

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний аграрний університет

Інженерно-технологічний факультет

ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНИЙ
Завідувач кафедри агроінженерії та
технічного сервісу, к.т.н., професор
_____ І.В. Гунько
« ____ » _____ 2024 р.

РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

на тему: «Механізація зберігання зерна з удосконаленням системи
вивантаження зерна із зерносховища»

ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ

Виконав: студент 51-АІ (Л)
_____ О.В. Москаленко

Керівник: к.т.н., доц.
_____ Ю.Б. Паладійчук

Вінниця 2024

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. КОНСТРУКТИВНІ ЕЛЕМЕНТИ.....	7
1.1.Аналіз сучасного стану технологій зберігання зерна.....	7
1.2.Аналіз технічних засобів, що використовуються для зберігання зерна.....	18
1.2.1.Мащини для приймання зерна.....	18
1.2.2.Мащини для очищення зерна.....	19
1.2.3.Мащини для сушки зерна.....	25
1.3.Зберігання зерна.....	28
1.4. Транспортування зерна.....	29
РОЗДІЛ. 2. ВИРОБНИЧИЙ ПРОЦЕС.....	35
2.1. Процес транспортування зерна.....	35
2.2. Робота стрічкового конвеєра.....	36
РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТИВНА РОЗРОБКА ПРИСТОСУВАННЯ.....	43
3.1.Обґрунтування технологічної схеми вивантаження зерна.....	43
3.2. Розрахунок стрічкового конвеєра.....	45
3.2.1. Розробка конструкції стрічкового конвеєра.....	45
3.2.2.Визначення параметрів стрічки конвеєра.....	46
3.2.3.Визначення параметрів роликів опор.....	48
Висновки.....	58
Список використаної література.....	60
ДОДАТКИ.....	63

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Механізація зберігання зерна з удосконаленням системи вивантаження зерна із зерносховища					Літ.	Арк.	Аркушів	
Розроб.		Москаленко											
Перевір.		Паладійчук											
Перевір.													
Н. Контр.													
Затверд.		Гуцько								ВНАУ, гр. 51-АІ(Л)			

ВСТУП

Україна – один з провідних виробників і експортерів зернових в Європі і в світі. Тому технології зберігання і транспортування зерна вимагають підвищеної уваги і впливають на конкурентоспроможність вітчизняної продукції на ринку.

Основне завдання зерносховищ - забезпечити найкращі умови для зберігання зернових культур і максимально знизити втрати якості зерна при довготривалому зберіганні.

Ефективне зберігання зерна визначає економічну стійкість будь-якої країни. Системи елеваторів та зерносховищ в Україні є надійним фундаментом для зернового ринку. Цей сектор постійно знаходиться у процесі розвитку та модернізації, пристосовуючись до сучасних вимог.

Сьогодні це комплексні системи, які не лише забезпечують збереження зерна, але і його сушіння, обробку та сортування. Серед їх партнерів – як великі агропромислові компанії, так і невеликі фермерські господарства та зернові трейдери. Елеватори, колгоспи та підприємства з переробки сільгосппродукції в Україні задовольняють внутрішні потреби та забезпечують можливість експорту.

Зернові термінали на узбережжі Чорного моря відіграють ключову роль у цьому процесі, перевозячи мільйони тонн продукції щорічно. Більшість підприємств галузі зосереджені в центральних, східних та південних регіонах України. З урахуванням змінних економічних умов важливо слідкувати за новинами та тенденціями в цій сфері для забезпечення ефективного функціонування.

Сьогодні, через проблеми з логістикою зерна та недостатність елеваторних потужностей, виникає необхідність у будівництві нових зерносховищ. Це стосується як великих зернових холдингів, так і сільгоспвиробників, включаючи фермерів. Однією з причин будівництва власних зерносховищ є спроба сільгоспвиробників скоротити витрати на послуги зберігання зерна у сторонніх спорудах.

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зберігання зерна є складним процесом, що потребує використання надійних систем автоматизації. Забезпечити стабільність якісних та кількісних показників зерна під час тривалого зберігання можна лише у спеціалізованих зерносховищах.

Технологічні процеси, пов'язані з експлуатацією зерносховищ (наприклад, завантаження, вивантаження, обробка), повинні бути повністю автоматизовані та механізовані, використовуючи як стаціонарні, так і пересувні агрегати, з використанням принципу самопливу зерна.

Впровадження сучасних технологій у сільському господарстві завжди відіграло ключову роль у підвищенні ефективності виробництва та забезпеченні продовольчої безпеки. Однією з найважливіших галузей цього процесу є механізація зберігання зерна.

