деяких випадках витяжка організовується зверху: тут холодне повітря, проходячи крізь зазори штабелів, нагрівається, підіймається вгору і залишає приміщення. У першому варіанті вентиляція працює за схемою "згори донизу". У такій схемі використовуються повітроводи із щілинами для рівномірної подачі та відведення повітря. Верхнє подавання повітря часто застосовують у системах примусового охолодження. У таких випадках у приміщеннях встановлюють підвісні повітроохолоджувачі або монтують їх на спеціальних постаментях. Використання холодного повітря у системах із верхнім розподілом

демонструє високу ефективність. Повітря в таких установках постачається зверху, що добре ілюструється на відповідних схемах.

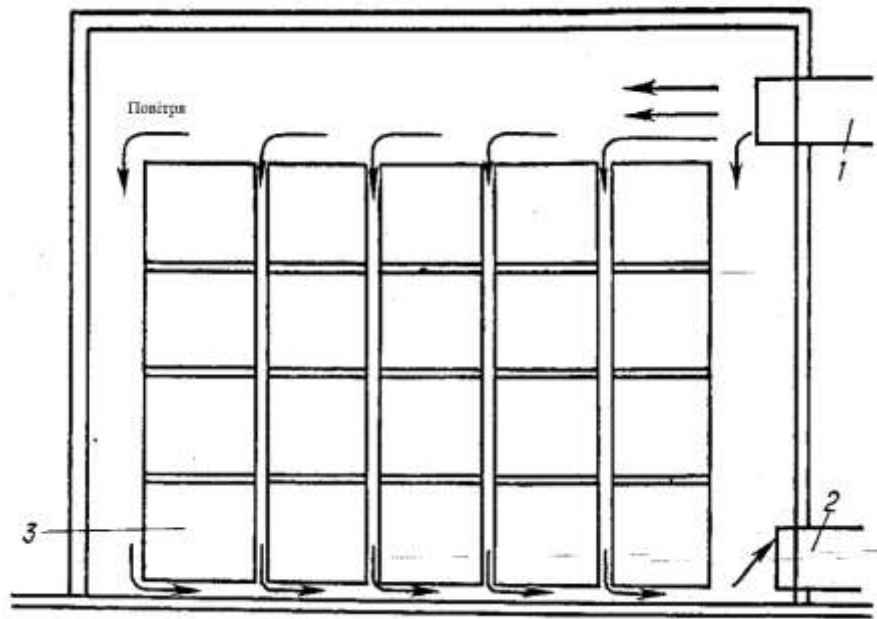


Рис. 2.3. Загальнообмінна вентиляція приміщення з подачею повітря в верхню зону (по схемі “зверху – вниз”):

1 – приточний пристрій; 2 – витяжний пристрій; 3 – штабель продукції.

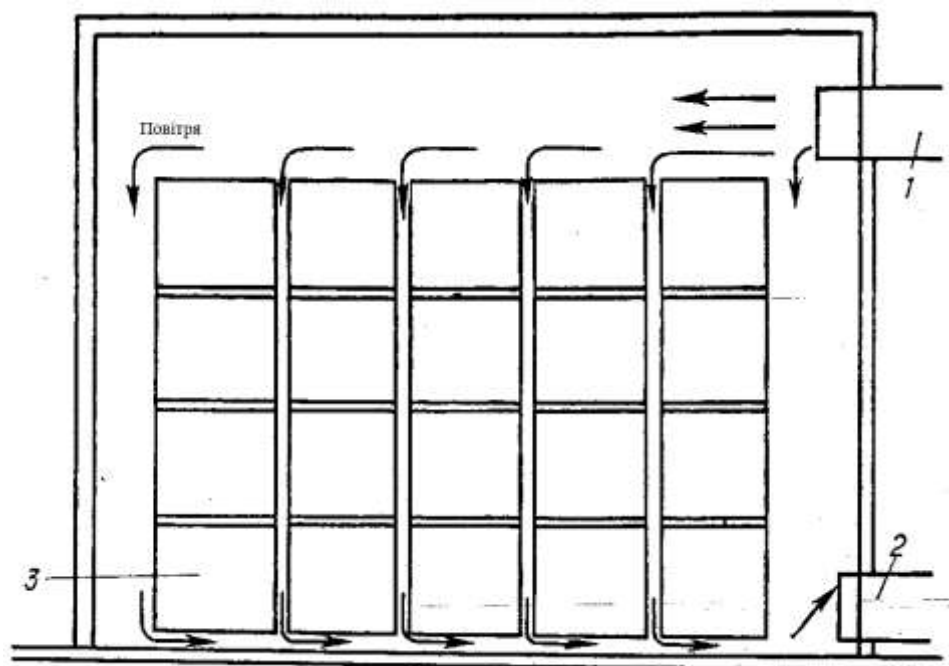


Рис. 2.4. Загальнообмінна вентиляція приміщення з подачею і витяжкою повітря з верхньої зони:

1 – повітропровід; 2 – витяжний повітропровід; 3 – штабель продукції.

Системи активної вентиляції в сховищах можна поділити на дві групи: низького тиску, гідравлічний опір, який не перевищує 300 – 500 Па і середнього тиску – з більш високим гідравлічним тиском.

Для спеціальних умов картоплесховищ розроблені осьові вентилятори типу В-24 3-13 з наступними номерами: 8, 10, 12,5. Робочі колеса цих вентиляторів мають діаметри 800 мм, 1000 мм і 1200 мм відповідно. Конструкція вентиляторів дозволяє їх встановлення як з горизонтальним, так і з вертикальним розташуванням осі робочого колеса. Кількість нагрітого повітря, яке проходить через вентилятор, можна визначити за наведеною формулою (згідно з даними В.З.

Жадана), яка описана в джерелі [12, с. 154].

$$t=8 \cdot 10^{-3} P/2, \quad (2.1)$$

де, P – тиск, який розвиває вентилятор, Па

Приведена формула дійсна відцентрових вентиляторів. В осьових вентиляторах з вмонтованими електродвигунами підігрів в 2 рази більший, для цього випадку:

$$t=8 \cdot 10^{-3} P, \quad (2.2)$$

Після вентиляторів монтуються магістральні повітропроводи, довжина яких зазвичай не перевищує 36–40 метрів. У процесі зберігання продукції в закритих приміщеннях з використанням систем штучного охолодження, відносна вологість має підтримуватися на рівні, що відповідає вологості повітря для конкретного виду продукції. Наприклад, для зберігання картоплі цей показник дорівнює 95,2%. У таких умовах продукція забезпечує саморегуляцію рівня вологості всередині штабеля. Видалення надлишкового тепла в охолоджених камерах відбувається через процес конденсації вологи на поверхнях теплообмінників, які охолоджують повітря. Конденсована волога утворюється за рахунок часткової сушки продукції,

і, відповідно, інтенсивність цього процесу прямо пропорційна кількості тепла, яке надходить у камери зберігання. В. З. Жадан запропонував формулу для розрахунку втрати вологості продукції у ході сушіння (в кг): $W = Q / E$, де Q — кількість теплоти, що надходить до повітря у камері за певний період (кДж); E — термодинамічний параметр у температурному діапазоні від 0 до 15 °С, де $E = 6385 - 145 \cdot t_{в}$ ($t_{в}$ — температура в камері, °С). У сховищах без систем штучного охолодження волога виводиться разом із теплим повітрям назовні. Тому формулу, розроблену В. З. Жаданом, не слід застосовувати для таких сховищ з активною вентиляцією у період охолодження продукції. Особливе значення має підтримання оптимального рівня вологості повітря. Він має бути достатнім для запобігання утворенню конденсату на внутрішніх поверхнях конструкцій. У зимові місяці, коли температура внутрішніх поверхонь огорож нижча за температуру повітря в сховищі, слід забезпечити рівень вологості нижче точки насичення. У випадках, коли зовнішня температура перевищує температуру у сховищі, конденсація не відбувається. Для додаткової регуляції умов у сховищах інколи використовуються зволожувачі повітря. Зволожувач, призначений для сховищ картоплі, має потужність до 100 кг/год розпиленої води з дисперсністю крапель у межах 20–120 мкм (рисунок 2.6).

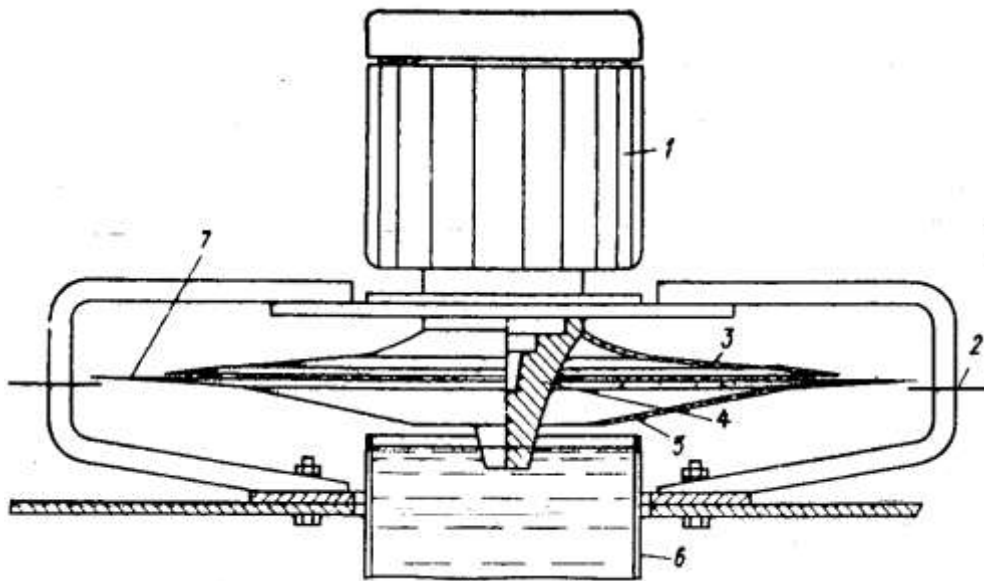


Рис. 2.6. Ротаційний зволожувач повітря.

1 – електродвигун; 2 – дно повітропроводи; 3 – диск; 4 – водозабірний корпус; 5 – водозбиральна лунка; 6 – бак для води; 7 – направляючий апарат.

Зволожувач може працювати як у горизонтальному положенні, так і під певним нахилом диска до горизонту. Його встановлюють безпосередньо у вентиляційному каналі. При температурі в камері зберігання, наближеній до $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ або нижчій, зволоження повітря стає складним через можливе замерзання вологи. У таких умовах застосовують зволоження паром, використовуючи парогенератор із системою електричного нагрівання (див. рисунок 2.7). Пар із температурою $110\text{--}120\text{ }^{\circ}\text{C}$ вводять у потік холодного повітря для забезпечення необхідного рівня вологості.

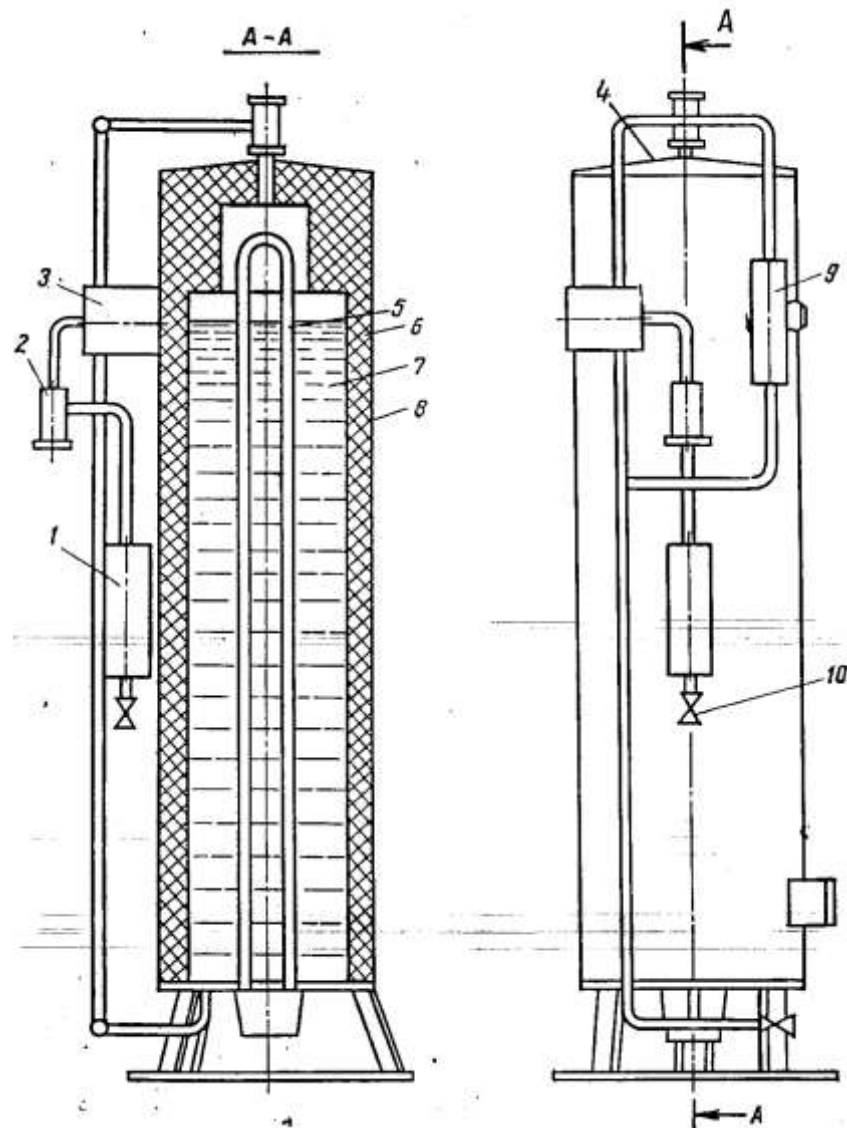


Рис. 2.7. Паровий зволожувач повітря АУВ:

1 – протинакипальний пристрій; 2 – фільтр; 3,9 – поплавкові клапани; 4 – кришка корпусу; 5 – електронагрівач; 6,7 – вода; 8 – корпус; 10 – вентиль.

