

Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет
Факультет аграрної інженерії та екології
Кафедра аграрної інженерії імені професора Г.А. Хайліса

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

на тему:
**«УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ЗЕРНА ЗЛАКОВИХ
КУЛЬТУР З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ ШАРОФОРМУЮЧОГО ПРИСТРОЮ
БУНКЕРНОЇ ПОРЦІЙНОЇ СУШАРКИ»**

спеціальності 208 Агроінженерія
(шифр і назва спеціальності)
освітня програма «Агроінженерія»
(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи АІ- 41
ГАВРИЛЮК Артем Валерійович

(підпис)

Керівник: к.т.н., професор
КІРЧУК Руслан Васильович

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 20__ р.
Гарант освітньої програми:
к.т.н., професор
КІРЧУК Руслан Васильович

(підпис)

Луцьк 2025

ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет	<u>аграрних технологій та екології</u>
Кафедра	<u>аграрної інженерії ім. проф. Г.А.Хайліса</u>
Ступінь вищої освіти	<u>бакалавр</u>
Галузь знань	<u>20 Аграрні науки та продовольство</u>
Спеціальність	<u>208 Агроінженерія</u>
Освітня програма	<u>Агроінженерія</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри аграрної інженерії
імені професора Г.А. Хайліса
доц., к.т.н. ХОМИЧ Сергій
Миколайович _____

“ _____ ” _____ 202_ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Гаврилюку Артему Валерійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи Удосконалення процесу сушіння зерна злакових культур з модернізацією шароформуючого пристрою бункерної порційної сушарки

Керівник роботи: Кірчук Руслан Васильович, професор, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом ЛНТУ від “ 17 ” січня 2025 р. № 33/01-07

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи

« ____ » _____ 202_ р.

3. Вихідні дані до роботи _____

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

1. Титульний аркуш .
 2. Завдання на роботу бакалавра.
 3. Анотація.
 4. Зміст.
 5. Вступ.
 6. Основну частину.
 7. Загальні висновки.
 8. Перелік джерел посилань.
- Додатки

5. Перелік графічного матеріалу:

	к-сть листів
1. Схема удосконаленої технології	- 1 лист
2. Функціональна (принципова) схема машини	- 1 лист
3. Організація робіт або операційно-технологічна карта	- 1 лист
4. Складальне креслення розроблюваного вузла	- 1 лист
5. Робочі креслення деталей	- 1 лист

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Юхимчук С.Ф., доцент		

7. Дата видачі завдання «__» _____ 202_ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Ознайомлення з матеріалами і літературою	08.04 – 11.04.2025 р.	
2	Формування вихідних даних, мети та завдання виконання кваліфікаційної роботи	12.04 – 18.04.2025 р.	
3	Розробка рекомендації з покращення (удосконалення) технології	19.04 – 25.04.2025 р.	
4	Розрахунки параметрів машини і вузла, які проектуються	26.04 – 01.05.2025 р.	
5	Розробка функціональної (кінематичної) і принципової схем машини	02.05 – 08.05.2025 р.	
6	Розробка конструкції вузла і його деталей	09.05 – 15.05.2025 р.	
7	Розробка питань охорони праці та довкілля	16.05 – 22.05.2025 р.	
8	Оформлення пояснюючої записки	23.05 – 29.05.2025 р.	
9	Нормоконтроль	30.05 – 03.06.2025 р.	
10	Представлення кваліфікаційної роботи на перевірку на плагіат	до 10.06.2025 р.	

Здобувач вищої освіти _____

(підпис)

Гаврилюк Артем Валерійович

(прізвище та ініціали)

Керівник

кваліфікаційної роботи _____

(підпис)

Кірчук Руслан Васильович

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

51 ст, 7 рисунків, 4 таблиць, 6 джерел, 2 додатки

СУШАРКА, ЗЕРНО, АГЕНТ СУШІННЯ, КАМЕРА СУШІННЯ, ДИСК ЗАВАНТАЖУЮЧИЙ, ВЕНТИЛЯТОР, СУШІННЯ.

В даній кваліфікаційній роботі бакалавра приведена документація на розробку сушарки зернових матеріалів. Користуючись вихідними даними, в проекті розроблені вихідні вимоги до машини, що проектується, сформовані вимоги технічного завдання, визначені дані для проектування, проведено обґрунтування параметрів завантажуючого диска, побудована функціональна схема сушарки. Розроблена конструкція завантажуючого механізму, складальних одиниць і деталей. Розглянуті питання організації робіт з використанням сушарки і охорони праці.

					<i>АІ.СБП.00.00.0000.ПЗ</i>			
<i>Зм</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Гаврилук</i>				<i>Сушарка бункерна</i>	<i>Літера</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Кірчук</i>					<i>Б</i>	<i>3</i>	<i>51</i>
<i>Т.контр.</i>						<i>ЛНТУ</i>		
<i>Н.контр.</i>	<i>Юхимчук</i>					<i>Кафедра АІ</i>		
<i>Затверд</i>	<i>Хомич</i>					<i>ст. гр. АІ-41</i>		

ABSTRACT

pages, figures, tables, literary sources, appendices.

DRYER, GRAIN, DRYING AGENT, DRYING CHAMBER, LOADING DISC, FAN, DRYING.

This bachelor's qualification work provides documentation for the development of a grain dryer. Using the initial data, the project developed the initial requirements for the machine being designed, formed the requirements of the technical task, determined the data for design, justified the parameters of the loading disc, built a functional diagram of the dryer. The design of the loading mechanism, assembly units and parts was developed. The issues of organizing work using the dryer and labor protection were considered.

					АІ.СБП.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

стр

Вступ

1. ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

- 1.1. Вирощування зернових культур в умовах зміни клімату.....
- 1.2. Сучасні технології обробки та зберігання зерна.....
- 1.3. Особливості використання бункерних сушарок для сушіння зернових культур.....

2. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ

- 2.1. Аналіз конструкції машини-аналога.....
- 2.2. Технічні рішення щодо удосконалення бункерної порційної сушарки.....

3. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

- 3.1. Розрахунок шнека завантажуючого
- 3.2. Енергетичний розрахунок вентиляторів та їх вибір.....
- 3.3. Розрахунок передач пасових, що у вентиляторі
- 3.4. Розрахунок пристрою завантаження бункерної сушарки

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

- 4.1. Основні вимоги охорони праці при роботі з бункерною сушаркою зерна.....
- 4.2. Опис небезпечних деталей і вузлів з точки зору травматизму
- 4.3. Негативні фактори мікроклімату
- 4.4. Заходи щодо усунення небезпеки
- 4.5. Вплив на навколишнє природне середовище.....

ВИСНОВКИ

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

ДОДАТКИ

					АІ.СБП.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Активація резервів ефективності механізованих процесів і технологій сприяє підвищенню продуктивності праці та забезпечує якість і своєчасність виконання технологічних операцій, що істотно впливає на врожайність сільськогосподарських культур. Запровадження енергозберігаючих технологій дозволяє значно покращити економічні показники діяльності господарства.

Формування оптимальних комплексів машин при двозмінному режимі їх використання допомагає виконувати польові роботи в оптимальні агротехнічні терміни та скорочувати потребу в техніці. На сьогоднішній день це особливо важливо, оскільки дозволяє збільшити частину техніки для обслуговування орендних і фермерських підприємств, зокрема високопродуктивних універсальних машин. Такі машини можуть обслуговувати цілі райони, спеціалізовані на вирощуванні різних видів сільськогосподарських культур. Особливо велике значення має техніка, що використовується для збору і обробки врожаю. До цієї групи входить, наприклад, сушильна техніка.

Західні райони України відносяться до зон з підвищеною вологістю, тому майже всі культури, що підлягають тепловій обробці, потрібно сушити. Серед них: зернові культури, ворох льону, насіння трав, качани кукурудзи та інші сільськогосподарські продукти.

На сьогодні в господарствах України активно використовують спеціалізовані сушарки. У зерновому виробництві найбільш популярними є шахтні та барабанні сушарки. Для сушіння насіння цукрового буряку застосовуються протитечійні сушарки та бункери активного вентилявання. Кукурудзу, як у качанах, так і в зерні, переважно сушать у тунельних сушарках. Останнім часом для обробки вороху льону була розроблена протитечійна сушарка СКМ-1.

Усі ці сушарки добре зарекомендували себе для сушіння певних культур, проте мають низку недоліків. Наприклад, у шахтних сушарках спостерігається нерівномірність процесу сушіння по площі камери та висоті шахти. Барабанні сушарки ускладнюють контроль за температурою матеріалу під час обробки.

					АІ.СБП.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Напільні та коридорні моделі характеризуються низьким рівнем механізації завантаження і вивантаження камер. У карусельних сушарках виникають труднощі з обробкою малосипких матеріалів. Тунельна сушарка позбавлена цих недоліків, однак складна у виготовленні, має високу металоємність і, відповідно, вимагає вагомих матеріальних витрат. Її висока ціна може зробити таку техніку менш конкурентною за умов нових економічних реалій. Крім того, вузька спеціалізація (наприклад, сушіння вороху льону чи конюшини) скорочує термін її використання протягом сезону, що збільшує період окупності обладнання.

Водночас конструктивна схема протитечійної сушарки відзначається продуманістю. Застосування принципу подвійного використання теплоносія дає змогу максимально ефективно використовувати тепловий потенціал агента сушіння. Це сприяє економії електроенергії та палива. Конструкція механізму з вивантаження матеріалу дозволяє обслуговувати сушарку лише одним оператором. Рівномірність завантаження і вивантаження забезпечує однорідність висушування матеріалу по всій площі і висоті.