В умовах постійного розвитку сільськогосподарських технологій та зростаючих потреб ринку виникає необхідність удосконалення систем вивантаження зерна з зерносховищ. В цьому контексті важливо розглянути інноваційні підходи та технологічні рішення, спрямовані на оптимізацію цього процесу та підвищення його продуктивності.

Мета роботи: полягає в запровадженні сучасних технологій для механізації процесу зберігання зерна та оптимізації системи вивантаження зерна із зерносховища.

Об'єкт дослідження: процеси та технології, що використовуються при зберіганні зерна та вивантаженні його з зерносховищ.

Предмет дослідження: механізація зберігання зерна з удосконаленням системи вивантаження зерна із зерносховища.

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. КОНСТРУКТИВНІ ЕЛЕМЕНТИ

1.1. Аналіз сучасного стану технологій зберігання зерна

Метод зберігання зернових в значній мірі визначається їх фізичними та фізіологічними характеристиками. Усі партії зерна, особливо насіння, необхідно зберігати у спеціально обладнаних сховищах [1-4].

Зерносховища поділяються на кілька типів залежно від декількох основних характеристик:

1. Період зберігання: Зерно може зберігатися тимчасово або тривалий час.
2. Конструкційні особливості: Сховища можуть мати різні конструкції, такі як навіси, склади, елеватори та інші.
3. Види операцій: Зерносховища можуть використовуватися лише для зберігання або для обробки зерна, або і для зберігання, і для обробки.
4. Ступінь механізації: Вони можуть бути повністю механізованими, напівмеханізованими або не механізованими.
5. Установки для активного вентилявання насіння: Зерносховища можуть мати різні типи установок для забезпечення необхідної вентиляції насіння, такі як канална, підлогова, переносна тощо.

За типом покриття зерносховища може бути відкритим або закритим. Відкриті зерносховища частіше використовуються для тимчасового зберігання свіжого врожаю, в той час як закриті зручніше для тривалого зберігання зернової маси без втрати якості. Для цього вони можуть використовувати склади підлогового типу або силоси [1-4].

В Україні існують декілька типів зерносховищ, які використовуються для зберігання зернових культур:

- Зернові склади з горизонтальними або похилими підлогами: Ці склади можуть бути виготовлені з металоконструкцій (наприклад, ангари) і використовуються для зберігання зернових у великих обсягах.

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Залізобетонні елеватори з металевими силосами: Ці структури, виготовлені залізобетоном, можуть бути старими або новими і використовуються для зберігання зернових. Вони можуть мати металеві силоси для зберігання зерна.
- Зберігання зерна у поліетиленових рукавах на полях сільгоспвиробників: Цей альтернативний метод передбачає зберігання зерна безпосередньо на полях сільгоспвиробників у поліетиленових рукавах. Зерно завантажують у рукави, які герметично закриваються. За деякий час у рукавах відбувається самоконсервування зернової маси [1,2].

Кожен з цих типів має свої переваги та недоліки, і вибір конкретного типу зерносховища залежить від обсягу вирощеного врожаю, тривалості зберігання, територіальних умов та фінансових можливостей сільгоспвиробника. Розробка майбутніх зерносховищ повинна враховувати ці фактори та передбачати комплексний підхід до захисту зерна і конструкції.

Зберігання зерна може бути розділене на дві категорії: тимчасове, що триває від кількох днів до одного-трьох місяців, та довгострокове, що може тривати від кількох місяців до кількох років. Незалежно від тривалості, необхідно організувати зберігання зернових мас таким чином, щоб уникнути втрат маси та зниження її якості [1,2].

Зернові маси можна зберігати насипом або у тарі, але перше спосіб є основним та найбільш поширеним. Його переваги включають повніше використання площі та об'єму зерносховища, більше можливостей для механізованого переміщення зернових мас, полегшення боротьби із шкідниками зерна (наприклад, хлібних комах), зручність у впорядкуванні контролю за всіма параметрами, а також зменшення витрат на тару та переміщення зерна.

Під час збирання зернових культур часто виникає потреба у тимчасовому зберіганні зерна на токах або відкритих майданчиках хлібоприймальних підприємств, так званих буртах. Бурт – це партії зерна, що зберігаються поза сховищами, під відкритим небом, як у насипі, так і в тарі.

Під час зберігання зернових мас у буртах насипом, останній набуває форми конуса, піраміди або іншої геометричної фігури, що полегшує накриття та дозволяє

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

краще стікання атмосферних опадів. Однак, важко проводити спостереження за станом зерна у внутрішніх частинах насипу, що ускладнює виявлення самозігрівання та розвиток шкідників [1,2].