2.3 Висновки

Було здійснено розгляд різноманітних методів консервації картоплі, включаючи інженерне оснащення сховищ та апаратуру, що застосовується для обробки після збирання та тривалого зберігання коренеплодів.

Проаналізовано, як параметри зберігання — зокрема ступінь тепла та ступінь насиченості повітря вологою — впливають на обсяг придатної до використання продукції після консервації.

Аргументовано доцільність розміщення картоплі у визначених типах ємностей, які можуть бути складені у високі стоси та оснащені примусовою циркуляцією повітря та контрольованою газовою сумішшю. Це, як очікується, суттєво скоротить обсяг втрат врожаю під час зберігання і покращить його товарні характеристики.

3 МЕХАНІЗАЦІЯ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ДОРОБКИ І ЗБЕРІГАННЯ КАРТОПЛІ

3.1 Вибір режимів регулювання

Одним із ключових чинників, що впливає на життєздатність продукції, є температура. Інтенсивність виділення вуглекислого газу під час дихання залежить від температури зберігання продукції та визначається за формулою [7, с.18]:

$$R_t = R_0 \exp bt \quad (3.1)$$

де, R_t – інтенсивність дихання при температура t , $\text{см}^3/(\text{кг}\cdot\text{с})$;

R_0 – інтенсивність дихання при $0\text{ }^\circ\text{C}$, $\text{см}^3/(\text{кг}\cdot\text{с})$;

t – температура, $^\circ\text{C}$;

b – температурний коефіцієнт.

Залежність представлена у вигляді графіка на рисунку (3.1). Процес самозігрівання продукції спричиняє підвищення її температури. Це підвищення пропорційно величині теплоти дихання продукції за відповідної температури, що можна описати математичною формулою [7, с.15].

$$q = q_0 \exp (bt) \quad (3.2)$$

де, q – питома теплота дихання, Вт;

q_0 - питома теплота дихання при $0\text{ }^\circ\text{C}$, Вт;

b – температурний коефіцієнт дихання, $1/^\circ\text{C}$;

t – температура зберігання продукції, $^\circ\text{C}$.

Спершу, використовуючи електронно-обчислювальну машину (ЕОМ) та мову програмування R, ми розрахуємо необхідні значення для креслення графіка, що відображає залежність питомої теплоти дихання від температури зберігання. Отримані у результаті обчислень дані слід зафіксувати у Таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

Питома теплота дихання картоплі в залежності від температури зберігання.

Температурний коефіцієнт	Питома теплота дихання при температурі, °C												
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
0,0617	10	11,3	12,8	14,5	16,4	18,5	20,9	23,7	26,8	30,4	34,3	38,9	43,9

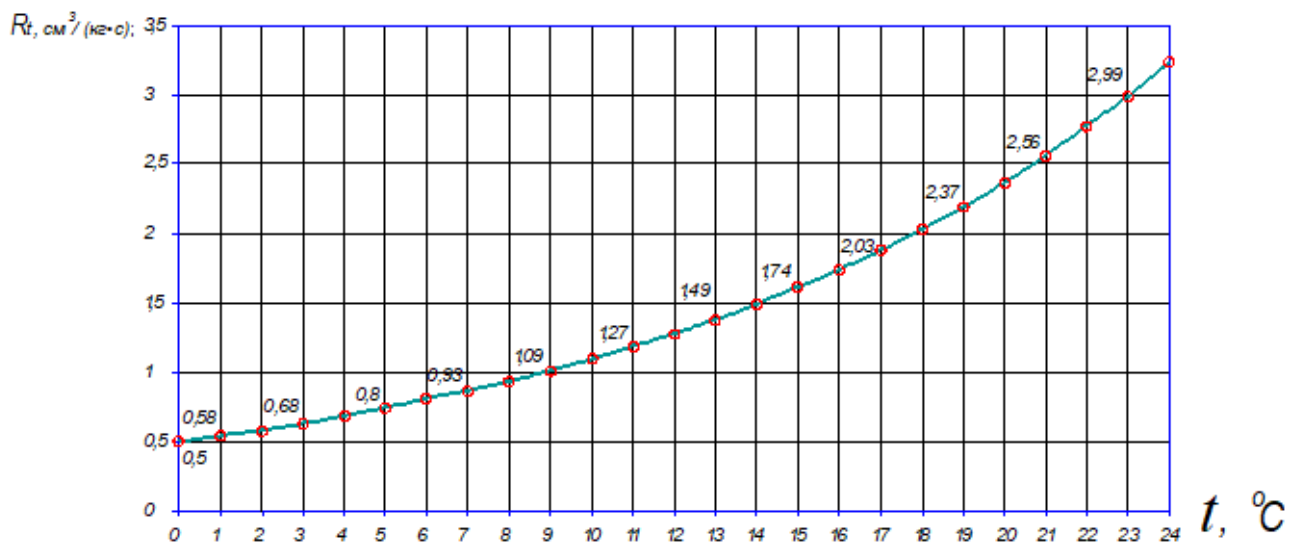


Рис. 3.1. Інтенсивність дихання картоплі в залежності від температури.

Базуючись на відомостях, що містяться у Таблиці 3.1, та застосувавши електронно-обчислювальну техніку, ми формуємо графічне зображення (кое числове позначення — Малюнок 3.2), яке ілюструє співвідношення питомих показників тепловиділення при диханні залежно від температурного режиму зберігання. Детальний опис процедури обчислення представлено у Додатку 3.

Розглядаючи цей графік, стає очевидним, що зі зростанням температури зберігання спостерігається підвищення питомої теплоємності продукту. Наслідком цього є збільшення загальної температури продукції, що, у свою чергу, негативно позначається на її якості та тривалості зберігання.

Підвищення температури продукту протягом доби, спричинене самонагріванням при певних умовах, відбувається виключно через виділення внутрішнього (фізіологічного) тепла. Для точного розрахунку енерговитрат на охолодження такої продукції ми застосовуємо формулу, наведену у джерелі [7, с.14]:

$$q = C (t_2 - t_1) / 0.86 , \quad (3.3)$$

де, q – енергія, яка витрачається на охолодження, (Вт/т);

c – теплоємність продукції, кДж / (с·кг °С);

t_2 – початкова температура, °С;

t_1 – кінцева температура, °С.

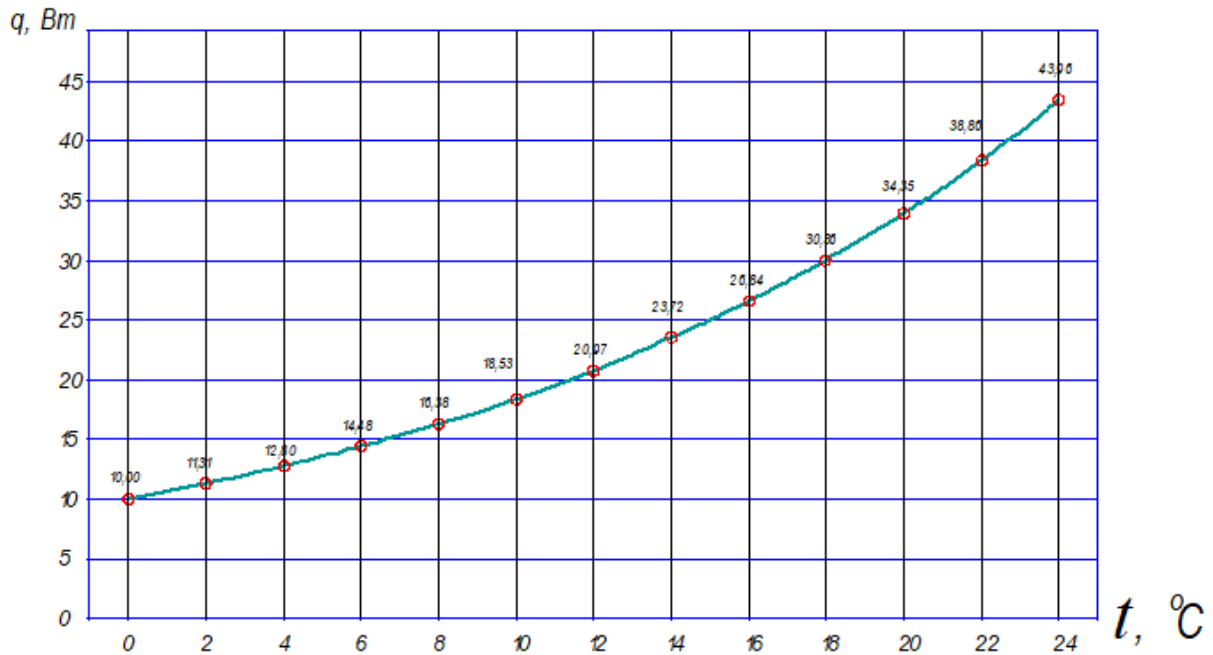


Рис. 3.2. Залежність питомої теплоти дихання від температури зберігання.

Ґрунтуючись на цій формулі, ми збираємося вивчити споживання енергії для охолодження за умов змінної швидкості температурних коливань, вираженої у °С/год, беручи до уваги ефект самонагрівання. Це обчислення реалізується на персональному комп'ютері, використовуючи програмне забезпечення R, а результати будуть представлені у форматі таблиці Microsoft Excel. Код програми для виконання розрахунків можна знайти у додатку, тоді як отримані дані вміщено у Таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Витрата енергії на охолодження продукції до 1 °C за 10 діб з різною швидкістю охолодження з врахуванням самозігрівання.

	Зміна температури за добу, °C								
	25	22	19	16	13	10	7	4	1
Витрати енергії, Вт	0	12,4	24,8	37,2	49,7	62,1	74,5	86,9	99,3

За даними таблиці 3.2 побудуємо графік залежності у вигляді.

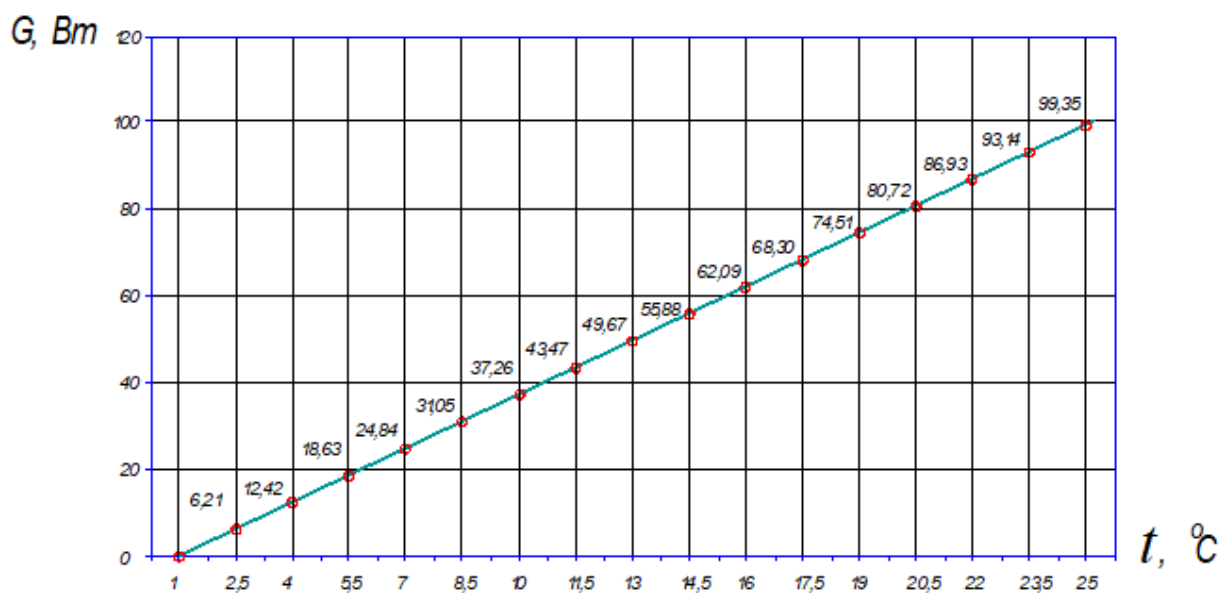


Рис. 3.3. Витрата енергії на охолодження продукції за 10 діб з врахуванням самозігрівання.

Аналізуючи графік, представлений на рисунку 3.3, можна зробити висновок, що використання попереднього охолодження сприяє значній економії енергоресурсів. На основі цих даних планується впровадження методу попереднього охолодження, за умови, що процес буде здійснюватися в короткі терміни, а саме в межах 15–24 годин. При зберіганні картоплі із застосуванням активної вентиляції в якості холодоносія використовується газоповітряна суміш. Однак у процесі відведення тепла ця суміш поступово осушує продукцію, поглинаючи її внутрішню вологу. Зменшення вмісту вологи у картоплі спричиняє

втрату маси, скорочення терміну зберігання та погіршення якісних характеристик продукції. Ступінь осушення продукції повітрям залежить від типу і режиму охолодження. Теоретичні розрахунки та практичний досвід доводять, що важливим чинником при відведенні тепла є температура використовуваного повітря. Розробка нових технологій для зберігання картоплі потребує глибокого розуміння термодинамічних властивостей повітря, які дозволяють звести до мінімуму втрати вологи. Насичене повітря, охолоджуючи продукцію, має здатність поглинати частину вологи з її поверхні, що охолоджується. Тому важливо визначити оптимальну температуру охолодження, за якої втрати вологи будуть мінімальними. Для оцінки рівня осушення продукції під час охолодження використовується формула, запропонована В. Е. Жаданом [7, с.18].

$$n_o = 100 c (t_2 - t_1) E \delta / E_t, \quad (3.4)$$

де, n_o – витрати маси продукції;

c – теплоємність продукції, кДж / (кг °С)

t_2, t_1 – початкова і кінцева температура продукції, °С

$E \delta$ - коефіцієнт, який враховує тепло дихання продукції;

E_t – тепло вологостійкості, кДж / кг.