Подальше удосконалення функціональних можливостей даної сушарки дозволить експлуатувати її протягом усього сезону збору врожаю – від початку весни до пізньої осені. Тривале використання техніки протягом сезону скорочує термін її окупності та підвищує ефективність роботи. Завдяки цьому така сушарка знайде попит серед підприємств незалежно від форм власності чи методів господарювання.

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є удосконалення процесу сушіння зерна злакових культур з модернізацією шароформуєчого пристрою бункерної порційної сушарки.

Об'єкт дослідження – технологія сушіння, завантаження-вивантаження зернових сільськогосподарських матеріалів з використанням диска-розкидача.

Предмет дослідження – диск-розкидач та його параметри системи дозування зернового потоку.

Завданням кваліфікаційної роботи бакалавра є:

- аналіз літературних даних та інформації за темою роботи;

					АІ.СБП.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

- удосконалити процес сушіння зерна злакових культур з модернізацією шароформуєчого пристрою бункерної порційної сушарки;
- розробити функціональну схему сушарки, що обладнана горизонтальним диском-розкидачем зерна;
- розрахувати параметри роботи сушарки із шароформуєчим механізмом;
- розробити складальне креслення диска-розкидача, що виконує функцію рівномірного заповнення сушильної камери сушарки;
- розробити робочі креслення деталей конструкції;
- визначити продуктивність сушарки;
- встановити та окреслити питання охорони праці та довкілля при роботі комплексу із сушіння злакових культур.

У кваліфікаційній роботі бакалавра удосконалено процес сушіння зерна злакових культур з модернізацією шароформуєчого пристрою бункерної порційної сушарки.

Модернізація системи завантаження бункерної сушарки, а саме завантажувального механізму шароформуєчого потоку зерна, дозволяє отримати належні умови для якісного конвективного сушіння зернового матеріалу.

					АІ.СБП.00.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

1.1 Вирощування зернових культур в умовах зміни клімату

З кожним роком аграрний сектор зустрічається з новими викликами, пов'язаними зі змінами клімату та потребою підвищувати ефективність виробництва. Одним з ключових аспектів є сушіння зерна, яке безпосередньо впливає на якість та збереження врожаю. Сучасні рішення у цій сфері успішно допомагають аграріям розв'язувати ці задачі на високому рівні.

Зерносушарки та комплекси обробітку зерна використовують передові технології для забезпечення рівномірного висушування зерна при мінімальних втратах енергії. Це обладнання демонструє високу ефективність у різних кліматичних умовах і є оптимальним рішенням для численних господарств. Зосередженість на екологічній безпеці та економічності робить ці сушарки ідеальним вибором для підприємств, які прагнуть зменшити вплив на навколишнє середовище та знизити витрати на операції [1].

Використання поточкових зерносушарок підвищує якість зерна та зменшує втрати під час його зберігання. Завдяки цьому фермери та агрономи можуть отримувати вищі врожаї та покращувати економічну ефективність свого виробництва [1].

Зміна клімату є однією з найважливіших глобальних проблем сучасності. Вона проявляється у зростанні середньої температури на Землі, що по-різному впливає на різні регіони світу. У деяких країнах зими стали аномально теплими, в інших – незвично холодними, а подекуди взагалі майже позбавлені снігу. Це явище впливає на всі континенти і, насамперед, позначається на сільськогосподарському виробництві. Урожайність багатьох культур скорочується, якість зібраного зерна погіршується, а рентабельність фермерських господарств помітно знижується [2].

Сучасне обладнання для очищення зерна дозволяє ефективно відокремлювати сміття та порожнє насіння, завдяки чому можна підвищити якість продукції. Однак ці технології не спроможні вирішити базову проблему глобального масш-

									Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата					

AI. СБП.00.00.0000.ПЗ

табу. Реальний вплив на ситуацію можуть здійснити саме люди. Ми можемо зробити кроки для мінімізації негативних наслідків кліматичних змін, що відображаються на врожайності культур і продовольчій якості. Ось деякі з рішень, які стануть важливим кроком у цьому напрямку.

Зміни клімату, зокрема підвищення середніх температур і зменшення кількості опадів у зимовий період, негативно позначаються на стані ґрунтових ресурсів. Недостатня кількість вологи у ґрунті призводить до порушення життєво важливих процесів, зокрема росту та формування зерен у рослин. До того ж, зі зростанням середньої температури ґрунт стає менш здатним накопичувати вуглець. Це призводить до змін у його складі, роблячи його біднішим, що, своєю чергою, негативно впливає на врожайність сільськогосподарських культур. Ситуацію ще більше ускладнюють екстремальні погодні явища, які останнім часом відбуваються значно частіше. Тривалі посухи, рясні опади нетипової інтенсивності та спека істотно знижують не лише обсяги, а й якість урожаю.

Зміна клімату не лише знижує врожайність через брак вологи та поживних речовин, а й провокує збільшення кількості шкідників і поширення патогенів. Аномальна спека спричиняє розширення ареалу деяких небезпечних комах, серед яких листяна кукурудзяна совка, вузькотіла смарагдово-попеляста златка, пустельна сарана та пальмовий червоний довгоносик. Наслідки розповсюдження шкідників виходять за межі простого зниження врожайності - відбувається скорочення біорізноманіття сільськогосподарських культур [2].

Підвищення температури та нетипові погодні явища також сприяють активному розвитку патогенів. Особливо це стосується грибкових та бактеріальних інфекцій, ризик яких зростає в нових кліматичних умовах. Такі захворювання загрожують не лише пандеміями, але й значним зниженням якості та кількості врожаїв. Крім того, це призводить до збільшення витрат на заходи для захисту посівів [2].

Кліматичні зміни є глобальним процесом, на який складно вплинути швидко. Тому перед фермерами постає важливе завдання – адаптуватися до нових умов, щоб мінімізувати ризики втрати врожаю. Основним кроком на цьому шляху є якісна поінформованість. Аграріям необхідно вивчати специфіку кліматичних

						Арк.
					АІ. СБП.00.00.0000.ПЗ	
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

умов свого регіону та регулярно проводити спостереження. На основі отриманих даних можна обрати гібриди та сорти сільськогосподарських культур, пристосовані до змін навколишнього середовища. Якщо для певної місцевості характерні тривалі посухи, доцільно вирощувати посухостійкі культури, які забезпечують стабільну врожайність. Наприклад, сорго добре переносить брак вологи, тоді як традиційні зернові, такі як пшениця, ячмінь і кукурудза, не мають такої стійкості, демонструючи лише середні показники у подібних умовах [2].

Одним із ключових способів зниження негативного впливу людини на клімат є скорочення викидів парникових газів. Досягти цього можна завдяки використанню енергії з відновлюваних джерел. Наприклад, встановлення сонячних батарей на території господарства дозволяє отримувати екологічно чисту енергію. Цю енергію можна застосовувати як джерело живлення для різних пристроїв і обладнання, таких як зернові віялки.

1.2 Сучасні технології обробки та зберігання зерна

Для сушіння зерна застосовуються різні типи сушарок. Насамперед, використовуються ефективні сушарки порційної дії з діапазоном температури зерна до 105°F (40,5°C). Існують спеціальні сушарки безперервної дії із робочою товщиною шару зерна 250-300 мм. Економія палива у даного типу сушарок відбувається за рахунок повторного використання сушильного агента та охолоджуючого повітря. Перед направленням в сушарку вологе зерно повинно знаходитися в силосах, що охолоджуються.

Застосовуються також модульні системи сушарок. Є варіанти сушіння зерна й у силосах, але вентилятори, що подають у них повітря для аерації, необхідно обладнати електронагрівачами. Ефективне сушіння в банках відбувається при товщині шару зерна в 1 м. Крім того, маса зерна при сушінні повинна розпушуватися вертикальними шнеками, а для вивантаження залишків зерна з силосів, останні повинні бути обладнані зачистними шнеками. Однак таке сушіння - повільне.

Для сушіння зерна кукурудзи в штаті Індіана розроблено спеціальну сушар-

						Арк.
					АІ. СБП.00.00.0000.ПЗ	
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

ку з наступною технологією. Зерно з вологістю 20-30% підсушують до 16% при температурі агента сушіння 200-240°F (93-115°C). Потім гаряче зерно кілька годин витримують у бункері, а потім охолоджують. Для охолодження бункер подають повітря з розрахунку 30 м³/ч на тону зерна. У цьому випадку достатньо обробка зерна протягом 8-10 годин. Такий ступінчастий метод зниження вологості зерна забезпечує високу якість зерна, оскільки воно не розтріскується. Безперечно, було б краще, якби і бункер для лежіння був безперервно чинним. Таку модель сушки зерна професор Р.Т. Нойес порекомендував і для України [3].

Однак тут слід зазначити, що такий спосіб сушіння зерна в Україні вже відомий. Спосіб, названий автором "сушіння вдень - охолодження вночі", дозволяє підвищити продуктивність зерносушар ДСП-32 до 40-42 пл.т/год і знизити при цьому на 10-15% витрати палива та електроенергії на сушіння зерна різних культур [3].

Вибір типу сушарки визначається насамперед її продуктивністю, вартістю, безпекою під час роботи, надійністю контролю температури, стабільністю продуктивності та наявністю відповідного транспортного обладнання. Легкість очищення також відіграє важливу роль, особливо при сушінні різних партій насіннєвого зерна. У процесі сушіння можливе погіршення якості зерна внаслідок втрати схожості, підгоряння, зниження хлібопекарських властивостей борошна, розтріскування.