Дослідження з використанням штучного дощу показали, що коли насип пшениці в бурті укладається під кутом природного нахилу, то проникнення вологи після зливи досягає 11-13 см.

За допомогою синтетичних матеріалів полегшено організацію накриття і захист буртів від негативного впливу навколишнього середовища. Наприклад, у США використовують плівки, які вкладаються під основу бурта і натягуються на легкий каркас з алюмінію, що розміщуються поверх бурта.

Ефективне зберігання зерна залежить від правильної підготовки зернової маси перед укладанням у бурт. Незалежно від її вологості, вона повинна бути охолоджена до температури 8°C або нижче. Це не лише запобігає активному розвитку кліщів і комах, але й знижує ризик самозагрівання.

Ураховуючи властивості зернової маси та вплив навколишнього середовища, навіть тимчасове зберігання вимагає використання спеціалізованих сховищ. У стандартних зерносховищах зерно може бути розміщене у засіках або насипом у купах. У холодний період року висота насипу зерна основних культур з вологістю до 14% не перевищує 2-2,5 метра. Зерно з вологістю 12-13% (наприклад, пшениця, жито) може бути збережене у силосних сховищах елеваторного типу висотою до 30 метрів. [1-4].

Зернову масу з високою сипкістю можна зберігати в різних місткостях: у мішках (зберігання у тарі), у великих сховищах (без тари), у сховищах, бункерах і силосах (зберігання насипом).

Зерносховища для тривалого зберігання зерна можна поділити за конструкційними особливостями на склади, елеватори та змішаного типу. Склади використовуються для підлогового зберігання зерна насипом, а також можуть бути обладнані спеціальними перегородками для роздільного зберігання окремих партій зерна.

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У сховищах без поперечних перегородок зерно розташовується безпосередньо на підлозі. Щоб ізолювати партії насіння одна від одної, використовують щити або залишають певну частину підлоги між ними порожньою. Таке розташування зерна значно знижує коефіцієнт використання складських місткостей.

Останнім часом було зведено чимало секційних насіннесховищ. Коефіцієнт використання їх місткості виявився вищим, ніж у несекційних, і становить 75-80%. Секція – це окрема частина простору, обмежена стінами висотою від 2,5 до 5,0 метрів [1-4]. Зазвичай вони оснащені системами активного вентилявання (канальна, підлогова, переносна), а також механізмами для завантаження і часткового вивантаження насіння (верхні та нижні стрічкові конвеєри).

Бункерні насіннесховища, на відміну від секційних, мають повністю механізоване вивантаження насіння без використання ручної праці або пересувних механізмів. Цього досягають, зробивши днище бункера у формі перевернутої піраміди або конуса. Місткість бункерів зазвичай становить від 35 до 50 тонн при висоті стін від 4 до 9,5 метрів.

Зернові склади з горизонтальними або похилими підлогами. Склади для зберігання зерна є будівлями з одним поверхом, які мають горизонтальні або нахилені підлоги і стіни з цегли, каменю або залізобетону. Зерно у таких складах зберігається або на підлозі у відкритому вигляді, або у спеціальних контейнерах. Вони можуть бути механізованими або не механізованими [1,2].

У не механізованих складах переміщення та відпуск зерна здійснюються за допомогою ручних або механічних агрегатів. Механізовані склади можуть мати як горизонтальні, так і нахилені підлоги і обладнані верхніми (для завантаження) і нижніми (для вивантаження) стаціонарними стрічковими конвеєрами і норіями.

Більшість сучасних проектів зерносховищ передбачають використання стаціонарних засобів механізації для завантаження, вивантаження і транспортування зерна, а також системи активного вентилявання.

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальна висота насипу у складах визначається технічними характеристиками та типом будівлі, станом зерна, його призначенням і терміном зберігання [1-4].



Рисунок 1.1. – Зернові склади з горизонтальними або похилими підлогами

Переваги зернових складів із підлоговим типом зберігання включають:

- індивідуальне зберігання невеликих партій зерна шляхом розділення простору за допомогою перегородок, що дозволяє зберігати зерно різних культур чи класів окремо без ризику їх змішування.
- обробка дрібнонасінневих культур, які не ефективно зберігати у великих силосах. На елеваторах з масивними силосами краще працювати з масовими культурами, такими як ячмінь чи пшениця, але для прийому проса, овесу, сорго чи сочевиці підлогові сховища виявляються більш ефективними.
- наземний склад є найбільш ефективною структурою для зберігання зерна, яке легко пошкоджується, а також для насіння та шротів. Зерно можна зберігати як в сипучому стані, так і в упаковці в такому типі сховища.