E_t можемо знайти з формули [5, с.71]

$$E_t = 6385 - 1,21 t^3 - 335 t, \quad (3.5)$$

Якщо продукцію охолоджують менше ніж за дві доби, можна використати наступну формулу [4 с.110]:

$$n_o = 100 c (t_2 - t_1) / E_t, \quad (3.6)$$

Беремо за вихідну температуру +25 градусів за Цельсієм, а кінцеву – +1 градус за Цельсієм. Питома теплоємність картоплі складає 3,56 кілоджоулів на кілограм градус Цельсія.

Далі ми досліджуємо, які втрати маси продукції відбудуться у процесі попереднього охолодження картоплі протягом доби до різних температурних режимів зберігання.

Обчислення проводилися із застосуванням мови програмування R. Код програми, що використовувався для розрахунку, представлено у Додатку 5.

Дані розрахунку заносимо в таблицю 3.3.

Таблиця 3.3

Витрати маси в залежності від температури охолодження.

Температура охолодження	25	20	15	10	8	6	4	3	2	1
Витрати маси, %	0	0,34	0,51	0,79	0,89	1,0	1,1	1,22	1,27	1,32

Виразимо дані таблиці 3.3 у вигляді графіка 3.4.

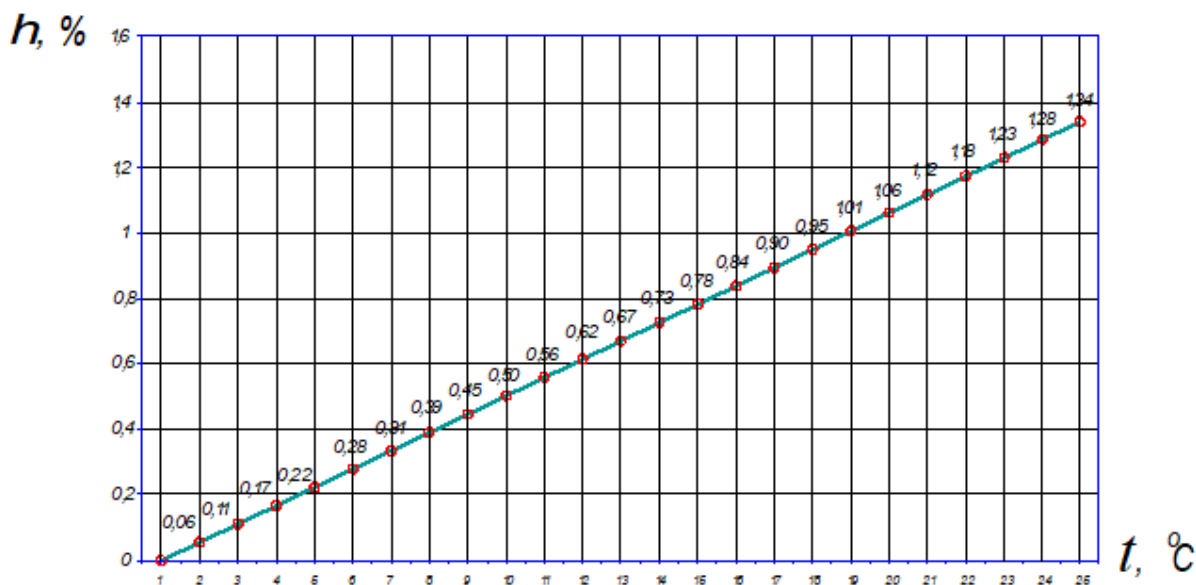


Рис. 3.4 Втрата маси в залежності від температури охолодження.

З графіка 3.4 видно, що при зниженні температури охолодження, втрати маси зростають. Так, при охолодженні картоплі до 1 – 3 °C втрачається 1,3 % маси.

3.2. Технологія зберігання картоплі в сховищі

3.2.1. Післязбиральна доробка картоплі

Залежно від умов збирання та призначення картоплі впроваджуються відповідні технології післязбиральної обробки. У цьому контексті господарство має бути оснащено необхідним обладнанням для ефективного формування технологічної лінії. Це стає особливо важливим під час збору врожаю в складних умовах, коли разом із бульбами може потрапляти значна кількість землі та рослинних залишків. У господарстві для збирання картоплі застосовують картоплекопачі з подальшим ручним завантаженням у контейнери. Хоча використання контейнерів вимагає додаткових матеріальних вкладень, завдяки кращій збереженості бульб ці витрати повністю виправдовуються. Окрім цього, даний підхід забезпечує повну механізацію процесів навантаження та розвантаження. Комплект обладнання має включати приймальний бункер, систему транспортерів, сортувальний стіл, набір контейнерів, електронавантажувач моделі

ЕП-103 або ЕП-106, а також засоби для додаткового завантаження на випадок перерв у технологічному потоці. Усі машини повинні мати автономний привід і легко переміщуватись по території. Технологічну лінію післязбиральної дробки картоплі формують на базі картоплесортувального пункту КСП-15Б. Процес післязбиральної обробки картоплі відбувається за таким сценарієм: зібрану у полі картоплю привозять у контейнерах до сортувального пункту. За допомогою електронавантажувачів ЕП-106 контейнери розвантажують у приймальний бункер. Далі транспортери подають бульби на сортувальний стіл, де відділяються земля та дрібні домішки. Ці домішки виводяться за межі пункту транспортерною системою та вивозяться на поля навантажувачем ПЕ-0,8Б. На сортувальному столі картопля розділяється на дрібну, насінневу та продовольчу. Насіння і продовольчі бульби електронавантажувачами транспортують до сховища для зберігання, а дрібна картопля відправляється на переробні підприємства для виготовлення крохмалю. Продовольча картопля перед закладкою в сховище додатково перебирається вручну: з бульб видаляються хворі екземпляри та залишки ґрунту.

3.2.2 Зберігання картоплі в сховищі

Під час зберігання картоплі, контейнери наповнюють уже відсортованою продукцією. Завантажені ємності транспортують до сховищ і складують у триярусні штабелі. Для розвантаження складу навантажувач забирає контейнери зі штабеля, доставляє їх до розвантажувача контейнерів і встановлює на його поворотний механізм. Розвантажувач нахилиє контейнер і поступово подає продукцію у бункер, звідки вона надходить на переробку. При зберіганні картоплі важливо підтримувати належний режим вологості та температури повітря у різні періоди. Для якісного збереження картоплі необхідно забезпечити рівномірність температурного поля по всій висоті завантаження. Температурні перепади по висоті маси продукції при тривалому зберіганні усуваються регулярним провітрюванням насипу — чотири рази на добу по двадцять – тридцять хвилин. Коли картопля зберігається в умовах активного вентилявання, слідкуйте за сухістю

поверхні об'єкту зберігання. Відсутність крапельної вологи стримує розвиток мікроорганізмів, а також уповільнює проростання продукції. Частота вентиляції сприяє виведенню вологи із маси завантаження під час подачі повітря з вологістю близько вісімдесяти відсотків.

Режими зберігання відрізнятимуться у різні періоди. Так, у підготовчий період, коли продукцію лише завезли з поля, виділяють два етапи: етап осушки та лікувальний етап. Картоплю, що потрапила у сховище, осушують при температурі повітря вісім – десять градусів Цельсія та відносній вологості вісімдесят відсотків. На цьому етапі температуру самої продукції доводять до дванадцяти градусів, тривалість — сорок вісім годин. Лікування картоплі триває двісті п'ятдесят годин за температури повітря дванадцять градусів Цельсія та відносної вологості дев'яносто п'ять – сто відсотків. Подача повітря у всі періоди зберігання становить приблизно сто вісімдесят – двісті п'ятдесят кубічних метрів на тонну за годину.

У період охолодження температуру продукції знижують до робочої температури зберігання (один – п'ять градусів Цельсія). Охолодження триває двадцять – двадцять п'ять діб. Однак, уповільнене охолодження призводить до зростання втрат маси картоплі. Тому раціонально охолоджувати картоплю за десять – п'ятнадцять годин, що цілком реально за умов активної вентиляції. Температура охолоджуючого повітря у цей час становить один – п'ять градусів Цельсія при відносній вологості дев'яносто – сто відсотків. Найбільша різниця між температурою продукції та температурою охолоджуючого повітря — вісім градусів Цельсія.

У фазі основного зберігання, яка триває близько семи тисяч двохсот годин, подача повітря становить п'ятдесят ... двісті п'ятдесят кубічних метрів на тонну за годину, а при штучному охолодженні – десять – тридцять кубічних метрів на тонну за годину. Температура повітря у цей період один – два градуси Цельсія при відносній вологості дев'яносто п'ять – дев'яносто вісім відсотків. У передреалізаційний період температуру продукції підвищують до десяти – дванадцяти градусів Цельсія. Цей етап триває близько двохсот сорока годин.

Температура повітря, що надходить у сховище, становить приблизно п'ять – п'ятнадцять градусів Цельсія при відносній вологості сорок – шістдесят відсотків.

3.3 Створення технологічної карти.

З метою наочного відображення послідовності робіт із закладання на зберігання та самого процесу зберігання картоплі розробляється технологічна карта. У ній фіксуються терміни виконання робіт, їх обсяги, моделі машин, показники їхньої роботи та інша інформація. Технологічна карта необхідна також для попереднього розрахунку техніко-економічних показників проєкту – витрат праці, енергії та пального. Варто звернути увагу на особливості робіт зі зберігання картоплі. Деякі з них виконуються протягом усієї робочої зміни, інші можуть тривати лише кілька годин. Отже, при складанні технологічної карти слід враховувати усі вищенаведені нюанси. Технологічна карта представлена на схемі у графічній частині.

Добір технологічних операцій було здійснено відповідно до технології післязбиральної доробки та зберігання сільськогосподарської продукції. До них належать: санітарно-гігієнічна обробка приміщення, вантажно-розвантажувальні заходи, підготовка до збереження, безпосередньо зберігання та зняття із зберігання.

Обсяги виконуваних робіт та їх одиниці виміру відповідають або загальному об'єму завдань, або конкретному обсягу робіт у межах циклу. Розподіл по операціях виглядає так: 1, 2 — площа поверхні, яка обробляється розчинами; 3, 4 — тривалість (у годинах) роботи транспортних засобів для перевезення; 5–10 — завантаження, розвантаження та завершальні операції, що відповідають обсягу викопаної картоплі; 11 — погодинна робота зі збирання території; 12 — цикл операцій, що повторюється щоденно протягом 9 днів при надходженні викопаної картоплі; 14 — етапи підготовки картоплі до переробки та зберігання, де обсяг робіт визначається місткістю камери. Календарні терміни визначаються таким чином: початок операцій 1 і 2 відповідає санітарно-гігієнічним нормам; операції 3–6, 8–10 розпочинаються одночасно з введенням в дію лінії №7 для післязбиральної обробки картоплі; операції 11–13 передбачають строки згідно з технологічними

вимогами; операція 14 виконується відповідно до термінів потреби у виробництві чіпсів. Завершення виконання операцій залежить від: – продуктивності обладнання (1 і 2); – продуктивності основних машин (3–10); – технологічних параметрів (11–13); – виробничих потреб (14). Вибір марки машин або агрегатів здійснюється на основі доступності у господарстві, технічних характеристик чи даних із відповідних каталогів. Продуктивність машин (за годину або зміну) узгоджується з технічними даними або встановленими нормами. Продуктивність основної машини за зміну відповідає її реальній потужності. У випадку залежного обладнання вона залежить від обсягу робіт, потрібного для стабільного функціонування технологічного процесу. Чистий робочий час кожної машини вказується як загальна кількість годин її експлуатації упродовж зміни. Кількість робочих змін та загальна тривалість робіт залежать від термінів та масштабів завдання, продуктивності техніки і чисельності машинного парку. Відповідно, визначення необхідного часу на весь обсяг виконання робіт базується на тривалості роботи за зміну, періодах виконання завдань та кількості техніки. Вибір потужності приводу ґрунтується на технічних характеристиках. Енерговитрати (пального) розраховуються лише для тракторних і машинно-тракторних агрегатів, залежно від тривалості роботи та потужності обладнання. Кількість пального фіксується відповідно до погодинної витрати техніки. Потреба в техніці визначається термінами виконання робіт та її продуктивністю. Кількість основного та додаткового персоналу залежить від числа одиниць техніки і норми обслуговування кожного агрегату. Робочий час розраховується за сумою відпрацьованих годин техніки і трудозатрат обслуговуючого персоналу. ****Висновки**** 1. Виконано розрахунки режимів зберігання картоплі, включаючи температурний режим, рівень вологості повітря та кратність повітрообміну для етапів закладання на зберігання, безпосереднього зберігання і вивезення картоплі зі сховища. 2. Обрано необхідне обладнання технологічної лінії для післязбиральної обробки картоплі. 3. Розроблено технологічну карту, що систематизує послідовність робіт із закладання, зберігання та вивезення карт.

4 ОБЛАДНАННЯ СХОВИЩА ТА ЙОГО ІНЖЕНЕРНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

4.1 Огляд типового проєкту сховища

Сховище для продукції розробляється на основі стандартного проєкту сховища під номером 813-135, який є широко поширеним у сучасному сільському господарстві. Картоплесховище, оснащене цехом для товарної обробки плодів, призначене для тривалого зберігання картоплі. У літній період його також можна використовувати для охолодження та короткочасного зберігання ягід і фруктів, а також виконання їхньої товарної обробки. Місткість сховища при зберіганні картоплі становить 700 тонн, а максимально допустимий термін зберігання сягає дев'яти місяців. Вантажно-розвантажувальні операції виконуються із застосуванням електронавантажувачів. Охолодження приміщень організовано за децентралізованою схемою з використанням автономних компресорних холодильних установок ХМСР-16. Завдяки цим системам в камерах підтримується необхідний температурний режим і рівень вологості повітря. Примусова вентиляція камер із використанням зовнішнього повітря забезпечує триразовий повітрообмін за добу. Проєктом передбачена система охолодження повітря безканалного типу з рівномірним його розподілом у приміщенні.