При періодичному сушінні, тобто при повному сушінні однієї партії зерна, термічний коефіцієнт корисної дії може бути високим, при не рівномірній кінцевій вологості зерна. При періодичному сушінні зерна слід шукати компроміс між економією палива та рівномірністю вологості в кінці сушіння. На таких сушарках не вигідно сушити зерно дуже низьку вологість.

Ступенева сушка - це модифікована періодична сушка, при якій може бути досягнута значна рівномірність кінцевої вологості зерна. При ступінчастому сушінні повітря проходить послідовно через дві або три сушарки.

При ступінчастому сушінні виключається пересушування зерна і досягається рівномірніша вологість.

Але це вимагає високих витрат на будівництво та купівлю двох або трьох

						Арк.
					АІ. СБП.00.00.0000.ПЗ	
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

сушарок [3].

Сушарки безперервної дії використовують для сушіння обмолоченої кукурудзи і зерна пшениці, ячменю, вівса.

Під час обговорення температур сушіння необхідно розрізнити температуру сушильного агента та температуру зерна. Оператор сушарки зазвичай контролює температуру сушильного агента, але від неї залежить температура зерна, яка визначає його якість залежно від призначення. Різні діапазони температури можуть бути встановлені для зерна, що використовується для насіннєвих та кормових цілей та для борошномельної промисловості.

Залежність між температурою сушильного агента та температурою зерна складна. Зерно швидко нагрівається за рахунок тепла сушильного агента. Коли зерно піддається дії великих об'ємів повітря, як, наприклад, при сушінні в тонкому шарі або при сушінні зерна, що повністю піддається впливу повітря, температура зерна швидко наближається до температури сушильного агента. У сушарці, де не відбувається перемішування зерна (шахтна сушарка безперервної або періодичної дії), температура шару зерна, наступного за тим шаром, який надходить нагріте повітря, швидко наближається до температури цього повітря. Температура повітря, що проходить через зерно, швидко знижується в міру випаровування вологи. Тому в сушарках із поперечним рухом сушильного агента є великий перепад температур; кінцева температура зерна та його кінцева вологість - середні величини, одержувані при перемішуванні зерна, що відбувається під час його випуску із сушарки [3].

Величина питомої витрати повітря важлива визначення того, як температура зерна наближається до температури сушильного агента. Витрата повітря, що використовується для сушіння зерна, значно коливається і пов'язаний із температурою сушильного агента.

Вентильовані бункери працюють із слабо підігрітим повітрям при питомій витраті 5-20 м³/хв на 1 т. Промислові сушарки періодичної та безперервної дії характеризуються питомою витратою повітря від 50 до 200 м³/хв на 1 т зерна.

Швидкість сушіння зерна залежить від температури повітря. Зі збільшенням температури даний об'єм повітря може містити більшу кількість тепла.

					АІ. СБП.00.00.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Підвищення температури сушильного агента збільшує кількість тепла, що додається на одиницю питомої витрати повітря, яку можна використовувати без зниження ефективності процесу сушіння. Це виявляється майже у збільшенні продуктивності сушарки.

Три групи факторів впливають на ефективність сушіння нагрітим повітрям:

- умови довкілля;
- вид культури, що піддається сушінню;
- конструкція сушарки та її робота.

Наведені показники ефективності враховують лише використання теплової енергії та не враховують енергію вентилятора (теплова енергія від вентилятора не перевищує 5%).

Коефіцієнт корисної дії сушильної установки може змінюватись в залежності від погодних умов.

Ефективність сушіння за низьких температур навколишнього повітря може бути швидко підвищена шляхом збільшення кількості тепла, що додається до повітря [3].

Коефіцієнт корисної дії залежить також від того, наскільки міцно при сушінні волога утримується всередині зерна цього виду. Дрібне насіння втрачає вологу легше, ніж велике.

Для сушіння кукурудзи потрібно більше часу, ніж сушіння пшениці.

Зерно гігроскопічно, і його вологість впливає те, наскільки повно насичується вологою сушильний агент. При початковій вологості зерна вище 25% сушильний агент повністю насичуватиметься.

При низькій вологості неможливо досягти повного насичення повітря і, отже, зменшується ефективність сушіння.

Важливими факторами ефективності, що відносяться до конструкції сушарки та її роботи, є відношення температури повітря до його витрати та тривалість сушіння.

Якість зерна при сушінні його нагрітим повітрям часто нижче, ніж при природному сушінні. Більш жорсткі умови сушіння супроводжуються великим погіршенням якості. Крім того, зерно ушкоджується при збиранні та транспортуванні.

						Арк.
					АІ. СБП.00.00.0000.ПЗ	
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Найбільш звичайним пошкодженням зерна при його штучному сушінні є утворення тріщин, що викликається високою швидкістю сушіння. Таке ушкодження проявляється утворенні тріщин лежить на поверхні зерна чи внутрішніх тріщин. При помелі пшениці зерна з тріщинами знижують вихід борошна найвищого гатунку. Для попередження утворення тріщин слід контролювати як температуру сушильного агента, і зниження вологості зерна однією пропуск через сушарку. При високій швидкості сушіння кукурудзи внутрішні тріщини утворюються в ендоспермі, що призводить до дроблення зерна під час транспортування. Утворення тріщин зростає зі збільшенням температури сушильного агента та подачі повітря.

Більшість тріщин у зернах кукурудзи утворюється при сушінні в діапазоні вологості 19-14%, але вони найбільш численні, коли сушіння починається при високій вологості. Швидке охолодження висушеного зерна кукурудзи сприяє збільшенню кількості тріщин. Утворення тріщин зерна зменшується при низькій швидкості сушіння та охолодженні висушеної кукурудзи у силосах з вентиляванням.

Кукурудзу з високою вологістю рекомендується сушити зі швидкістю не більше 10% на годину.

Спосіб "Full heat" застосовується з метою зменшити утворення тріщин кукурудзи при швидкому сушінні повітрям високої температури.

Сушіння нагрітим повітрям припиняється при вологості, яка на 1-2% вище величини бажаної кінцевої вологості. Нагріте зерно кукурудзи подається із сушарки у силос, де воно проходить повільне охолодження за допомогою вентилявання зовнішнім повітрям. Зерно, висушене за цим способом, менш тендітне і не розтріскується так легко, як зерно після сушіння звичайними способами.

Позитивним фактором процесу "Full heat" є збільшення продуктивності сушарки. Це пояснюється перенесенням процесу охолодження зерна із сушарки в окремий силос та видаленням зайвої вологи в процесі повільного охолодження зерна.

Сушіння може надавати різноманітний вплив на зерно. Важливу роль при цьому відіграє вид зерна та його подальше використання. Наприклад, у кукурудзи в результаті сушіння за високої температури повністю втрачається схожість, але

										Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата						

AI. СБП.00.00.0000.ПЗ

цілком зберігається кормова цінність.

Вплив сушіння на борошномельну якість. У процесі сушіння при високій температурі відбувається загартування зерна пшениці, що ускладнює його розмелювання. Хлібопекарська якість пшеничного борошна може погіршитися внаслідок сушіння зерна за високої температури. У пересушеній кукурудзі важко відокремлюється крохмаль.



Рисунок 1.1 – Сушарка Sukup, що працює за технологією «Full-Heat» [4]

При нагнітанні не підігрітого повітря в зерно через перфороване днище фронт сушіння переміщається вгору повільніше, ніж при сушінні підігрітим повітрям. Важливо, щоб фронт сушіння пройшов через усю масу зерна, як воно почне псуватися. Недоліки сушіння зерна за допомогою не підігрітого повітря полягають у тому, що можливе псування зерна через повільне видалення вологи і не завжди вдається висушити зерно до необхідної вологості.

Механічне пошкодження кукурудзи в процесі обмолоту під час збирання помітно впливає на інтенсивність псування зерна та його дихання.

Якби кукурудзу вдавалося обмолотити без механічного пошкодження, можна було б сушити її зовнішнім повітрям при низьких питомих подачах.

Пошкоджене зерно необхідно сушити насамперед.

Кінцева вологість зерна після сушіння зовнішнім повітрям значною мірою залежить від його вологості. Якщо після проходження фронту сушіння через силос вологість зерна надто висока, наступне сушіння можна проводити в періоди низької вологості повітря.

									Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата					

AI. СБП.00.00.0000.ПЗ

Кукурудза, висушена, наприклад до вологості 15%, непридатна для тривалого зберігання. Прийнятна вологість зерна залежить від його використання та тривалості зберігання до реалізації.

Для зберігання терміном на 6 місяців пшениця повинна мати вологість – 14%, а терміном на рік – 13% [3].

1.3 Особливості використання бункерних сушарок для сушіння зернових культур

На сьогодні для малих і середніх фермерських господарств сушіння зерна часто здійснюється за допомогою сушарок бункерного циркуляційного типу. У таких зерносушарках для підготовки сушильного агента зазвичай використовуються дорогий природний газ або дизельне паливо.

Зважаючи на сучасну ситуацію на ринку енергоресурсів, застосування газу чи дизельного палива стало економічно недоцільним. Перехід на тверде паливо, зокрема біопаливо, потребує певних змін у конструкції пересувних зерносушарок – зокрема демонтажу газових або дизельних пальників, валу відбору потужності та автоматичних систем, які відповідають за підготовку гарячого повітря.

До прикладу, компанія НВТ-Технологія пропонує як встановлення зерносушарок власного виробництва, так і переобладнання сушарок інших виробників [5].

З огляду на те, що теплогенеруюче обладнання для сушіння зерна має значну вагу та великі габарити, використання мобільних зерносушарок є економічно не вигідним.

Підприємство НВТ-Технологія створило бункерну зерносушарку циркуляційного типу серії СБЦ, спеціально адаптовану для роботи з теплогенераторним обладнанням на альтернативному паливі.