4.2 Основні вдосконалення сховища

Для значного збільшення терміну зберігання продукції та створення оптимальних умов у сховищах пропонується удосконалити традиційне обладнання шляхом впровадження сучасних технологій. Для цього рекомендується застосовувати центральну систему охолодження в поєднанні з активно діючою вентиляцією. Планується, що продукція буде зберігатися у спеціально обладнаних камерах, які мають невеликий об'єм і дозволяють розміщувати контейнери у два ряди з поділом на декілька ярусів. Це сприятиме максимально ефективному

використанню простору. Основою системи охолодження є централізована система з потужним промисловим кондиціонером, який встановлюється у машинному відділенні. Від нього до камер холодного зберігання пролягає розгалужена мережа повітропроводів, оснащених впускними та випускними клапанами для ефективного регулювання потоків повітря. Така структура забезпечує рівномірний розподіл охолодженого повітря в кожній з камер, підтримуючи стабільний температурний режим незалежно від зовнішніх умов. Згідно з типовими проектами, для теплоізоляції камер зазвичай використовуються мінерально-ватні плити марки 350. Однак, незважаючи на їхню поширеність, цей матеріал має суттєвий недолік — високий коефіцієнт теплопровідності. Це зумовлює необхідність облаштування додаткового гідроізоляційного шару всередині камер для запобігання проникненню вологи. Унаслідок цього в теплу пору року відбуваються значні втрати холоду, а в зимовий період можлива небезпека переохолодження продукції, що негативно впливає на якість її зберігання. Окрім того, гідроізоляційний шар потребує регулярного технічного обслуговування та щорічного ремонту, що суттєво збільшує експлуатаційні витрати на утримання сховища. Для усунення цих проблем і підвищення ефективності функціонування сховищ пропонується використовувати спеціальні теплоізоляційні панелі. Ці панелі мають товщину 100 мм і обидві сторони вкриті оцинкованим металевим листом. Таке рішення дозволяє не тільки значно підвищити міцність конструкції, але й виключити необхідність у додатковому гідроізоляційному шарі. Окрім того, панелі є простими в монтажі й демонструють довговічність та високу стійкість до зовнішніх факторів. Таким чином, застосування новітніх рішень у проектуванні та модернізації сховищ забезпечить більш ефективні умови для довготривалого зберігання продукції та стане економічно вигідним варіантом для виробників.

4.3 Вибір тари для зберігання картоплі

Продукція, яка потребує належних умов зберігання, зокрема основна культура як картопля, планується розташовувати в спеціалізованих контейнерах типу СП-5-0,45-2. Цей конкретний тип контейнера має розбірну конструкцію, яка була розроблена з урахуванням особливостей зберігання картоплі, що дозволяє забезпечити оптимальні умови для її тривалого збереження. Використання контейнерів для цієї мети обумовлено рядом важливих факторів та переваг. Перш за все, конструкція зазначених контейнерів підтримує можливість активної вентиляції всередині зони зберігання, що є критично важливим для підтримання якості картоплі та запобігання утворенню надмірної вологості чи застою повітря. Така вентиляція сприяє мінімізації ризиків появи гниття або псування продукції. Друге, використання контейнерів значно підвищує рівень механізації робіт, пов'язаних із завантаженням і вивантаженням картоплі. Це не лише спрощує процес ведення цих операцій, але й сприяє зниженню витрат часу і підвищенню продуктивності праці. Крім того, контейнерна система суттєво зменшує ймовірність механічних пошкоджень картоплі у процесі її транспортування чи переміщення. Завдяки цьому забезпечується більша економічна ефективність і зберігаються якісні характеристики продукту. Останній вагомий аспект полягає у значному покращенні використання корисної площі картоплесховища, адже застосування контейнерів дозволяє оптимізувати наявний простір на 30–40%. Завдяки цьому підвищується загальна місткість сховища, що робить процес зберігання більш раціональним і економічним. Таким чином, запропонована модель зберігання картоплі в контейнерах типу СП-5-0,45-2 є ефективним рішенням, яке об'єднує сучасні технології, підвищення продуктивності та забезпечення якісного утримання продукції у найкращих умовах.

4.4 Розташування продукції в камері зберігання

Розташування контейнерів у камері має бути організоване таким чином, щоб максимально оптимізувати функціонування системи активного вентилявання. Для цього обрано систему, яка відповідає кільком важливим критеріям, необхідним для забезпечення ефективного теплообміну між продукцією та холодоносієм. Найкращим рішенням для такої мети є циркуляційна система активної вентиляції, що має наступні переваги: - Забезпечує кругове омивання холодоносієм внутрішнього простору контейнера, сприяючи рівномірному охолодженню. - Завдяки своїм особливостям гарантує ефективне проникнення холодоносія всередину кожного контейнера. - Підтримує природну конвекцію, яка активно долучається до процесу охолодження продукції. Для повного використання цих переваг контейнери слід розташувати в два стовпці з організацією центрального каналу, через який буде подаватися повітря зверху. Повітря, що вводиться в камеру, розподілятиметься на чотири потоки, кожен із яких виконує визначену функцію: 1) Потік А направляє знизу вгору вздовж кожного стовпця контейнерів і забезпечує охолодження правих і лівих сторін контейнерів. 2) Потік Б проникає між рядами контейнерів, ефективно охолоджуючи їх верхню і нижню частини. 3) Потік В проходить безпосередньо крізь сам контейнер, здійснюючи охолодження продукту, що міститься всередині. 4) Четвертий потік проникає між боковими сторонами контейнерів і забезпечує охолодження передньої та задньої частин кожного контейнера. Крім цього, у системі враховується природний гравітаційний потік теплого повітря. Він рухається між рядами контейнерів і уникає проходження через верхні контейнери, що дозволяє підтримувати рівномірне їх охолодження. З огляду на всі ці особливості, доцільним є розміщення контейнерів у камері у формі двох стовпців. Кожен стовпець повинен складатися з трьох контейнерів по висоті та трьох контейнерів у довжину. При цьому важливо дотримуватися мінімальних відстаней: між стовпцями має бути не менш ніж 0,5 метра, а між стінками камери та крайніми контейнерами — щонайменше 0,1 метра. Такий підхід забезпечить оптимальну циркуляцію повітря та ефективне охолодження продукції.

4.5 Розрахунок розмірів камери зберігання

Для реалізації раціонального розташування камер зберігання у стандартній камері проекту передбачається розміщення контейнерів у два ряди. Між рядами залишено спеціальний технологічний коридор, який призначений для транспортування, завантаження та розвантаження контейнерів за допомогою електронавантажувачів. Така конфігурація забезпечує оптимальне використання простору всередині камери, спрощує доступ до вантажів і покращує загальну ефективність операцій. Розрахунок розмірів камери передбачає необхідність врахування технологічних параметрів. Особливо важливо забезпечити мінімальні відстані між внутрішніми стінками камери та контейнерами. Ця відстань повинна складати не менше 0,1 метра. Такий зазор є обов'язковим для забезпечення належної циркуляції холодоносія, що критично важливо для підтримки заданих температурних умов та рівномірного охолодження всіх контейнерів. Зазначені вимоги базуються на рекомендаціях нормативної документації [8, с. 65], яка є основним орієнтиром при визначенні параметрів конструкції і розташування камер.

Розраховуємо довжину камери, м:

$$D_{\text{кам}} = D_{\text{конт}} \cdot K_d + 2 \cdot D_1 + D_2 \cdot (K_d - 1) + S_1, \quad (4.1)$$

де $D_{\text{конт}} = 1,24\text{ м}$ – зовнішня довжина контейнера;

$K_d + 2$ – кількість контейнерів по довжині камери;

$D_1 = 0,2\text{ м}$ – відстань між контейнером і стінкою камери;

$D_2 = 0,5\text{ м}$ – відстань між контейнерами по довжині ;

$S_1 = 0,1\text{ м}$ – товщина ізоляційного шару.

$$D_{\text{кам}} = 1,24 \cdot 2 + 2 \cdot 0,2 + 0,45(2 - 1) + 0,1 = 3,48\text{ м}$$

Знаходимо кількість камер в одному ряді;

$$K_{\text{кам.р}} = L_{\text{прольоту}} / D_{\text{кам}} \quad (4.2)$$

де $L_{\text{прольоту}}$ – довжина прольоту камери типового проекту, м

$$L_{\text{прольоту}} = 18$$

$$K_{\text{кам.р}} = 18/3,48 = 5,17 \text{ шт.},$$

Приймаємо 5 камер в одному ряді.

Знаходимо дійсну довжину камери, м:

$$D_{\text{кам}} = L_{\text{прольоту}} / K_{\text{кам.р}}, \quad (4.3)$$

$$D_{\text{кам}} = 18/5 = 3,6 \text{ м}$$

Приймаємо довжину камери 3,6 метра.

Знаходимо ширину камери, м:

$$S_{\text{кам}} = S_{\text{конт}} \cdot K_0 + 2S_1 + S_2(K_3 - 1) + S_1 \quad (4.4)$$

Де $S_{\text{конт}} = 0,835$ м – зовнішня ширина контейнера;

$K_3 = 4$ м – кількість контейнерів по ширині камери;

$S_1 = 0,2$ м – відстань між контейнерами і стінкою камери;

$S_2 = 0,1$ м – відстань між контейнерами по ширині.

$$S_{\text{кам}} = 0,835 \cdot 3 + 2 \cdot 0,2 + 0,1(3 - 1) + 0,1 = 3,2 \text{ м} .$$

Приймаємо ширину камери 3,2 метри;

Знаходимо ширину технологічного коридору, м:

$$S_{\text{кор}} = S_{\text{прольоту}} - 2S_{\text{кам}} \quad (4.5)$$

$S_{\text{прольоту}} = 10$ м – ширина прольоту.

$$S_{\text{кор}} = 10 - 2 \cdot 3,2 = 3,6 \text{ м}$$

Ширини технологічного коридору вистачає для безперешкодного відкриття двостулкових дверей камери, а також забезпечує можливість розвороту електронвантажувача з контейнером прямо в коридорі.

Знаходимо висоту камери, м:

$$H_{\text{кам}} = H_{\text{конт}} \cdot K_{\text{н}} + H_1, \quad (4.6)$$

де $H_{\text{конт}} = 0,75\text{м}$ – зовнішня висота контейнера;

$K_{\text{н}} = 3$ – кількість контейнерів по висоті камери;

$H_1 = 1,6\text{м}$ – конструктивна висота навантажувача,

$$H_{\text{кам}} = 0,75 \cdot 3 + 1,6 = 3,85\text{м}$$

Приймаємо висоту камери 4 метри.

Знайдемо максимальну місткість камери з картоплею, виходячи з стандартної ємкості одного контейнера, т:

$$M_{\text{кам}} = K_{\text{конт}} \cdot M_{\text{конт}} \quad (4.7)$$

де $K_{\text{конт}} = 18$ – кількість контейнерів в камері;

$M_{\text{конт}} = 0,35\text{т}$ – типова вага картоплі в одному контейнері.

$$M_{\text{кам}} = 18 \cdot 0,35 = 6,3\text{т}$$

4.6 Вибір і розрахунок систем активного вентилявання

4.6.1 Обґрунтування системи вентилявання

Розглядається декілька типів систем подачі та відведення повітря у системах зберігання, кожна з яких має свої переваги, недоліки та сферу застосування. Перший тип – роздільна система холодного і нагрітого повітропроводів без можливості регулювання подачі повітря до кожної окремої камери. В основі цієї системи лежать два повітропроводи: перший слугує для забору холодоносія з камери і його транспортування до промислового кондиціонера, а другий – для подачі охолодженого повітря назад в камеру зберігання. Характерною особливістю такої системи є її неспроможність забезпечити індивідуальне регулювання параметрів кожної конкретної

камери. Це означає, що вентиляція всіх камер здійснюється одночасно та в однакових умовах. Подібна система зазвичай знаходить застосування у сховищах, де зберігається однорідна продукція, що не потребує суворого дотримання специфічних умов. Основні обмеження включають неможливість швидкого попереднього охолодження окремих камер, а також використання різних температурних режимів в різних зонах. Другий тип – роздільна система холодного і нагрітого повітропроводів із функцією регулювання подачі повітря до кожної камери окремо. Вона принципово відрізняється від першого варіанту завдяки наявності для кожної камери спеціальних повітряних клапанів. Така конструкція дозволяє ефективно адаптувати умови зберігання до вимог конкретної продукції, розташованої в окремих камерах, а також організувати можливість попереднього охолодження для кожної з них. Проте і ця система має свої недоліки. Її реалізація потребує встановлення двох повітропроводів і двох клапанів для кожної камери, що робить систему значно складнішою для монтажу та експлуатації. Крім того, через створення надлишкового тиску в подавальному повітропроводі виникає необхідність у високоякісній герметизації кожного клапана, що може додатково ускладнити конструктивні рішення. З огляду на обмеження двох описаних вище систем, доцільно обрати альтернативний підхід – впровадження кругової системи повітропроводу. Ця концепція передбачає побудову єдиного повітропроводу замкненої конфігурації, який починається і закінчується на промисловому кондиціонері. Така система значно спрощує конструкцію, знизивши кількість металевих елементів і загальну складність збирання. Ключовим елементом кругової системи є організація гнучкої подачі і відведення повітря в кожну окрему камеру через систему, оснащену трьома клапанами. Перший клапан відкриває доступ до холодного повітря з головного повітропроводу і спрямовує його до камери. Другий відповідає за забір нагрітого або вже використаного повітря з камери і передає його далі по круговій системі. Між цими клапанами знаходиться третій, який відіграє важливу роль, розділяючи потоки холодного і теплого повітря для запобігання їх змішуванню. Така система має потенціал суттєво

покращити управління мікрокліматом у кожній окремій камері, забезпечуючи оптимальні умови для зберігання різних видів продукції з урахуванням їх специфічних вимог. При цьому вона є більш економічною та надійною завдяки зменшенню кількості елементів і спрощенню монтажних робіт. Таким чином, кругова система повітропроводу може стати оптимальним вибором для сучасних складських та виробничих приміщень.

4.6.2 Загальна будова системи активного вентилявання

Під час проектування сховища необхідно передбачити ефективну систему швидкого охолодження. Враховуючи велику кількість камер, оптимальним рішенням є використання кількох систем активного вентилявання. Такий підхід забезпечує гнучкіше управління роботою системи та дозволяє охолоджувати різні камери одночасно за різними режимами. Запланована система розрахована на обслуговування десяти камер, тобто передбачено по одній системі для кожного прольоту типового сховища. Кожна система активного вентилявання включатиме стандартний промисловий кондиціонер та холодильну установку. Це сприятиме більш ефективній роботі системи й дозволить оперативно налаштовувати температурний режим у камерах. Кондиціонери будуть розміщені в окремому машинному відділенні, а повітропроводи проходять над камерами зберігання. Повітряні клапани встановлюватимуться зверху камер, забезпечуючи подачу холодоносія через отвори в стелі, а також забір теплого повітря. Система регулювання газового середовища функціонуватиме у двох режимах: - коригування параметрів газового середовища; - збагачення газової суміші киснем.

4.6.3 Розрахунок об'єму повітря, що подається в камеру при охолодженні продукції.

При відводі тепла з поверхні продукції, одночасно відбувається процес переходу тепла від середини плоду до його поверхні. Показниками цих двох

процесів є внутрішній $R_{вн}$ і зовнішній $R_{зн}$ термічний опір, відношення яких між собою називається критерієм Віо (Vi) [12, с.104]:

$$Vi = R_{вн} / R_{зн} , \quad (4.8)$$

Відхилення значення Vi від одиниці означає, що в загальному тепловому потоці місцеве гальмування викликане або всередині продукції $Vi > 1$, або на поверхні $Vi < 1$. Тому головна наша мета – забезпечити такі умови, щоб цей критерій був близький одиниці.

На основі цієї залежності знайдемо потрібний нам об'єм холодоносія.

Внутрішній опір [5, 104]:

$$R_{вн} = R / \lambda , \quad (4.9)$$

Де R – радіус елемента продукції для картоплі,

λ – коефіцієнт теплопровідності продукції.

Коефіцієнти теплопровідності продукції [5, 104]:

$$\lambda = \rho_{\phi} / \rho_{н} (0,47 - 0,004 Пс) + 0,25 (1 - \rho_{\phi} / \rho_{н}), \quad (4.10)$$

де ρ_{ϕ} – фізична щільність картоплі;

$\rho_{н}$ – насипна щільність;

Пс – вміст сухих речовин.

Зовнішній опір [5, 104]:

$$R_{\text{сн}} = 1/a_{\text{н}} E , \quad (4.11)$$

де $a_{\text{н}}$ – коефіцієнт теплопередачі на границі “продукція- повітря”;

E – коефіцієнт ентальпії.

Коефіцієнти теплопередачі на границі “продукція- повітря”,
[4,с.108]:

$$a_n = 1,5 + 0,03V \cdot h \cdot \rho_n, \quad (4.12)$$

де V – розхід повітря, $\text{м}^3/(\text{т} \cdot \text{год})$;

h – товщина шару продукції;

ρ_n – насипна щільність продукції, $\text{т}/\text{м}^3$

Коефіцієнт ентальпії [5, с.105]:

$$E = 1 / (1 - (\Gamma / E_\tau)) \quad (4.13)$$

Розраховуємо співвідношення між зовнішнім і внутрішнім термічним опором при охолодженні для нашого випадку.

Питомий розхід повітря $250 \text{ м}^3/\text{т} \cdot \text{год}$, геометричні розміри $0,03 \text{ м}$, висота штабеля – $0,74 \text{ м}$, насипна щільність $0,65 \text{ т}/\text{м}^3$, теплопровідність $0,52 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, температура повітря 0°C .

Коефіцієнти теплопередачі a_n :

Коефіцієнти теплопередачі a_n :

$$a_n = 1,5 + 0,03 \cdot 250 \cdot 0,74 \cdot 0,65 = 5,1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$E_\tau = 6385 - 147 \cdot 0 = 6385 \text{ кДж}/\text{кг}$$

Коефіцієнт ентальпії:

$$E = 1 / (1 - 0,03 / 6385) = 1,05$$

Внутрішній опір $R_{вн}$ [$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$]:

$$R_{вн} = 0,03 / 0,52 = 0,058$$

Зовнішній термічний опір $R_{\text{зн}}$ [Вт/(м²·К)]:

$$R_{\text{зн}} = 1/(5,1 \cdot 1,05) = 0,18$$

Критерій Віо при охолодженні картоплі:

$$Vi = 0,058/0,18 = 0,32$$

Отже, з розрахунку ми бачимо, що при охолодженні картоплі визначаючим стає зовнішній термічний опір. Тому подальше збільшення питомого розходу повітря впливає на темп охолодження картоплі.

4.6.4 Розрахунок конструкції повітропроводу для холодоносія

Знаходимо об'єм холодоносія при повному завантаженні камери картоплею 6,3 тонн, м³/год

$$V_{\text{кам}} = V \cdot M_{\text{кам}}, \quad (4.14)$$

Нам потрібно забезпечити систему подачі холодоносія в камеру, в межах 315м³/год.

Для нашої системи активного вентиляювання краще прийняти повітропровід з тонколистової сталі з прямокутним перерізом. Такий вибір зумовлений прямокутною будовою повітряних клапанів, які значно простіше круглих.

Знаходимо розмір перерізу повітропроводу, м [8, с.132]:

$$F = V/(3600 \cdot V_{\text{рек}}), \quad (4.15)$$

де $V_{\text{рек}} = 6\text{м}^3/\text{с}$ – швидкість для повітропроводу [8, с.137]:

$$F = 1575/(3600 \cdot 6) = 0,072 \text{ м.}$$

Приймається стандартний переріз повітропроводу розміром 80×80 мм і товщина сталевого листа 0,7 мм. У такому випадку потік повітря в повітропроводі буде рухатися зі швидкістю 5,4 м/с. Конструкція повітропроводу передбачає, що від центрального кондиціонера повітропровід підіймається вгору, після чого переходить у горизонтальне положення і проходить над п'ятьма камерами. Потім він робить поворот на 90° і продовжується над коридором. У кінцевому підсумку, повітропровід повертається у зворотньому напрямку до кондиціонера. Над кожною з камер буде встановлено систему з трьох стандартних клапанів, що забезпечують регулювання подачі холодоносія (див. рисунок 4.3).

4.6.5 Вибір і розрахунок промислового кондиціонера

У ролі охолоджувача та зволожувача повітря було прийнято рішення використати центральний промисловий кондиціонер. Найкращим вибором для даного завдання є центральний секційний кондиціонер, зокрема модель Кд, виробництва харківського заводу "Кондиціонер". Під час добору моделі кондиціонера враховуємо, що стандартні модифікації таких систем здатні охолоджувати повітря до 10 °С із забезпеченням вологості на рівні 60-70%. Проте у нашому випадку виникає потреба охолоджувати повітря до 0 °С із підвищеною вологістю в межах 85-95%. З огляду на ці вимоги, необхідно обрати кондиціонер із більшою пропускну здатністю. Для цього найкраще підходить модель Кд10а, яка може бути адаптована за спеціальною схемою, залежно від конкретних параметрів та потреб. Схема роботи кондиціонера повинна бути розроблена з урахуванням наступного: пристрій має включати вентиляторний агрегат, з'єднувальну секцію, сервісну камеру, камеру зрошування, а також повітряну камеру з регулюючим клапаном для забезпечення змішування рециркуляційного повітря. Далі розглядаємо розрахунок витрати води, необхідної для зволоження повітря в зрошувальній камері кондиціонера, виражений у кг/с. Це базується на методиці та значеннях, поданих у [3, с. 230].

$$G_{\text{води}} = B \cdot L / 3600, \quad (4.16)$$

Де $B = 1$ – коефіцієнт зрошування, приймається в залежності від роботи камери для адіабатичного зволоження.

$$G_{\text{води}} = 1 \cdot 1575 / 3600 = 0,44 \text{ кг/с} .$$

Знаходимо кількість води, яку розпилює одна форсунка, кг/с [11, с.200]:

$$G_{\text{ф}} = G_{\text{води}} / k \quad (4.17)$$

де $k = 36$ – кількість форсунок для камери К_д10а.

$$G_{\text{ф}} = 0,44 / 36 = 0,012 \text{ кг/с}$$

Приймаються форсунки з діаметром 1,5 мм, забезпечуючи тиск перед ними на рівні 0,1 МПа. Для кондиціонера було визначено використання зрошувальної камери моделі 01.01210, оснащеної 36 тангенціальними поліетиленовими форсунками діаметром 1,5 мм. Дана камера створює аеродинамічний тиск у системі, що дорівнює 0,12 МПа. Для забезпечення оптимальної роботи системи було обрано восьмирядний поверхневий повітроохолоджувач моделі 01.02080. Це обладнання має загальну поверхню передачі холоду у 137,6 м² та створює аеродинамічний тиск у системі на рівні 0,31 МПа, що відповідає високим вимогам кондиціонера щодо передачі холоду. Оскільки кондиціонер функціонує у парі з вентиляторними агрегатами моделі ЦЦ-70, необхідно підібрати відповідний тип вентилятора. Для цього потрібно визначити втрати тиску в системі повітропроводів. Розрахунок втрат проводиться шляхом аналізу складових: втрати від тертя (h_{тр}) та місцевих втрат тиску (h_{місц}), виражених у кПа.

$$\Delta p = R \beta_{\text{ш}} L + Z + \rho_{\text{уст}}, \quad (4.18)$$

де $R = 0,0016$ кПа – питома втрата тиску повітропроводу [11, с.135];

$\beta_{ш} = 1,06$ – коефіцієнт, враховуючий фактичну шорсткість стінок повітропроводу в залежності від швидкості повітря, при шорсткості листової сталі 0,1мм і швидкості 6 м/с приймаємо;

L – довжина повітропроводу;

Z – місцеві втрати тиску;

$p_{уст}$ – втрати тиску при проході через обладнання.

Довжина повітропроводу, м;

$$L = Z (L_1+ L_2)+8 \cdot L_3+2 \cdot L_4+ L_5 , \quad (4.19)$$

де $L_1 = 1,5$ м – довжина вертикального повітропроводу;

$L_2 = 3,75$ м – довжина горизонтального повітропроводу від кондиціонера до клапанів;

$L_3 = 2,58$ м – довжина горизонтального повітропроводу між клапанами;

$L_4 = 0,5$ м – довжина повітропроводу до повороту;

$L_5 = 6,56$ м – довжина повітропроводу через коридор.

$$L = 2(1,5+3,75)+8 \cdot 2,58+2 \cdot 0,5+6,56 = 38,7\text{м}$$

Місце втрати тиску, кПа:

$$Z = \sum G \cdot P_d , \quad (4.20)$$

де $\sum G$ – сума коефіцієнтів місцевих втрат тиску;

$P_d = 0,2799$ кПа – динамічний тиск повітря по монограмі [11, с.128].

Сума коефіцієнтів місцевих втрат тисків:

$$G = 4G_1 +G_2 +G_3 +2 G_4 \quad (4.21)$$

де $G_1 = 0,2467$ – коефіцієнт місцевого тиску при зміні напрямлення [11, с.128];

$G_3 = 0,081$ – коефіцієнт місцевого тиску при переході від повітропроводу до кондиціонера [11, с.130];

$G_2 = 0,71$ – коефіцієнт місцевого тиску при переході від вентилятора до повітропроводу;

$G_4 = 0,2467$ – коефіцієнт місцевого тиску при зміні напрямлення при вході в камеру [11, с.128].

$$G = 4 \cdot 0,2467 + 0,71 + 0,081 + 2 \cdot 0,2467 = 2,31$$

Звідси

$$Z = 2,31 \cdot 0,28 = 0,647 \text{ кПа}$$

Втрати тиску при проході через обладнання, кПа:

$$\rho_{\text{уст}} = \rho_k + 11\rho_p \quad (4.22)$$

де ρ_k – втрати тиску при проході через кондиціонер;

$\rho_p = 0,02$ кПа – втрати тиску при проході через повітряний клапан повітропроводів.

Втрати тиску при проході через кондиціонер, кПа:

$$P_k = \rho_3 + \rho_0 + 2\rho_{\text{кл}}, \quad (4.23)$$

де $\rho_3 = 0,12$ кПа – втрати тиску при проходженні через зрошувальну камеру;

$\rho_0 = 0,31$ кПа – втрати тиску при проходженні через охолоджувач;

$\rho_{\text{кл}} = 0,02$ кПа – втрати тиску при проходженні через повітряний клапан.

$$P_k = 0,12 + 0,31 + 2 \cdot 0,02 = 0,47 \text{ кПа}$$

Звідси:

$$\rho_{\text{уст}} = 0,47 + 11 \cdot 0,02 = 0,69 \text{ кПа}$$

Тоді:

$$\Delta p = 0,0016 \cdot 1,06 \cdot 38,7 + 0,647 + 0,69 = 1,402 \text{ МПа}$$

Знаходимо тиск, який потрібно створювати вентилятором, кПа:

$$\rho_{\text{в}} = k \Delta p, \quad (4.23)$$

де $k=1,1$ – коефіцієнт неврахованих втрат тиску,

$$\rho_{\text{в}} = 1,1 \cdot 140,2 = 154 \text{ кПа}$$

На основі знайдених значень втрат тиску і $V_{\text{кам}} = 1575 \text{ м}^3/\text{год}$ згідно зведеного графіка вибираємо тип вентиляторної установки і тип двигуна, с. [65]

Згідно графіка приймаємо вентиляторну установку ЦЦ-70АЦ095-3 з двигуном 4А100SAL потужністю 5,5кВт і частотою обертання 2880 хв⁻¹.