У таблиці 1.1 представлено основні характеристики даної бункерної сушарки.

									Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата					

АІ. СБП.00.00.0000.ПЗ

Таблиця 1.1 - Характеристики і модельний ряд сушарок типу серії СБЦ

Марка зерносушарки	СБЦ-3М	СБЦ-5	СБЦ-8	СБЦ-16
Сушильний агент	Нагріте повітря			
Охолоджуючий агент	Повітря зовнішнього середовища			
Номинальна кількість нагнітається повітря, м3/год	4 750	7 900	12 650	25 300
Знімання вологи, %/год	6	6	6	6
Обсяг сушильної колони, м3	3,5	5	8	16
Електрична потужність (без урахування потужності вентилятора), кВт/год	3,18	3,18	5,68	7,68
Габаритні розміри (без вентилятора), мм:				
Довжина	3450	2365	2670	3450
Ширина	1840	2170	2730	3150
Висота	4040	4280	5360	6335
Рекомендований вентилятор радіальний типу ВЦ	14-46 №4	14-46 №5	4-75 №6,3	4-76 №8
Технічні характеристики вентилятора:				
Потужність електродвигуна, кВт	4,0	5,5	5,5	22,0
Частота обертання робочого колеса, об/хв	1425	950	1430	1410
Номинальна продуктивність, м3/год	4 950	9 000	10 110	25 360
Номинальний тиск, Па	1330	1050	1085	1793
Маса, кг	950	1200	1600	2700

					АІ. СБЦ.00.00.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Охолодження зерна відбувається за аналогічним принципом, але замість сушильного агента використовується звичайне атмосферне повітря.

Технічна характеристика зерносушарки ДСП-32-ОТ

Продуктивність, пл. т/год	32
Кількість шахт, шт	2
Розміри шахт у поперечному перерізі, мм	3250×1000
Висота шахти по зонах, мм:	
перша зона сушильної камери	4685
друга зона сушильної камери	2886
зона охолодження	3678
Горизонтальний крок коробів, мм	200
Вертикальний крок коробів, мм	200
Кількість коробів в одному ряду, шт.	15 і 16
Питома витрата умовного палива, $\frac{\text{кг}}{\text{пл.т}}$	12,2
Питома витрата електроенергії, $\frac{\text{кВт} \cdot \text{год}}{\text{пл.т}}$	2,5

Використання прямоочної зерносушарки в порівнянні з іншими типами зерносушарок дає змогу досягти таких результатів:

- а) підвищення продуктивності праці на 20%;
- б) скорочення трудових витрат на одну тонну продукції на 12%;
- в) зниження прямих витрат на одну тонну на 200 грн.

Організація роботи має велике значення для післязбирального обробітку насіння. Успішне здійснення всього технологічного процесу збирання насіння залежить від узгодженої роботи машин, які виконують переробку матеріалу.

Як машину-аналог обрана стаціонарна бункерна порційна зерносушарка «Мери» (рис. 2.1). Вона призначена для інтеграції до комплексу сушильно-очисного обладнання, призначеного для обробітку зернового насіння та іншої сільськогосподарської продукції. Сушарка складається з завантажувального пристрою, сушильної камери, дифузора, тепловентиляційного блока з вентилятором, розвантажувального пристрою, кабіни керування та обслуговуючої платформи.

						Арк.
					АІ.СБП.00.00.0000.ПЗ	
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Привод основних робочих органів зерносушарки здійснюється від трифазної електромережі.

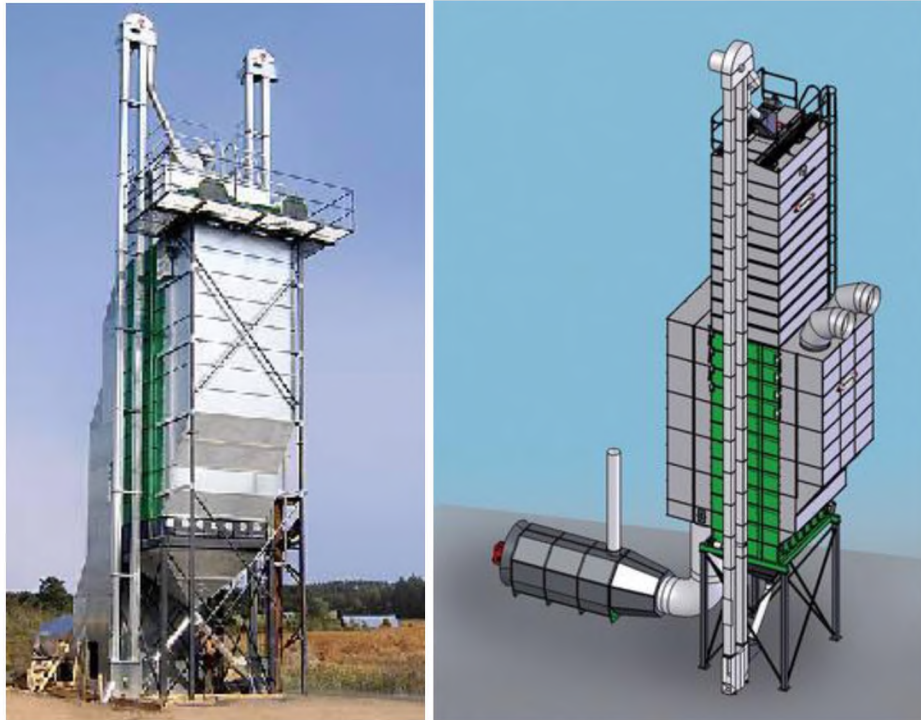


Рисунок 2.1 - Зерносушарка «Мери»

Збирання зернових культур має свої специфічні особливості. Для цього процесу використовують зернозбиральні комбайни. Перевезення зерна здійснюється за допомогою транспортних причепів, таких як, наприклад, 2ПТС-4-887А. Крім того, потрібен цілий комплекс технічного обладнання для навантаження, переміщення та транспортування зерна на короткі відстані. З цією метою застосовують шнекові, стрічкові і ковшові транспортери, а також елеватори.

2.2 Технічні рішення щодо удосконалення бункерної порційної сушарки

Функціональна схема зерносушарки представлена у роботі і є графічної частини дипломного проекту. Ця сушарка призначена для обробки як очищеного, так і неочищеного насіння трав та зернових культур, знижуючи їхню вологість з початкових 25-30% до кінцевих 12-14%. Детально розглянемо технологічний процес роботи сушарки під час сушіння зерен пшениці.

									Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата					

АІ.СБП.00.00.0000.ПЗ

На початковому етапі роботи сушарки запускається електрокалорифер разом із вентилятором високого тиску. Після прогрівання камери сушіння активується завантажувальний шнек, який транспортує вологе зерно через підйомну норію на розподільчий завантажувальний диск, а потім у камеру сушіння. Розподільчий диск рівномірно розподіляє зерно по площині сушильної камери, забезпечуючи ефективне заповнення простору. Камера має прямокутну форму зі стінами, оснащеними перфорованою поверхнею, через яку видаляється відпрацьований сушильний агент. Усередині камери встановлені трикутні повітророзподільчі елементи, які сприяють інтенсифікації процесу сушіння. Під час завантаження шнекові конвеєри періодично вмикаються для забезпечення повного наповнення камери.

Зерно під час сушіння поступово переміщується донизу, одночасно перемішуючись і розпушуючись, що додатково прискорює сушильний процес. У міру проходження через шар насіння сушильний агент контактує із зерном і знижує його вологість. У нижній частині камери сушіння розташовано днище із заслінками, за допомогою яких оброблене зерно виводиться назовні. За потреби насіння може бути повторно подане в зону сушіння за допомогою підйомної норії.

Повітророзподільна система сушарки працює наступним чином. Атмосферне повітря нагрівається в електрокалорифері до потрібних параметрів, перетворюючись на сушильний агент. Вентилятор подає цей агент через дифузор у камеру сушіння, де він проходить через шари матеріалу, а потім виходить назовні через бокові отвори.

У даній сушарці реалізовано принцип бічної подачі сушильного агенту до матеріалів, що висушуються, що забезпечує більш ефективне використання агенту. Витрата сушильного агента регулюється за допомогою повітряної заслінки, а температуру агента на вході в повітророзподільну систему контролюють температурні датчики.

Бункерна порційна сушарка є складним технічним пристроєм. Усі її робочі механізми оснащені автономними електричними приводами. Розглянемо докладніше кінематичну схему основних елементів сушарки.

									Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата					

АІ.СБП.00.00.0000.ПЗ

Привод вентилятора, який забезпечує подачу сушильного агента в камеру сушіння, працює від електродвигуна типу 4A90L4Y3 з потужністю 2,2 кВт і частотою обертання 1500 об./хв. Електродвигун з'єднаний з вентилятором через клинопасову передачу, що має шків діаметром 330 мм і 660 мм.

Приймальний бункер призначений для завантаження зерна з транспортуючих пристроїв. Переміщення зерна до вертикальної норії здійснюється за допомогою шнека, діаметр якого складає 250 мм, а крок – 250 мм. Привод шнека включає електродвигун типу 4A90L4Y3 потужністю 2,2 кВт і частотою обертання 1500 об./хв. Крутний момент передається з електродвигуна через клинопасову передачу (шків діаметром 140 мм і 370 мм) на швидкохідний вал одноступінчастого циліндричного редуктора.