4.7 Висновки

Обрано базовий проект сховища, виконано його ключові покращення. Розроблено оптимальне розташування контейнерів та вдосконалено систему циркуляції повітря в камері. Визначено необхідні параметри та розміри камери для зберігання картоплі. Спроектовано конструкцію і здійснено розрахунок системи активної вентиляції. Проведено розрахунок і вибір відповідного промислового кондиціонера.

5 КОНСТРУКТИВНА РОЗРОБКА

5.1 Аналіз пристроїв регулювання газового середовища

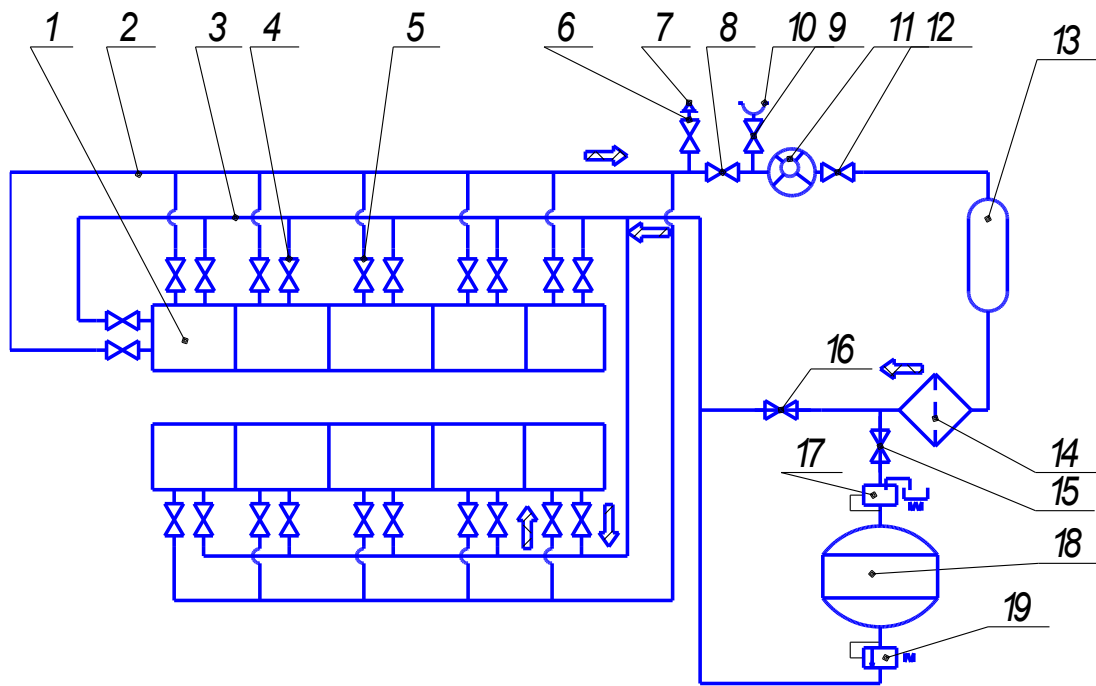
Сьогодні існує кілька технічних рішень для регулювання газового складу середовища. Основний принцип таких технологій полягає в збільшенні кількості азоту, вилученні надлишків вуглекислого газу та, за потреби, введенні кисню. Найпростішим методом є періодична аерація, тобто подача свіжого повітря до камери. Однак цей спосіб застосовують лише у випадках, коли зберігання продукції здійснюється в умовах нормальної газової суміші, де вміст кисню й вуглекислого газу становить 21%. Якщо ж використовується субнормальна суміш, де концентрація кисню й вуглекислого газу обмежена 5–10%, такий підхід стає неприйнятним. У цьому разі доцільно застосовувати систему, що базується на поглинанні вуглекислого газу з використанням спеціальних поглиначів. Одним із варіантів є застосування скрубєрів, де вуглекислий газ абсорбується за допомогою хімічних засобів, таких як поташ, кальцинована сода чи діетаноламін. Однак кожен із цих речовин має обмежену здатність до поглинання, після чого абсорбент необхідно замінити. Цей процес пов'язаний із додатковими матеріальними витратами на закупівлю, зберігання та заміну сорбентів, а також їх утилізацію. З цієї причини метод виявляється дорогим і залежить від регулярного постачання витратних матеріалів. На сьогодні ширше застосовуються прогресивні скрубєри безперервної дії, що працюють на принципі декарбонізації середовища. Газовий потік із камери надходить до скрубєрів, де очищається від надлишків вуглекислого газу за допомогою абсорбентів (поташу, кальцинованої соди чи діетаноламіну), після чого очищене повітря повертається в камеру. Вивільнення вуглекислого газу з абсорбенту відбувається шляхом його нагрівання. Однак цей процес потребує значних витрат енергії: нагрітий абсорбент при поглинанні додатково нагріває повітря всередині системи, що спричиняє втрати холоду. Крім того, такі установки зазвичай мають великі розміри й потребують окре-

мого приміщення для монтажу. Через ці нюанси подібне обладнання теж є малоефективним. Франція з 1965 року запровадила новий спосіб регулювання газового середовища, розроблений компанією “Рон-Пуленк”. Методика базується на фізичному розділенні газової суміші з використанням силікон-каучукових мембран, які мають різну проникність для окремих газів. Завдяки такому підходу можливим стає регулювання газового складу через дифузійний обмін: через плівку проходять частки вуглекислого газу, кисню та азоту відповідно до їхніх проникних властивостей.

5.2 Вибір дифузійного регулятора газового середовища з селективно-проникного матеріалу

Застосування технології дифузійного обміну виявляється економічно і технічно вигідним з огляду на цілий ряд важливих переваг. Серед ключових особливостей, на які варто звернути увагу, можна виділити наступне: по-перше, регулювання середовища відбувається шляхом вилучення з нього небажаних складників із мінімальним підмішуванням свіжого повітря, що дозволяє ефективно підтримувати необхідний склад газового середовища; по-друге, ця технологія не передбачає значних енергетичних затрат, що сприяє її економічності; по-третє, система забезпечує можливість регулювати середовище за будь-якого температурного режиму, адаптуючись до вимог конкретного об'єкта; по-четверте, процес регулювання середовища проводиться без його нагрівання, що є критично важливим для збереження фізичних властивостей певних об'єктів, таких як харчові продукти; по-п'яте, технологія дає змогу контролювати вологість повітря на рівні до 98%, не викликаючи осушення середовища, що є істотною перевагою при роботі з продуктами, чутливими до вологості; по-шосте, така система ефективно очищує газове середовище від шкідливих речовин, які утворюються внаслідок дихальних процесів продукції, зокрема яблук; нарешті, це обладнання вирізняється компактними розмірами, не потребує окремого спеціалізованого приміщення для своєї установки. Для забезпечення оп-

тимального функціонування камер зберігання необхідна систематична і чітко спроектована система регуляції газового середовища. Ця система має працювати незалежно від охолоджувального обладнання і функціонувати як цілком автономна для кожного блоку з десяти камер. Вона повинна включати механізми подачі свіжого повітря у камери та одночасного видалення небажаних продуктів газообміну, зокрема двоокису вуглецю, який утворюється в процесі дихання продукції. Основними компонентами такої системи є пристрій для перекачування газового середовища, трубопроводна мережа для транспортування та вилучення газу з камер, система клапанів для регуляції потоків і точні контрольні-вимірні прилади для моніторингу показників середовища. Центральними елементами системи виступають компресор і ресивер, які забезпечують як подачу, так і відкачування газового середовища під тиском. Для найкращої продуктивності та стабільності тиску рекомендованим варіантом є ротаційний компресор з високими показниками ефективності. Ресивер разом із системою безпеки та очищення (манометром, запобіжним клапаном для регуляції максимального тиску, масловіддільником для фільтрації і регулятором тиску) забезпечує стабільну роботу системи на заданому рівні. Функціонування системи регулювання газового середовища передбачає два основних режими роботи: перший — режим коригування газового середовища, спрямований на створення субнормальної газової суміші у камерах та підтримання оптимального рівня вуглекислого газу; другий — режим збагачення газової суміші киснем для підтримання необхідного рівня цього компонента в регульованому середовищі. Розгляньмо детальніше роботу системи в режимі коригування газового складу. На цьому етапі створюється спеціалізована субнормальна газова суміш, яка дозволяє тримати показники газового середовища на бажаному рівні. Газова суміш витягується з камери через відкритий клапан та направляється у відсмоктувальний трубопровід, після чого за допомогою.



Умовні позначення



-  Гвітїк повітря в камеру зберїгання
-  Гвітїк повітря з камери зберїгання

Рис. 5.1 Схема системи регулювання складу газового середовища

Режим збагачення газової сумїші киснем застосовується у випадках критичного скорочення концентрації кисню в газовому середовищі, а також при провїтрянні камери перед вилученням продукції. У цьому режимі перекривається клапан 8, після чого атмосферне повітря надходить через забїрник 10 і відкритий клапан 9, задїюючи роботу ротаційного компресора 11. Далї через зворотний клапан 12 повітря потрапляє у ресивер 13. З накопиченого в ресиверї повітря, при закритому клапанї 16 та відкритому клапанї 17, воно прямує до нагнїтального трубопроводу 3. Потїм, за умови відкритого клапана 4, атмосферне повітря потрапляє в камеру 1, де витїсняє газову сумїш. Остання, своєю чергою, через відкритий клапан 5 виходить у повітропровід 2. Перемїщуючись трубопроводом, газова сумїш скидається в атмосферу через відкритий клапан 6 на виходї 7.

5.3 Проектування регулятора газового середовища

5.3.1 Конструктивна схема

Для розробки регулятора газового середовища (РГС), визначення його ключових параметрів, вибору окремих компонентів, матеріалів, стандартних вузлів і деталей, пропонується конструктивна схема, зображена на рисунку 5.2.

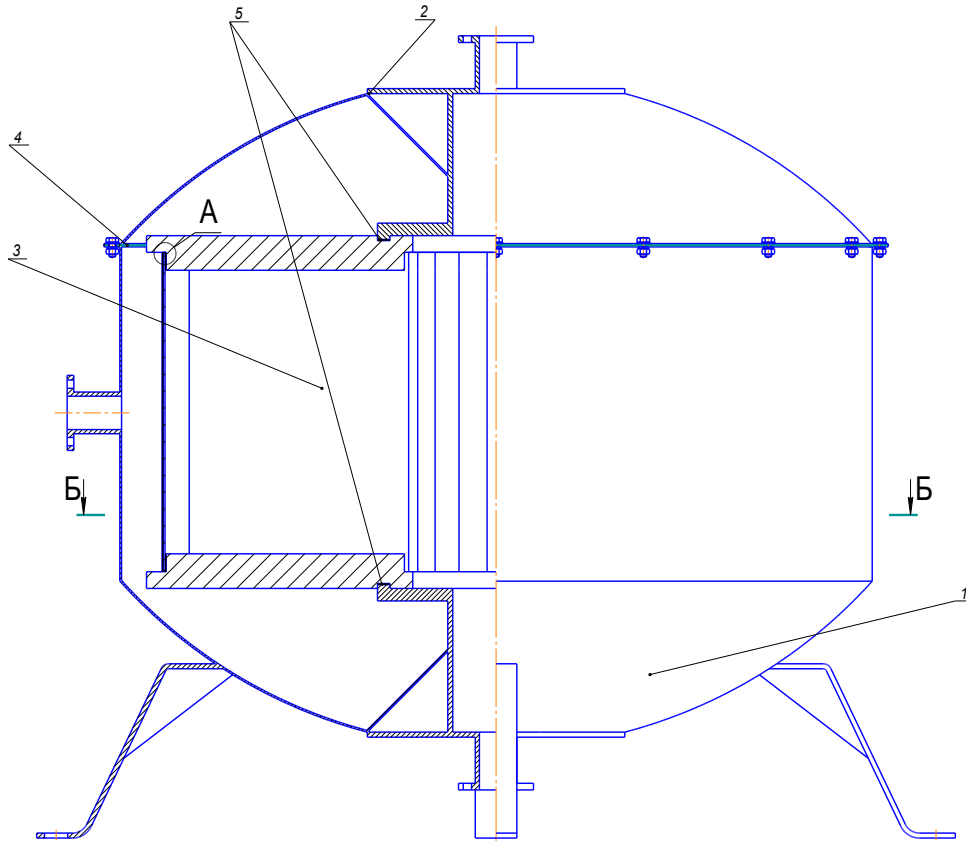


Рис. 5.2 Конструктивна схема газорозподільника-дифузора

**1-рама; 2- дифузори; 3- прокладки; 4- фланці трубопроводів; 5- фланці;
6- плита; 7- касети; 8- селективне полотно; 9- рамка; 10- прокладка;
11-гофрований лист; 12 – коромисло; 13 –маховик .**

РГС складається з корпусу, виготовленого з листової сталі, який слугує основою для кріплення всіх деталей. Герметичність внутрішнього простору забезпечується гумовими прокладками, а з'єднання фіксується болтами та шайбами. Фланці на кришці та корпусі призначені для підключення трубопроводів, через які здійс-

нюється подача некоригованої газової суміші, виведення скоригованої суміші, а також відведення розподіленого вуглекислого газу та кисню за межі приміщення. У робочому просторі корпусу розташований фільтрувальний елемент, закріплений із двох сторін стійками. Стійки не лише фіксують фільтруючий елемент, а й забезпечують подачу некоригованої газової суміші. Для герметизації фільтрувального елемента між стійкою та його кришкою встановлюються спеціальні прокладки. Бічна стінка фільтрувального елемента складається з гофрованої плівки, наклеєної на металеву основу.

5.3.2 Розрахунок РГС

При здійсненні розрахунків враховуватимемо, що для забезпечення оптимальних умов підтримки газового складу атмосфери в камерах зберігання передбачено використання стінових поверхонь, виготовлених із дифузійної плівки. Згідно з технічними характеристиками, зазначеними у [7, с.43], площа такої плівки має становити не менше 0,04 м² на кожен тону картоплі. Базуючись на цьому показнику, визначається також необхідний обсяг рециркуляційного повітря, який проходить через плівку, і він дорівнює 0,3 м³/год. Дана плівка є доступною на українському ринку завдяки постачанню її різними торговельними організаціями. Зазвичай вона виготовляється у форматі армованого полотна, яке додатково обробляється гарячою сумішшю на основі диметилсилоксанового каучуку. Така обробка надає матеріалу необхідних властивостей для забезпечення стабільного газообміну та міцності. Оскільки регулювання газового складу атмосфери у зберігальних камерах передбачається проводити поетапно та по чергово, в основу розрахунків береться загальна маса картоплі, що знаходиться в десятих камерах зберігання одночасно. На базі цих умов розраховуємо сукупну площу плівкового матеріалу, яка буде потрібна для належного газообміну, виражену в квадратних метрах.

$$S_{\text{пл}} = S_{\text{необ}} \cdot 10 \cdot M_{\text{кам}}, \quad (5.1)$$

де $S_{\text{необ}}$ – рекомендована площа плівки для 1 тони картоплі, $S_{\text{необ}} = 0,04 \text{ м}^2/\text{т}$

$$S_{\text{пл}} = 0,04 \cdot 10 \cdot 10,8 = 4,32 \text{ м}^2.$$

Розраховуємо кількість циркулюючого повітря через плівку

$$V_{\text{пл}} = V_{\text{необ}} \cdot 10M_{\text{кам}}, \quad (5.2)$$

де $V_{\text{необ}}$ – рекомендований об'єм повітря на площу газоселективної плівки,
 $V_{\text{необ}} = 0,3 \text{ м}^3/\text{год}$

$$V_{\text{пл}} = 0,3 \cdot 10,8 = 32,4 \text{ м}^3/\text{год}.$$

5.3.3 Розрахунок окремих конструктивних параметрів

Розробляємо конструкцію фільтрувального елемента із селективно-проникною плівкою, яка забезпечує оптимальну фільтрацію та видалення небажаних компонентів. Основні функціональні вимоги до касети такі: - Пропуск газового середовища через камери під умовним тиском 0,1 МПа із забезпеченням стабільності цього тиску. - Організація виведення зміненого середовища до відповідного пристрою. - Видалення небажаних компонентів середовища у навколишнє середовище. Касета конструктивно буде виконана у формі каркасної рамки з боковими отворами, які вкриваються селективно-проникною плівкою. Фіксація плівки планується за допомогою двох кришок та використання методу склеювання. Для забезпечення циркуляції повітря в касеті передбачені спеціальні отвори у фільтрувальному елементі. Саму плівку буде розташовано на рамці у вигляді гофрованої поверхні, що сприятиме збільшенню її корисної площі та підвищенню ефективності роботи. Далі переходимо до розрахунку площі бічної поверхні конструкції.

$$S_{\text{кас}}=A \cdot B, \quad (5.3)$$

де A – довжина плівки, $A = 0,4$ м

B – ширина плівки, $B = 0,03$ м

$$S_{\text{кас}} = 0,34 \cdot 15,76 = 5,36$$

Кількість касет в установці для забезпечення газового обміну в камері,

$$n_{\text{кас}}=S_{\text{пл}}/S_{\text{кас}}, \quad (5.4)$$

$$n_{\text{кас}} = 4,32 / 5,36 = 0,8 \text{ шт.}$$

Приймаємо 1 фільтрувальний елемент.

Знаходимо дійсну площу поверхні плівки

$$S_{\text{пл}}=S_{\text{кас}} \cdot n_{\text{кас}} \quad (5.5)$$

$$S_{\text{пл}} = 5,36 \cdot 1 = 5,36 \text{ м}^2.$$

Для нормальної роботи установки потрібен стабільний тиск повітря в установці. Він буде забезпечуватися за допомогою компресора. Подача газової суміші буде проводитись по водогазопровідних трубах $25 \times 2,8$ ГОСТ 3262-75 [16, с.229].

Площа поперечного перерізу отворів для забезпечення нормального проходу повітря і не створення додаткового опору повинна бути не меншою за переріз трубопроводу.

Знайдемо площу перерізу отворів, мм^2 :

$$S_{\text{отв.кас}} = S_{\text{тр}} / n_{\text{кас}}, \quad (5.6)$$

де $S_{\text{тр}}$ - діаметр трубопроводу, $S_{\text{тр}} = 250 \text{ мм}^2$

$$S_{\text{отв.кас}} = 250 / 1 = 250 \text{ мм}^2.$$

5.3.4. Розрахунок на міцність елементів конструкції

Конструкція рами повинна забезпечуватись міцністю рами установки і дифузорів для подачі і збору середовища. Фільтрувальний елемент стискається і герметизується за допомогою бокових прокладок. Стискання відбувається за допомогою силових гвинтів.

Зусилля, що буде діяти на кожен стінку периметра при стабільності тиску 0,1 Мпа

$$P_{\text{ст}} = a^2 \cdot P, \quad (5.8)$$

де P – тиск в системі, $P = 1 \text{ кПа}$

$$P_{\text{ст}} = 0,4^2 \cdot 1 = 16 \text{ кН}.$$

Отже на стінки діє зусилля $P_{\text{рами}} = 16 \text{ кН}$, тоді відповідно на одну стійку діє сила $P_{\text{кут}} = 0,8 \text{ кН}$.

Необхідну площу поперечного перерізу стійки визначимо з умови міцності на розтяг, [6, с.236

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{P_{\text{кут}}}{F} \leq [\sigma_p], \quad (5.9)$$

де $P_{\text{кут}}$ – сила розтягу, $P_{\text{кут}} = 0,83 \text{ кН}$

$[\sigma_p]$ – допустимі напруження при розтягу, для рівнобічних кутників за ГОСТ 8509-72 виготовлених з сталі СтЗсп, $[\sigma_p] = 90$ Мпа [6,с.86].

З формули 5.9 площа перерізу кутників

$$\sigma_{\max} = \frac{P_{\text{кут}}}{[\sigma_p]}, \quad (5.10)$$

$$\sigma_{\max} = \frac{0,8 \cdot 10^3}{[90]} = 8,8 \text{ мм}^2$$

Зусилля, що діє на дифузор

$$P_{\text{диф}} = L_{\text{рами}} \cdot a \cdot P, \quad (5.11)$$

де $L_{\text{рами}}$ – довжина рами, $L_{\text{рами}} = 1,1$ м .

$$P_{\text{диф}} = 1,1 \cdot 0,4 \cdot 1000 = 44 \text{ кН.}$$

Визначимо необхідну товщину сталюого листа для виготовлення дифузора. Дифузор можна розглядати як тонкостінну оболонку — конструкцію, в якій один із розмірів (товщина) є значно меншим у порівнянні з двома іншими розмірами. У стінках дифузора виникає плоский напружений стан, оскільки діючі навантаження створюють напруження в площині стінки. Для подальших розрахунків припустимо, що тиск рівномірно розподілений по внутрішній поверхні дифузора. За цієї умови можна стверджувати, що σ_1 дорівнює σ_2 . Еквівалентне напруження визначимо, використовуючи відповідні рівняння, наведені у джерелі [6, с. 324].

$$\sigma_E = \sqrt{\frac{1}{2}[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2]}, \quad (5.12)$$

в нашому випадку $\sigma_3 = 0$, оскільки напружений стан плоский, тоді враховуючи, що $\sigma_1 = \sigma_2$.

$$\sigma_E = \sigma_1.$$

Умова міцності у матеріалі дифузора

$$\sigma_1 = \frac{P_{\text{диф}}}{S_{\text{диф}} \cdot \delta} \leq [\sigma], \quad (5.13)$$

де $S_{\text{диф}}$ – периметр поверхні дифузора під тиском;

δ - товщина стінки дифузора, мм;

$[\sigma] = 110000$ кПа.

Периметр поверхні дифузора під тиском

$$S_{\text{диф}} = 2\phi + 2 \cdot L_{\text{рами}}, \quad (5.14)$$

$$S_{\text{диф}} = 2 \cdot 0,4 + 2 \cdot 1,1 = 2,9 \text{ м.}$$

Товщина стінок дифузора

$$\delta = \frac{P_{\text{диф.}}}{S_{\text{диф.}} \cdot [\sigma]}, \quad (5.15)$$

$$\delta = \frac{44}{2900 \cdot 110} = 0,14_{\text{мм}}$$

Конструктивно було обрано товщину 2 мм, оскільки дифузор повинен забезпечувати необхідну жорсткість конструкції та герметичне прилягання прокладок. Крім того, передбачено, що конструкція матиме зварний тип, а в процесі зварювання зварні шви можуть впливати на міцність конструкції. Обрана товщина листового металу гарантує належну стійкість до корозії і компенсує потенційне ослаблення через згадані фактори. Для кріплення дифузора будуть використовуватися болти типу М8. Внутрішній діаметр різьби для цих болтів становить $d_{\text{болт}} = 7,5$ мм [6, с.247]. Необхідну кількість болтів визначатимемо відповідно до умови міцності конструкції.

$$\delta = \frac{4P_{\text{диф.}}}{n_{\text{болт}} \cdot \pi \cdot d_{\text{болт}}^2} \leq [\sigma] \quad (5.16)$$

Звідси:

$$n_{\text{болт}} \geq \frac{4P_{\text{диф.}}}{\pi \cdot d_{\text{болт}}^2 \cdot [\sigma]} \quad (5.17)$$

$$n_{\text{болт}} = \frac{4 \cdot 44000}{3,14 \cdot 7,5^2 \cdot 90} = 10,7$$

Мінімальна кількість болтів становить 11, проте для рівномірного розподілу по периметру вирішено використовувати 16 болтів.

5.4. Висновки по конструктивній розробці

Розроблений регулятор газового середовища дозволяє ефективно контролювати його склад, використовуючи фізичний розподіл газів за допомогою матеріалів із селективною проникністю. Такий підхід до регулювання є наразі найсучаснішим та водночас простим у використанні. Застосування цього регулятора в умовах зберігання картоплі протягом 7 місяців на спеціалізованих сховищах дає змогу підвищити вихід якісної продукції на 28–35% порівняно зі звичайним холодильним зберіганням, а також скоротити втрати на 17–31% залежно від сорту [7, с.80].

6 ОХОРОНА ПРАЦІ І ЕКОЛОГІЯ

6.1 Вимоги охорони праці і виробничої санітарії на сховищі

Організація заходів з охорони життєдіяльності в сховищі є відповідальністю головного інженера. Усі працівники підприємства зобов'язані дотримуватися правил техніки безпеки та виробничої санітарії, суворо виконувати технологічну дисципліну, вживати необхідних заходів безпеки під час користування машинами та механізмами, а також володіти навичками використання індивідуальних засобів захисту при виконанні своїх обов'язків. Особливу увагу приділяють вимогам до охорони праці працівників, які займаються обслуговуванням електронавантажувачів і технологічного обладнання. Такі фахівці проходять спеціальне навчання без відриву від виробництва, безпосередньо на своїх робочих місцях. Освоєння правил експлуатації та ремонту нового обладнання проводиться в міру його надходження, але обов'язково до моменту введення обладнання в експлуатацію. Особи, які приймаються на роботу і не пройшли попереднє навчання з техніки безпеки, не допускаються до виконання робіт, пов'язаних з експлуатацією машин та обладнання. Виробничі приміщення сховища відповідають вимогам техніки безпеки й санітарним нормам, встановленим у ДСТУ EN ISO 12100:2014, ДБН А.3.2-2-2009, ДСТУ EN ISO 4254-1:2014 та ДСТУ 7091:2009.

6.2 Вимоги до місць виробництва і виробничих приміщень

Вимоги до виробничих приміщень та їх обладнання, визначені нормативно-технічними документами з проектування, будівництва і експлуатації сховища, були враховані та реалізовані у типовому проекті сховища. У процесі створення дипломного проекту виконано перепланування та реконструкцію об'єкта із включенням таких змін: - Організовано розташування в базовому блоку сховища 10 камер зберігання, виготовлених із легких металоконструкцій; - Збудовано прибудову для установки холодильного обладнання, розсільного бака та насосів; - Здійснено реконструкцію машинного відділення. Всі реконструктивні заходи виконувалися відповідно до вимог технічної документації: - Поверхні підлоги та майданчики для в'їзду транспортних засобів і роботи електронавантажувачів виготовлені з гладкого бетонного покриття, без дефектів, що забезпечує надійну експлуатацію технологічного обладнання; - Для мінімізації ризику пошкодження металоконструкцій камер зберігання виїзди оснащені запобіжними брусками висотою 150 мм; - Максимальний кут нахилу транспортних шляхів, призначених для проїзду електронавантажувачів, обмежений 7 градусами; - У камерах зберігання здійснено попередню розмітку підлоги, яка окреслює межі штабелів, проїзди та проходи між ними; - У місцях можливого пошкодження трубопроводів системи охолодження встановлені металеві захисні огороження; - У зонах для перебування персоналу розміщено знаки безпеки відповідно до нормативу ГОСТ 12.4.026-76.

6.3 Реалізація вимог охорони праці до технологічних процесів.

6.3.1 Охорона праці при навантажувально-розвантажувальних роботах.