Вертикальне переміщення матеріалу здійснюється за допомогою завантажувальної норії. Привод норії оснащений електродвигуном марки 4A112M4Y3, потужність якого становить 1,1 кВт, а частота обертання — 1500 об/хв. Крутний момент від двигуна передається через клинопасову передачу з діаметрами шківів 140 мм і 240 мм на швидкохідний вал одноступінчастого циліндричного редуктора. Далі цей момент через ланцюгову передачу з параметром $Z=27$ передається на вал вертикального транспортера.

Вивантажувальна норія має аналогічну конструкцію із завантажувальною. Для рівномірного розподілу зерна в камері сушіння по всій площі використовується дисковий розподільник. Привод цього пристрою працює від електродвигуна 4A90LB8Y3 з потужністю 1,1 кВт та частотою обертання 750 об/хв. Крутний момент передається від двигуна через клинопасову передачу, де шків мають діаметри 140 мм і 500 мм, на вал диска-розкидача.

Матеріал, що проходить сушіння в камері, переміщується самопливом у напрямку зони вивантаження.

Дана машина представляє собою сушарку, призначену для обробки зернових культур та інших сипучих сільськогосподарських матеріалів. Ця сушарка є складним механізмом, що складається з кількох взаємопов'язаних вузлів.

									Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата					

АІ.СБП.00.00.0000.ПЗ

Стационарна зерносушарка являє собою сушильну установку, яку зазвичай розміщують у критому приміщенні. Вона має бункерний тип конструкції з сушильними осередками, шиберами, елеватором, механізмами попереднього та донного очищення, теплогенератором, круглими подаючими вальцями та воронкоподібним днищем. Управління такою сушаркою здійснюється автоматично.

Комплектація зерносушарки забезпечує її готовність до роботи майже одразу після підключення до електромережі та подачі палива. Вона доставляється замовнику повністю укомплектованою і не вимагає додаткових налаштувань.

Порційна бункерна сушарка є пристроєм осередкового типу та постачається замовнику у напіврозібраному вигляді для зручності транспортування. У комплекті передбачені елементи електропідключення, а також сушарка проходить всі необхідні випробування перед здачею в експлуатацію. Верхні конструкції разом із транспортером і завантажувальною воронкою легко встановлюються безпосередньо на місці. Для початку роботи потрібно лише підключити електроживлення та подати паливо.

Принцип роботи зерносушарки полягає у використанні гарячого повітря певної температури, яке, завдяки високому тиску, створеному потужним теплогенератором, проходить через рівномірний шар зерна та нагріває його. У процесі нагріву утворюється волога, що виводиться назовні через перфоровані стінки зернових камер.

Завантажувальний диск забезпечує рівномірне наповнення зерносушарки зерном. Перегородки виготовляються з оцинкованої або нержавіючої сталі.

Контроль за процесом сушіння здійснюється оператором з пульта керування спільно з двома робітниками. Конструкція і розташування вузлів та механізмів забезпечують зручний доступ до них, а також забезпечують безпеку під час монтажу, експлуатації та ремонту. Рухомі та обертові частини сушарки оснащені захисними кожухами та огороженнями, що усувають ризик для персоналу. Огороження небезпечних зон, які потрібно оглядати протягом робочої зміни, можуть легко відкриватися або зніматися.

										Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата						

АІ.СБП.00.00.0000.ПЗ

3. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок шнека завантажуючого

Шнекові транспортери використовуються для транспортування сипучих матеріалів, зокрема зерна, у горизонтальному, вертикальному або нахиленому напрямках, а також для інших завдань, пов'язаних із переміщенням сипучої продукції.

У представленій конструкції шнеків застосовуються витки, виконані не у формі секторів, а як суцільна навивка з металевої стрічки товщиною 3 мм. Такий підхід значно підвищує ефективність та надійність роботи шнекового транспортера.

Також використання зовнішніх труб сприяє покращенню загальної функціональності обладнання.

При розробці шнекового транспортера для завантаження сушарки було взято за основу завантажувальні зернові шнеки типу FP 150 ПП «Технік», створені у 1993 році (рис. 3.1).



Рисунок 3.1- Шнек зерновий типу FP 150 ПП «Технік»

									Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата					

АІ.СБП.00.00.0000.ПЗ

Основні параметри для проектування шнекового завантажувача включають:

- Довжина транспортного конвеєра для зерна: 2 м
- Частота обертання валу: 280 об/хв
- Орієнтовна потужність приводу: 1,5 кВт
- Орієнтовна продуктивність: 17 м³/год
- Кут підйому зерна: від 0 до 45°
- Діаметр шнека: 115 мм
- Крок спіралі: 250 мм

Розрахункові параметри вибрані для шнека:

1. Зовнішній діаметр: визначити в мм
2. Внутрішній діаметр (труби): визначити в мм

Об'ємна продуктивність шнека складає: [6]

$$V = \pi (d_1^2 - d_2^2) \frac{n \cdot t \cdot c_i}{4}, \quad (3.1)$$

де n - частота обертання шнекового валу, об/с;

c_i - коефіцієнт заповнення шнека, $c_i = 0,3 \dots 0,5$.

$$n = 280 \text{ об/хв.} = 4,7 \text{ об/с.}$$

Тоді

$$V = 3,14 (0,115^2 - 0,050^2) \frac{4,7 \cdot 0,250 \cdot 0,5}{4} = 0,005 \text{ м}^3/\text{с} = 18 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Зовнішній діаметр шнека встановлюється за формулою [6]:

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{Q}{450 \cdot k_n \cdot k_p \cdot \rho \cdot \omega}}, \quad (3.2)$$

де Q - продуктивність конвеєра, т/год;

k_n - коефіцієнт продуктивності, $k_n = 0,61 \dots 1,0$;

k_p - коефіцієнт відношення кроку гвинта до його власного діаметра;

						Арк.
					АІ.СБП.00.00.0000.ПЗ	
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

ρ - густина матеріалу, який завантажується (для злакових і кукурудзи $\rho = 650 \dots 810 \text{ кг/м}^3$);

ω - кутова швидкість обертання гвинта, с^{-1} .

Тоді

$$Q = V \cdot \rho,$$

або

$$Q = 18 \cdot 810 = 14580 \text{ кг/год} = 14,6 \text{ т/год.}$$

$$k_p = \frac{250}{115} = 2,1$$

Отже

$$d_1 = \sqrt[3]{\frac{14,6}{450 \cdot 0,7 \cdot 2,1 \cdot 810 \cdot 28}} = 0,010 \text{ м} = 100 \text{ мм}$$

Розрахунковий діаметр гвинта визначається з урахуванням діаметра вала d_2

$$d'_1 = \sqrt{d_1^2 + d_2^2}.$$

$$d'_1 = \sqrt{100^2 + 50^2} = 112 \text{ мм}$$

Потужність приводу гвинтового конвеєра у кВт [6]:

$$N = \frac{T \cdot n_\phi}{9550}, \quad (3.3)$$

де T – крутний момент на валу шнекового гвинта, Нм;

n_ϕ - частота обертання шнека (залежно від виду матеріалу), об/хв.

$$T = k \cdot T_1 + T_2, \quad (3.4)$$

									Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата					

АІ.СБП.00.00.0000.ПЗ

де $k = 1, 1 \dots 1, 2$ - коефіцієнт для зерна та колосся.

T_1, T_2 - крутний момент на валу гвинта зумовлений опором, що виникає при переміщенні матеріалу по жолобу, тертям між матеріалом і гвинтом, а також опором підшипників., Нм[6].

$$T_1 = 0,5d_{cp} \cdot F_a \cdot tg(\phi + \psi), \quad (3.5)$$

де $d_{cp} \approx d_1$;

F_a - осьова сила на гвинті, Н;

ϕ - кут тертя вантажу і гвинта.

Згідно [6]

$$\psi = \arctg\left(\frac{t}{\pi \cdot d_{cp}}\right), \quad (3.6)$$

$$F_a = g_e \cdot L \cdot (\sin \beta + f \cdot \cos \beta), \quad (3.7)$$

де g_e - вага вантажу на 1м довжини конвеєра, кг/м;

L - довжина конвеєра, м;

β - кут нахилу конвеєра, град;

f - коефіцієнт тертя матеріалу поверхнею жолоба ($f = tg\phi$).

$$g_e = 250 \cdot \pi \cdot (d_1^2 - d_2^2) \cdot c_i \cdot c_\beta \cdot \gamma, \quad (3.8)$$

де c_β - коефіцієнт кута нахилу жолоба до горизонту (при $\beta = 45^\circ$ $c_\beta = 0,5$);

γ - об'ємна вага вантажу (для зерна $\gamma = 6,4 \dots 7,9$ кн./м³[6]).

Окрім того, можна записати

$$T_2 = F_a \cdot f_1 \frac{d_{cp}}{2} + F_r \cdot f_1 \frac{d_2}{2}, \quad (3.9)$$

									Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата					

АІ.СБП.00.00.0000.ПЗ

де f_1 - коефіцієнт тертя в підшипниках;

F_r - радіальна сила гвинті, Н.

$$F_r = \sqrt{(G_g \cdot \cos \beta)^2 + F^2}, \quad (3.10)$$

де $G_g = g_g \cdot L$ - вага гвинта з вантажем, Н;

$$F = \frac{2T_1}{d_{cp}} - \text{колова сила на гвинті, Н.}$$

Або є підставляючи розрахункові дані - отримаємо:

$$g_g = 250 \cdot 3,14 \cdot (0,110^2 - 0,050^2) \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot 7,9 = 14,9 \text{ кг/м.}$$

Можна прийняти: $f = 0,5$, тоді $\phi = \text{arctg}(f) = 0,46$.

$$F_a = 14,9 \cdot 2,0 \cdot (\sin 45^\circ + 0,5 \cdot \cos 45^\circ) = 31,4 \text{ Н.}$$

$$\psi = \text{arctg}\left(\frac{0,25}{3,14 \cdot 0,11}\right) = 0,62.$$

$$T_1 = 0,5 \cdot 0,110 \cdot 31,4 \cdot \text{tg}(0,46 + 0,62) = 1,4 \text{ Нм.}$$

$$F = \frac{2 \cdot 1,4}{0,110} = 25,5 \text{ Нм.}$$

$$G_g = 14,9 \cdot 2,0 = 29,8 \text{ Н.}$$

									Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата					

АІ.СБП.00.00.0000.ПЗ

$$F_r = \sqrt{(29,8 \cdot \cos 45^\circ)^2 + 25,5^2} = 33,1 \text{ Н.}$$

$$T_2 = 31,4 \cdot 0,2 \frac{0,11}{2} + 33,1 \cdot 0,2 \frac{0,05}{2} = 0,52 \text{ Нм.}$$

Таким чином, крутний момент:

$$T = 1,2 \cdot 1,4_1 + 0,52 = 2,2 \text{ Нм.}$$

Споживана потужність шнеком тоді складе:

$$N = \frac{2,2 \cdot 280}{9550} = 0,06 \text{ кВт.}$$

Беручи до уваги коефіцієнт корисної дії привода, розрахункова потужність шнекового завантажувального пристрою складає $N = 1 \text{ кВт}$. Для реалізації цього обираємо асинхронний електродвигун моделі 4А71В2У3 з частотою обертання $n = 1500 \text{ об/хв}$ і потужністю $N = 1,1 \text{ кВт}$.

3.2 Енергетичний розрахунок вентиляторів та їх вибір

Підбір радіальних вентиляторів здійснюється відповідно до спеціальної методики, ключові принципи якої викладено нижче:

1. Вибір типорозміру зазвичай спрямований на підбір вентилятора, який споживає мінімальну кількість електроенергії, тобто має найвищий коефіцієнт корисної дії (ККД).

2. Для визначення відповідного вентилятора за відомими параметрами продуктивності та повного тиску використовується зведений графік. У цьому разі обирається вентилятор із характеристиками, максимально наближеними до заданих параметрів. Точка, що відповідає обраним значенням продуктивності та робочого тиску, називається «робочою точкою».

									Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата					

АІ.СБП.00.00.0000.ПЗ

3 – Робочий режим вентилятора («робоча точка») визначається за графіком індивідуальної характеристики шляхом знаходження перетину цієї характеристики з прямою, паралельною лініям рівного ККД, яка проходить через точку заданого режиму. На основі «робочої точки» виконується остаточний розрахунок вентиляторного вузла, де враховуються допуски на повний тиск згідно з вимогами ДСТУ 5976-90 для характеристик радіальних вентиляторів.

4 – Не рекомендується використовувати режими, при яких ККД є меншим за 0,85 від максимального значення.

5 – На графіках індивідуальних характеристик за «робочою точкою» визначаються типорозмір вентилятора.

6 – Потужність двигуна вентилятора розраховується на основі табличних даних або за відповідними формулами.

7 – Для обраного типорозміру встановлюються габаритні, приєднувальні та установочні розміри, а також визначається його шумова характеристика.

Згідно з результатами аналізу машин-аналогів, наприклад, мобільної сушарки зернових від італійської компанії TECNOIMPIANTI, витрата повітря становить приблизно: м³/год.

Швидкість потоку повітря (сушильного агента) на вході до напрямних повітропроводу розраховується за загальною витратою сушильного агента.

$$\bar{\omega}_0 = \frac{V}{F_{пов.}}$$

де $F_{пов.}$ – площа поперечного перерізу повітропроводу перед ковпаком.

Орієнтовно приймаємо, що діаметр повітропроводу становить 0,3 м. У такому разі швидкість руху повітряного потоку можна розрахувати таким чином:

$$\bar{\omega}_0 = \frac{5000}{3,14 \cdot 0,15^2} = 70735 \text{ м/год.}$$

Тобто $\bar{\omega}_0 = 19,65 \text{ м/с.}$

									Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата					

АІ.СБП.00.00.0000.ПЗ

Приймаємо надалі для подальших розрахунків $\bar{w}_0 = 20$ м/с.

Повітропровід, що сполучає вентилятор з ковпаками має коліно з кутом повороту $\alpha_k = 30$ град. Втрати тиску на згинах, нехтуючи втратами на тертя:

$$P_c = \frac{\gamma_{нов} \bar{w}_0^2}{2g} \xi_k. \quad (3.18)$$

Коефіцієнт опору місцевого:

$$\xi_k = 0,946 \sin^2 \frac{\alpha_k}{2} + 2,047 \sin^4 \frac{\alpha_k}{2}. \quad (3.19)$$

$$\xi_e = 0,946 \sin^2 \frac{30^\circ}{2} + 2,047 \sin^4 \frac{30^\circ}{2} = 0,072$$

Динамічний у повітропроводі тиск:

$$P_d = \frac{\gamma_{нов} \bar{w}_0^2}{2g}. \quad (3.20)$$

Відповідно до літературних даних, щільність повітря при різних температурах варіюється в межах від 1,23 до 1,29 кг/м³. Для подальших розрахунків приймаємо значення, яке належить цьому діапазону.

$$\gamma_{нов} = 1,29 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Отже:

$$P_c = \frac{1,29 \cdot 20^2}{2 \cdot 9,8} \cdot 0,072 = 1,89 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} = 18,9 \text{ Па}.$$

						Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата	АІ.СБП.00.00.0000.ПЗ	

$$P_{\partial} = \frac{1,29 \cdot 4,6^2}{2 \cdot 9,8} = 26,33 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2} = 263,3 \text{Па.}$$

У вентиляторі повний тиск складе:

$$P_n = P_c + P_{\partial}. \quad (3.21)$$

$$P_n = 18,9 + 263,3 = 282,2 \text{Па.}$$

Приймаємо, що під час роботи сушарки вентилятор створює повний тиск у 300 Па. Спираючись на зведені характеристики рисунка 2.3, обираємо радіальний вентилятор ВЦ 14-46 з типорозміром 3,15 згідно з ДСТУ 5976-90.



Рисунок 3.2 - Вентилятор радіальний ВЦ 14-46 із типорозміром 3,15 за ДСТУ 5976-90

					АІ.СБП.00.00.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

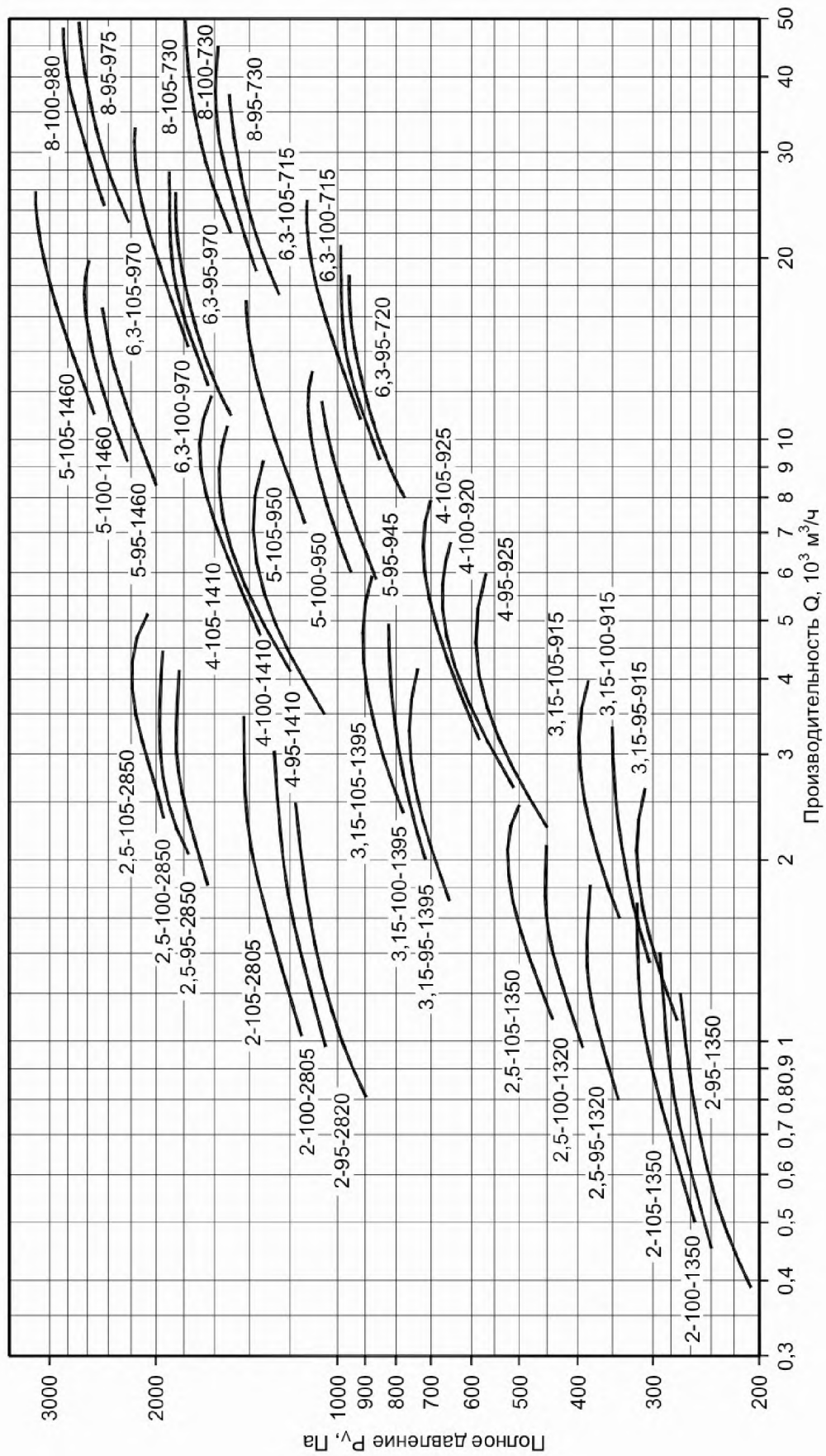


Рисунок 3.3 - Графік характеристик вентиляторів ВЦ14-46 (зведений)

Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата

АІ.СБП.00.00.0000.ПЗ

Арк.