Вантажно-розвантажувальні операції виконуються згідно з технологічним процесом, спеціально розробленим для кожного типу вантажу, з обов'язковим дотриманням вимог безпеки: – Піднімання та переміщення контейнерів здійснюється за допомогою електронавантажувачів, причому маса контейнерів повинна відповідати вантажопідйомності обладнання. – Розміщення та вилучення контейнерів проводиться одночасно для двох штабелів. – Під час розміщення контейнерів у камерах зберігання категорично забороняється перебування людей в середині камери. – Перед вилученням контейнерів після періоду зберігання повітря у камері має відповідати встановленим нормам, а концентрація шкідливих і небезпечних речовин не перевищувати гранично допустимих концентрацій (ГДК).

6.3.2 Охорона праці при роботі на холодильних установках і кондиціонерах.

При роботі, яка передбачає регулювання холодильних установок у камерах зберігання, необхідно суворо виконувати встановлені вимоги з охорони праці та техніки безпеки, щоб мінімізувати ризики для здоров'я персоналу та забезпечити належний рівень функціонування обладнання. Основні заходи включають: 1. Обов'язкове здійснення вентиляційного процесу всередині приміщення відповідно до встановлених санітарних норм, що забезпечує якісний обмін повітря і запобігає накопиченню небезпечних речовин у робочій зоні. 2. Оснащення приміщень спеціальною системою звукової сигналізації, яка оперативно повідомляє про досягнення критичного рівня концентрації шкідливих речовин у повітрі, щоб уникнути можливих негативних наслідків для здоров'я персоналу. 3. Суворе табу на прове-

дення будь-яких робіт при вимкненій або несправній системі вентиляції чи звукової сигналізації, які відповідають за своєчасне виявлення небезпечних умов для роботи. 4. Обов'язкова перевірка функціонування обладнання, включаючи компресори, вентиляторні установки та насоси розсільної системи; при виявленні вібрацій цих елементів слід негайно зупинити роботу і провести технічне обслуговування. 5. Регулярний огляд і моніторинг трубопроводів системи розсолу з метою виявлення протікань; їх усунення повинно здійснюватися негайно для недопущення аварійних ситуацій. 6. Контроль герметичності повітропроводів систем охолодження є невід'ємною частиною правильної експлуатації обладнання; при порушенні герметичності необхідно припинити роботу і негайно розпочати ремонтні заходи. Дотримання цих правил є ключовим аспектом створення безпечних умов праці та забезпечення довготривалої ефективної роботи холодильних установок.

6.4. Санітарно-технічний розрахунок реконструйованого машинного відділення.

6.4.1. Розрахунок освітлення.

Знаходимо необхідну кількість площу вікон, м² [23, с. 171]:

$$F_0 = F_n \cdot a, \quad (6.1)$$

де, $F_n = 1621,2 \text{ м}^2$ – площа машинного відділення;

$a = 0,315$ – коефіцієнт природного освітлення приміщення [23, с. 171]:

$$F_0 = 1612,2 \cdot 0,315 = 56,77 \text{ м}^2$$

Знаходимо висоту вікон, м [23, с. 171]:

$$h_0 = h - (h_1 - h_2), \quad (6.2)$$

де, $h = 6 \text{ м}$ – висота сховища;

$h_1 = 1,12$ м – висота від підлоги до підвіконника;

$h_2 = 0,51$ м – відстань від верхнього краю до стелі.

$h_0 = 51 - (1,2 + 0,5) = 3,61$ м.

Приведена ширина вікон, м [23, с. 171]:

$$L_B = F_o / h_0 , \quad (6.3)$$

$$L_B = 56,771 / 3,61 = 15,716 \text{ м}$$

Приймаючи з норми будівельного проектування ширину вікна 1,46 м, знаходимо кількість вікон, шт. [23 с. 71]:

$$n_B = L_B / b_B , \quad (6.4)$$

$$n_B = 15,716 / 1,416 = 10,719 \text{ шт.}$$

Приймаємо кількість вікон

Знаходимо світловий потік для забезпечення нормальної роботи, лк [23, с. 72]

$$F_{c.л.} = F_{п.} E K_3 / K_{п.} , \quad (6.5)$$

Де $E = 751$ лк – норма освітлення;

$K_3 = 1,13$ – коефіцієнт враховуючий забруднення ламп;

$K_{п.} = 0,14$ – коефіцієнт використання світлового потоку.

$F_{c.л.} = 162,21 \cdot 75 \cdot 1,3 / 0,4 = 39540$ лк.

Розраховуємо кількість ламп для освітлення, шт. [23 с. 74]:

$$n_{л.} = F_{c.л.} / F_{л.}$$

де $F_{л.} = 2000$ лк – світловий потік від 1 лампи.

$n_{л.} = 39540 / 2000 = 19,77$ шт.

6.4.2 Розрахунок вентиляції машинного відділення

Знаходимо необхідну подачу вентилятора, м³ / год. [23 с. 78]:

$$W_{\text{вент}} = V_n K_B, \quad (6.7)$$

Де $V_n = 821 \text{ м}^3$ – об'єм машинного відділення;

$K_B = 4$ – кратність обміну повітря за одну годину [23 с. 79]:

$$W_{\text{вент}} = 821 \cdot 4 = 3254 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Знаходимо потужність вентилятора, кВт [23 с. 171]:

$$N_{\text{вент}} = W_{\text{вент}} H_B \beta / (283651 \eta_B) \quad (6.8)$$

Де $H_B = 981 \text{ Па}$ – тиск, який викликає вентилятор;

$\beta = 1,21$ – коефіцієнти запасу міцності;

$\eta_B = 0,7$ – ККД вентилятора

$$N_{\text{вент}} = 3254 \cdot 981 \cdot 1,4 / (284621 \cdot 0,72) = 5,23 \text{ кВт}$$

Згідно графіка приймаємо вентиляторну установку Ц4 – 70 А5 090 – 1 при $\eta_{\text{max}} = 0,8$, з двигуном 4А100SA2 потужністю 5,5 кВт і частотою обертання 2880 хв⁻¹ [16, с. 65].

6.5 Охорона навколишнього середовища на сховищі.

Під час розробки проекту сучасного сховища було реалізовано низку заходів, спрямованих на дотримання сучасних екологічних стандартів та забезпечення захисту навколишнього середовища. До основних досягнень у цій сфері відносяться такі інновації: - Значне скорочення споживання енергоносіїв, необхідних для підтримання оптимального температурного режиму в сховищі завдяки впровадженню ефективної циркуляційної системи охолодження. - Використання сучасної холодильної машини на основі аміаку, який є екологічно безпечнішою альтернативою фреону. Це рішення суттєво знижує негативний вплив на озоновий шар планети та відповідає міжнародним екологічним вимогам. - Запровадження розсільної системи охолодження повітря, яка дозволяє зменшити довжину аміачних трубопроводів.

Таким чином, мінімізується ризик витоку аміаку, що забезпечує додатковий рівень безпеки для навколишнього середовища. У розділі висновків проекту визначено ключові переваги перепланування й реконструкції сховища, які безпосередньо впливають на підвищення рівня охорони праці та безпеки людей. Основні технічні рішення включають: - Організацію окремих блоків для базового сховища, кожен із яких складається з 10 камер для зберігання. Ці камери створені з легких і надійних металоконструкцій, що забезпечує їх високу функціональність та зручність монтажу. - Будівництво спеціальної прибудови, призначеної для розміщення елементів системи охолодження, таких як холодильна машина, розсільний бак і насоси. - Установку металевих захисних огорожень в тих місцях, де існує ризик пошкодження трубопроводів системи охолодження. Це рішення сприяє зменшенню ймовірності аварійних ситуацій. - Розміщення знаків безпеки в потенційно небезпечних для життя ділянках відповідно до стандарту ДСТУ ISO 3864–1:2016, що підвищує рівень усвідомленості працівників про існуючі ризики. - Проведення всебічного санітарно-технічного розрахунку для машинного відділення сховища, який включає проектування оптимального освітлення та вентиляційної системи. Ці аспекти позитивно впливають як на здоров'я працівників, так і на загальний клімат у приміщенні. Крім цього, реалізація вищезазначених технічних рішень за рахунок використання провідних енергозберігаючих технологій вносить значний внесок у захист навколишнього середовища. Зокрема: - Ефективне управління енергетичними ресурсами через циркуляційну систему охолодження дозволяє скорочувати витрати енергії на підтримання необхідного мікроклімату. - Впровадження більш екологічного аміачного обладнання мінімізує вплив на озоновий шар Землі у порівнянні з використанням традиційного фреону. - Використання розсільної системи повітряного охолодження, що знижує потребу у великій кількості аміачних трубопроводів, зменшує ризики можливого витоку аміаку та забезпечує додатковий захист довкілля. У цілому проект спрямований на досягнення гармонійного балансу між ефе-

ктивною експлуатацією сховища, покращенням умов праці та збереженням екології. Використані інновації демонструють високу соціальну й технічну відповідальність, орієнтуючись на довгострокову перспективу стабільного розвитку.

ВИСНОВКИ

У проекті використовується стаціонарна лінія для післязбиральної доробки, заснована на пересувному картоплесортувальному пункті КСП-15Б. Використання даної лінії дозволяє скоротити трудовитрати на післязбиральну обробку у 2–2,5 рази. Сховище, запропоноване для зберігання картоплі, відповідає сучасним стандартам і забезпечує зберігання у контейнерах з активною вентиляцією та можливістю регулювання газового середовища. Завдяки цьому картопля проходить усі етапи зберігання без втрати якості, що дозволяє знизити кількість некондиційної продукції до 3%. У таких умовах овочі можуть зберігатися понад 300 днів. Зберігання в контейнерах також сприяє значному скороченню трудовитрат на транспортування картоплі до сховища, її штабелювання та вивантаження, а також забезпечує більш раціональне використання площі складу. Розроблений регулятор газового середовища дає змогу оптимізувати склад газів шляхом використання селективнопроникних матеріалів, які фізично розділяють газові суміші. Впровадження цього регулятора у процес зберігання картоплі протягом 7 місяців дозволяє збільшити кількість кондиційної продукції на 28–35% порівняно зі звичайним холодильним зберіганням і скоротити втрати на 17–31%, залежно від сорту. Додатково використання камер із теплоізоляційними властивостями істотно знижує витрати на електроенергію та інші експлуатаційні витрати. Завдяки високій ефективності технологічних рішень, термін окупності всіх капіталовкладень становить лише 0,36 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Технології зберігання плодів, овочів і картоплі: Навчальний посібник – Вінниця: Видавничий центр Вінницького національного аграрного університету, 2010. – 115 с.
2. Липа, А. С. Інтенсивна технологія вирощування картоплі з дослідженням та вдосконаленням картоплесаджалки : кваліфікаційна магістерська робота : спец. 208 «Агроінженерія» / наук. кер. С. М. Лещенко ; Центральноукраїн. нац. техн. університет. - Кропивницький : ЦНТУ, 2021. - 76 с.
3. Подпратов Г.І., інші. Способи та технічне забезпечення зберігання плодоовочевої продукції : навчальний посібник. — Київ : НУБіП України, 2015. — 312 с.
4. Волкинд І.Л., Рослов М.М. Сучасні картоплесховища та овочесховища. — М.: Колос, 2011. — 321 с
5. Агулов І.І., Вознюк Л.Ф., Ловчій О.В. Довідник по технічному обслуговуванню сільськогосподарських машин.-К.:Урожай, 2017.-256 с.
6. Подпратов Г.І. та ін. Способи та технічне забезпечення зберігання плодоовочевої продукції : навчальний посібник. — Київ : НУБіП України, 2015. — 312 с.
7. Деталі машин. Курсове проектування : навч. посіб. / І. М. Пастух, В. О. Харжевський, В. П. Олександренко. – Хмельницький : ХНУ, 2023. – 242 с.
8. Біолого-екологічні особливості овочевих культур: навчальний посібник / Нікончук Н.В., Ткачова Є.С., Дробітько А.В., Кузьома В.В., Біліченко О.С. Б63 Миколаїв: МНАУ, 2020. 407 с.
9. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» / М.Ф.Боженко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 36,087 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 380 с.

10. Способи та технічне забезпечення зберігання плодовоовочевої продукції : навч. посіб. / Г.І. Подпряттов, Г.К. Цвіговський, В.С. Таргоня, О.В. Лешишак, С.В. Драгнєв. – К.: ЦП «Компринт», 2015, – 199 с. ISBN 978-617-7202-85-0
11. Інженерне проектування, економічне обґрунтування, оформлення документації: Ванін В.В., Вірченко Г.А. Оформлення конструкторської документації. Навчальний посібник. – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 180 с.
12. Агропромисловий комплекс України: Реф. журн. Вип. 2 (88) / НААН, ННСГБ НААН; Голов. Ред. Гадзало Я. М. Київ: Державне видавництво “Аграрна наука” НААН, 2021. 108 с.
13. Технологія зберігання і первинної переробки продукції рослинництва : метод. рекомендації до викон. практич. робіт студ. спец. 201 «Агрономія» / Міністерство освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. університет, каф. заг. землеробства. — Кропивницький : ЦНТУ, 2022. — 72 с.
14. ДСТУ 4161-2003. Системи управління безпекою харчових продуктів. Вимоги.
15. Забуранна Л.В., Карпенко О.В. Економіка підприємства. Навчальний посібник. – К.: ЦУЛ, 2017. – 416 с.
16. Охорона праці: Основи охорони праці. Підручник / За ред. проф. В. В. Запатріної. – К.: Центр учбової літератури, 2017. – 288 с.
17. Лехман С.Д. та ін. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві /С.Д.Лехман, В.І.Рубльов, Б.І.Рябцев. – К.: Урожай, 2015. - 272 с.
18. Подпряттов Г. І., Бобер А. В., Гунько С. М. Переробка продукції рослинництва : навчальний посібник. Київ : Редакційно-видавничий відділ НУБіП України, 2023. 580 с.
19. Гряник Г.М., Дехман С.Д., Бутко Д.А. та ін. Охорона праці. К.: Урожай, 2014.- 272 с.

ДОДАТКИ