Потужність N (кВт·год) електродвигуна, що є на вентиляторі:

$$N = \frac{Q_B \cdot H_B}{3600 \cdot 1000 \cdot \eta_B \cdot \eta_{II} \cdot \eta_K},$$

де Q_B - прогнозована кількість повітря, яка нагнітається вентилятором, м³/год (орієнтовно можна прийняти: $Q_{B1} = 5300$ м³/год - для ВЦ 14-46 із типорозміром 3,15).

$H_B = 800$ Па - повний тиск, який розвивається вентилятором під час роботи сушарки;

η_B - ККД вентилятора ($\eta_{B1} = 0,7$ - ВЦ 14-46 із типорозміром 3,15);

$\eta_{II} = 1$ - ККД передачі пасової;

$\eta_K = 0,9$ - ККД, що враховує втрату в підшипниках.

Потужність електродвигуна вентилятора першої зони сушіння:

$$N_1 = \frac{5300 \cdot 800}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 0,9} = 1,87 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Отже, для вибору електродвигуна вентилятора [6] пропонується варіант із моделі 4A90L4УЗ, яка має потужність $N=2,2$ кВт та частоту обертання $n=1500$ об/хв.

3.3 Розрахунок передач пасових, що у вентиляторі

Кінематичні параметри привода вентилятора наведені у табл 3.3.

									Арк.
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					

АІ.СБП.00.00.0000.ПЗ

3.4 Розрахунок пристрою завантаження бункерної сушарки

Робочий процес розподілу зерна на площі сушильної камери за своєю суттю нагадує функціонування відцентрового висіваючого апарату. Цей процес складається з двох основних фаз: переміщення частинок зерна по поверхні диска розкидача та падіння зерен, які диском розкидаються в горизонтальній площині.

Для визначення мінімальної необхідної частоти обертання диска, за якої частинка починає рухатися по його поверхні, проаналізуємо плоский диск, на якому розміщена зернина.

На зернівку діють сили:

- сила тертя $F_{mp} = mgf$;
- відцентрова сила переносного руху $F_a = m\omega^2 r_a$.

Умова рівноваги частинки (зернівки) матиме вигляд:

$$F_a = F_{mp}. \quad (3.23)$$

Тобто

$$m\omega^2 r_a = mgf.$$

Якщо зважати, що $r_a = r_0$ - мінімальному радіусу падіння зерна із кузова, а

$\omega = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{gf}{r_0}}$, то матимемо:

$$n_{\min} = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{gf}{r_0}}. \quad (3.24)$$

Отже, за частоти обертання розсипного диска n_{\min} , розрахованою за формулою (3.24), можливий рух частинки добрив вздовж нього.

						Арк.
					АІ.СБП.00.00.0000.ПЗ	
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Частинка, що потрапила на диск, через певний час зіштовхнеться з лопаткою та продовжить свій рух уздовж неї. У цей момент на частинку зерна впливають:

- відцентрова сила $F_a = m\omega^2 r_i$, яку розкладено на складову направлену вздовж лопатки $m\omega^2 r_i \cdot \cos\psi$ та перпендикулярно до неї $m\omega^2 r_i \cdot \sin\psi$;
- Кориолісова сила інерції $F_k = 2m\omega r_i$, що діє у напрямку протилежному до напрямку Кориолісового прискорення;
- сили тертя диском $F_1 = mgf_1$ та лопаткою $F_2 = mf_2(2\omega r_i - \omega^2 r_i \cdot \sin\psi)$.

Умова рівноваги матиме вигляд:

$$F_1 + F_2 + F_a \cdot \cos\psi = 0, \quad (3.25)$$

і

$$m(gf_1 + f_2(2\omega r_i - \omega^2 r_i \cdot \sin\psi)) - m\omega^2 \cdot r_i \cdot \cos\psi = 0. \quad (3.26)$$

Врахувавши, що при граничних умовах $r_i = r_0$ та $f_1 = f_2$, то отримаємо:

$$gf + 2\omega r_0 f - \omega^2 r_0 f \cdot \sin\psi - \omega^2 r_0 \cdot \cos\psi = 0.$$

Звідки

$$r_0 = \frac{gf}{\omega^2 f \cdot \sin\psi + \omega^2 \cdot \cos\psi - 2\omega f}. \quad (3.27)$$

Мінімальний радіус падіння частинок зерна має бути таким, щоб забезпечити їхнє рівномірне переміщення вздовж лопаток, без утворення застійних зон.

Коли частинка досягає краю лопатки, відбувається її відрив і починається вільний політ. У цю мить абсолютна швидкість частинки визначається положенням у потоці та динамікою руху системи.

						Арк.
					АІ.СБП.00.00.0000.ПЗ	
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

$$\vec{V}_a = \vec{V}_r + \vec{V}_e.$$

Але оскільки $\vec{V}_r \ll \vec{V}_e$, то можна прийняти, що $\vec{V}_a \approx \vec{V}_e$, тобто швидкості переносного руху частинки із диском.

Не враховуючи опору повітря політ частинки може бути описаний системою рівнянь:

$$\begin{cases} x = V_a \cdot t; \\ y = \frac{gt^2}{2}, \end{cases} \quad (3.28)$$

де t – час льоту частинки.

Із другого рівняння маємо, при $y = h$:

$$t = \sqrt{\frac{2h}{g}}. \quad (3.29)$$

Знаючи t та з першого рівняння отримаємо:

$$x = l_x = V_a \sqrt{\frac{2h}{g}}, \quad (3.30)$$

де l_x - віддаль польоту частинки, м.

З булови камери сушіння та за умови польоту зерна до стінок сушильної камери можна прийняти: $x = l_x = 2$ м, $y = h = 1$ м.

Тоді, приблизно, швидкість вильоту частинки з диска складе:

$$V_a = \frac{l_x}{\sqrt{\frac{2h}{g}}}.$$

						Арк.
					АІ.СБП.00.00.0000.ПЗ	
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

$$V_a = \frac{2}{\sqrt{\frac{2 \cdot 1}{9,8}}} = 4,4 \text{ м/с.}$$

Діаметр насіннепровода - 20см, тобто $r_0 = 0,1\text{м}$.

Отже мінімальна кутова швидкість обертання диска є:

$$n_{\min} = \frac{30}{3,14} \sqrt{\frac{9,8 \cdot 0,5}{0,1}} = 66,8 \approx 70 \text{ об/хв.}$$

Або це дорівнює $\omega = 7,3 \text{ рад/с}$.

Корегується радіус диска: $r = \frac{V_a}{\omega} = \frac{4,4}{7,3} = 0,6 \text{ м}$. Такі габарити є надто вели-

кими, тому приймаємо $r = 0,3 \text{ м}$. Кутова швидкість обертання диска буде:

$$\omega = \frac{V_a}{r} = \frac{4,4}{0,3} = 14,7 \text{ рад/с, або це рівно } n = 140 \text{ об/хв.}$$

Оскільки потужність, необхідна для здійснення операції розкидання частинок зерна в межах площі сушильної камери, є невеликою, приймається використання асинхронного електродвигуна моделі 4А90LB8УЗ із показником потужності 1,1 кВт і частотою обертання 750 об/хв.

Передача руху від двигуна до диска забезпечується за допомогою пасової передачі з відповідним передатним відношенням. $i = \frac{750}{140} = 5,3 \approx 5$.

Автоматизований розрахунок пасової передачі наведено у додатках.

									Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата					

АІ.СБП.00.00.0000.ПЗ

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ДОВКІЛЛЯ

4.1 Основні вимоги охорони праці при роботі з бункерною сушаркою зерна

Бункерна порційна сушарка, як і будь-яка сільськогосподарська техніка, містить низку потенційно травмонебезпечних вузлів і деталей. Крім того, її технологічний процес передбачає використання як електрообладнання, так і паливно-енергетичних систем, зокрема паливного блоку ТГ-3,5.

Щоб забезпечити охорону навколишнього середовища від можливих викидів шкідливих речовин у повітря та ґрунт, а також створити безпечні умови праці для обслуговуючого персоналу, на етапі розробки сушарки необхідно закласти в її конструкцію якнайбільше засобів безпеки. Крім цього, слід передбачити застосування пиловловлюючого та повітроочисного обладнання (зокрема, повітряних фільтрів, циклонів тощо).

До обслуговування сушарки допускаються лише працівники, які:

- пройшли медичний огляд.
- пройшли навчання та перевірку знань з охорони праці.
- отримали інструктаж (вступний, первинний на робочому місці).
- ознайомлені з інструкцією з експлуатації обладнання.

Забороняється палити та використовувати відкритий вогонь поблизу сушарки. Сушарка повинна бути обладнана засобами пожежогасіння:

- вогнегасники (порошкові або вуглекислотні).
- пісок, лопати, бочки з водою – у доступному місці.
- пиловловлювальні системи мають бути справні, щоб уникнути займання пилу.

Всі електричні елементи повинні бути заземлені. Забороняється виконувати будь-які роботи на електрообладнанні без відключення від мережі. Роботи з електрикою виконує лише кваліфікований електрик з допуском.

Перед запуском:

- перевірити технічний стан сушарки.

					АІ.СБП.00.00.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

- очистити від залишків зерна, пилу, сторонніх предметів.
- перевірити наявність мастила, води (якщо потрібно для охолодження).

Під час роботи:

- не залишати обладнання без нагляду.
- слідкувати за температурою, вологістю та тиском (у разі подачі гарячого повітря).
- регулярно очищати фільтри, решітки, вентиляційні канали.

Заборонено:

- лазити в бункер або механізми під час їх роботи.
- відкривати люки або захисні кожухи при увімкненій сушарці.

Працівники повинні мати Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ):

- спецодяг (вогнетривкий або бавовняний комбінезон).
- респіратор (для захисту від пилу).
- захисні окуляри.
- вушні вкладки або навушники (від шуму).
- захисне взуття з антиковзкою підошвою.

Технічне обслуговування та ремонт проводиться лише після повного зупинення агрегату. Заборонено виконувати ремонт у гарячому стані або при наявності залишків зерна. Після ремонту необхідно виконати пробний запуск.

Додаткові вимоги такі:

- необхідно вести журнал технічного обслуговування.
- повинна бути схема евакуації та план дій при пожежі.
- організація регулярних інструктажів з охорони праці.

4.2 Опис небезпечних деталей і вузлів з точки зору травматизму

Бункерна порційна сушарка зернових є складним технічним пристроєм, що включає ряд компонентів та механізмів, які потенційно можуть становити загрозу для життя і здоров'я обслуговуючого персоналу.

					АІ.СБП.00.00.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Під час експлуатації сушарки особливу небезпеку представляють такі вузли, як подаючий транспортер завантажувального механізму, нагнітаючий вентилятор, завантажувальна естакада, норії для завантаження й розвантаження зерна. Ці вузли виконують як поступальний, так і обертальний рух, і в умовах високих навантажень існує ризик руйнування їх робочих елементів чи деталей приводу. Зокрема, потрапляння сторонніх твердих предметів у завантажувальний механізм може спричинити розрив ланцюгів приводу, що створює серйозну небезпеку травматизму.

Також у процесі роботи можливе ослаблення кріплення робочих органів, а в певних випадках — їх відрив. Привід робочих органів та вентилятора сушильної камери реалізується через ланцюгові та пасові передачі. Тривала експлуатація пристрою при перевантаженнях або недостатньому натягу пасів може призвести до їх розриву. Крім того, в результаті роботи можливе ослаблення кріплень шківів і зірочок на валах, зріз шпонок, болтів чи заклепок кріпильних деталей.

Окрім рухомих компонентів і вузлів, тунельна сушарка також містить пасивні елементи, що становлять потенційну небезпеку травматизму. До них належать гарячі стінки камер сушіння і дифузорів, відкриті проводи та кабелі, контакт із якими може спричинити опіки чи електротравми. Також існує ризик ослаблення кріплень дифузорів до камер сушіння, що може призвести до витікання гарячого повітря назовні й створення додаткової загрози для персоналу.

4.3 Негативні фактори мікроклімату

Технологічний процес роботи сушарки базується на використанні суміші топкових газів та атмосферного повітря. Основними факторами, які негативно впливають на мікроклімат робочого місця обслуговуючого персоналу, є підвищена концентрація вуглекислого газу та інших продуктів згоряння палива. Крім того, у процесі роботи сушарки відбувається розпушування, часткове подрібнення та обмолочування зернових культур, що призводить до утворення запиленості в приміщенні, де розташована сушарка.

					АІ.СБП.00.00.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Під час роботи електродвигунів, редукторів, мотор-редукторів, а також ланцюгових і пасових передач виникає тертя скребків об дно жолоба. Додатковими джерелами шуму є робота вентиляторів і паливного блоку. Сукупність цих факторів формує досить високий рівень шумового забруднення на робочому місці. Також важливим чинником, що впливає на стан мікроклімату, є інфрачервоне випромінювання від нагрітих камер сушіння.

4.4 Заходи щодо усунення небезпеки

Для запобігання нещасним випадкам при експлуатації сушарки, необхідно дотримуватися наступних вимог техніки безпеки:

- До обслуговування сушарки допускаються особи віком від 18 років, які пройшли вступний інструктаж, медичний огляд, програму підготовки операторів сушильних установок, успішно склали іспити та отримали посвідчення кваліфікаційної комісії на право роботи з цими установками;
- Усі пасові й ланцюгові передачі, а також деталі, які обертаються, мають бути надійно закриті металевими кожухами червоного кольору;
- Бункер завантажувального пристрою підлягає обов'язковому огороженню;
- Технічне обслуговування, ремонт і регулювання обладнання виконуються тільки при вимкненій сушарці;
- Перед початком роботи перевіряється надійність кріплення зубів зчісуючого барабана, шківів і зірочок приводів робочих вузлів;
- Корпус сушарки, електродвигунів, мотор-редукторів і магнітних пускачів повинен бути заземлений;
- Стінки сушильних камер, дифузорів і повітропроводів слід утеплити для теплоізоляції;
- Електрокабелі й проводи сушарки повинні прокладатися в трубках з ізоляційного матеріалу та розташовуватись не менше ніж на 0,5 м від нагрітих під час роботи деталей і вузлів;
- Перед запуском потрібно перевірити щільність з'єднання дифузора із су-

					АІ.СБП.00.00.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

шильною камерою та нагнітаючим патрубком вентилятора;

– Роботи з ремонту і технічного обслуговування виконуються тільки у спецодязі, що відповідає стандарту ГОСТ 12.4.045-87 і забезпечує захист від високих температур.

Для мінімізації впливу шкідливих факторів і створення комфортних метеорологічних умов на робочому місці сушарка повинна бути оснащена:

- Пультом управління, розташованим в окремій кабіні, обладнаній вентилятором і системою повітряного охолодження;
- У разі розміщення сушарки в приміщенні легкого типу воно має бути забезпечене приточно-витяжною вентиляцією;
- Робоче місце оператора, звернене до сушарки, має бути огорожене теплоізоляційним екраном.

Вищенаведені заходи сприяють зменшенню впливу інфрачервоного випромінювання на мікроклімат робочого місця.

Для зменшення шумового навантаження необхідно досягти максимального закриття всіх робочих органів сушарки під кожухами. Як індивідуальні засоби захисту від шуму використовуються навушники або протишумні вкладиші. Для захисту від пилу персоналу слід застосовувати респіратори й захисні окуляри.

4.5 Вплив на навколишнє природне середовище

Бункерна порційна сушарка, як і будь-яка сільськогосподарська машина, має негативний вплив на довкілля. Зокрема, це призводить до перевищення допустимих концентрацій токсичних газів і парів, що в свою чергу шкодить флорі та фауні прилеглих територій.

Для зниження запиленості повітря над завантажувальним пристроєм слід оснащувати його місцевою витяжною вентиляцією з трубопроводом, оснащеним циклоном відцентрового типу. Щоб зменшити токсичність викидів, важливо налаштувати паливну апаратуру на оптимальне згоряння палива.

					АІ.СБП.00.00.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

Попадання палива в ґрунт може спричинити забруднення ґрунтових вод і самого ґрунту, що також позначається на екосистемі. Для недопущення цього необхідно постійно контролювати герметичність паливопроводів і обладнання. Ємності з паливом і мастильними матеріалами повинні розміщуватися на бетонній основі, за можливості, на висоті не менш ніж 20 см над рівнем ґрунту.

Оцінюючи ризики травмонебезпеки та екологічного забруднення, можна зробити висновок, що для мінімізації небезпеки під час роботи на сушарці важливо дотримуватися правил техніки безпеки. Також слід забезпечити таку конструкцію робочих органів і деталей, щоб вони були захищені кожухами або за можливістю інтегровані в корпус сушарки.

У перспективі процес сушіння сільськогосподарських матеріалів доцільно реалізовувати за екологічно чистими технологіями, використовуючи енергію сонця та вітру.

					АІ.СБП.00.00.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	Недокум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					АІ.СБП.00.00.0000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Назва	К-ть	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			AI.CБП.08.00.0000 СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	AI.CБП.08.01.0000 СК	Рама	1	
		2	AI.CБП.08.02.0000 СК	Електродвигун привідний	1	
				<u>Деталі</u>		
		3	AI.CБП.08.00.0001	Кожух захисний	1	
		4	AI.CБП.08.00.0002	Шків ведучий	1	
		5	AI.CБП.08.00.0003	Шайба	1	
		6	AI.CБП.08.00.0004	Шків ведений	1	
		7	AI.CБП.08.00.0005	Шайба	1	
		8	AI.CБП.08.00.0006	Кришка	1	
		9	AI.CБП.08.00.0007	Шайба	1	
		10	AI.CБП.08.00.0008	Стакан	1	
		11	AI.CБП.08.00.0009	Вал	1	
		12	AI.CБП.08.00.0010	Диск	1	
		13	AI.CБП.08.00.0011	Лопатка	4	
		14	AI.CБП.08.00.0012	Кронштейн	1	
		15	AI.CБП.08.00.0013	Кронштейн	1	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		16		Шайба 14.65ГО29	6	
				ГОСТ 6402-70		
				AI.CБП.08.00.0000 СК		
Зм	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		
Розробив		Іщук			Літера	Аркуш
Перевірив		Кірчук			Б	1
						2
Н. контр.		Юхимчук			ЛНТУ	
Затверд.		Хомич			Каф. AI ст.гр. AI-41	
Завантажувач дисковий						