Недоліки зберігання зернових у підлогових складах включають:

- неповна автоматизація технологічних процесів, таких як завантаження, вивантаження і вентилявання.
- високі витрати на завантаження і вивантаження порівняно з силосами, що призводить до додаткових витрат на робочу силу, паливо, амортизацію та ремонт обладнання.
- ускладнений контроль якісних характеристик зерна протягом зберігання, таких як температура, вологість та зараження шкідниками.

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- обмежена використання виробничої території, що робить цей тип зберігання непридатним для підприємств з обмеженими просторовими можливостями.

Нові технології в будівництві підлогових сховищ, такі як металеві ангари з бетонним покриттям, стають більш бюджетними і ефективними [1-4]. Наприклад, у порту ТІС побудований найбільший у Європі склад підлогового зберігання зерна місткістю 130 тис. тонн, знижуючи витрати на зберігання зерна на одну тонну. Це може бути привабливим варіантом для тих, хто поки не має коштів на будівництво сучасного сховища.

Елеватори із залізобетонними і металевими силосами. Силосні насіннесховища представляють собою залізобетонні або цегляні елеватори заввишки від 30 до 50 метрів. Більшість з них має спеціальну башту, де розміщене необхідне обладнання для потокової обробки насіння. Практично всі такі насіннесховища повністю механізовані та автоматизовані [1-3].



Рисунок 1.2. – Силосні зерносховища

Силоси призначені для довгострокового і надійного зберігання очищеного зерна з вологістю від 8 до 14% і є найбільш поширеними спорудами для цієї мети в Україні. Вони представляють собою високотехнологічні структури для зберігання різних культур зерна. Силосні корпуси елеваторів зазвичай мають форму кола або квадрата. Україна спостерігає зростання кількості зерносховищ із циліндричних металевих силосів, що відображає прагнення багатьох

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сільськогосподарських підприємств удосконалювати самостійні процеси обробки та зберігання врожаю [1-4].



Рисунок 1.3. – Елеватори із залізобетонними і металевими силосами

Переваги зберігання зерна в залізобетонних та металевих силосах включають:

- висока швидкість роботи та можливість здійснювати кілька обертів обсягу зберігання протягом сезону.
- можливість зберігання більшої кількості зерна на обмеженій території.
- гнучкість у будівництві сховищ в нових місцях, оптимальних для зберігання зерна.
- механізація завантаження та розвантаження зерна.
- автоматизація контролю за режимами зберігання, такими як температура та якість зерна.
- ефективний захист від птахів та гризунів за допомогою герметизації силосів.
- більша мобільність у проведенні операцій з оздоровлення зерна.
- висока надійність та тривалість зберігання, яку можна підвищити за допомогою спеціального термозахисту, що забезпечує стабільність температури у сховищі.

Вентильовані металеві або залізобетонні силоси є найефективнішими та найрентабельнішими для зберігання зерна, оскільки вони забезпечують захист від самозігрівання, що може спричинити псування зерна [1-4].

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Недоліки зберігання зерна в металевих силосах включають:

- висока теплопровідність стін і покрівлі може призводити до коливання температури всередині силоса і утворення конденсації вологи. Для збереження зерна з вологістю не більше 12-13% потрібно вентилювати силоси. Проте це може призводити до конденсації вологи на внутрішній поверхні силоса, що потім може зволожити зернову масу. Щоб цього уникнути, використовують термозахист та алюмінієвий склад на зовнішніх стінах.
- потреба у регулярному обслуговуванні через корозію металевих конструкцій, яка виникає від взаємодії з хімічними речовинами у зерновій масі та самим металом.
- збільшення горизонтального тиску на стінки силосу під час випуску зерна.
- велика висота падіння зерна, що може погіршити його якість, особливо для кукурудзи.

У кінцевому підсумку, вибір між типами зерносховищ залежить від конкретних потреб та умов. Проте, для злакових культур зазвичай надійніше будувати силоси, тоді як для олійних культур можуть підходити склади підлогового зберігання [1-4].

Довжина штабеля залежить від розмірів сховища та кількості зерна, ширина і довжина штабеля формуються відповідно до трьох-п'яти мішків, а висота визначається кількістю мішків, які ставляться один на одного, враховуючи культуру і сезон. Кожну партію зерна укладають окремо у штабель на дерев'яному настилі, що перебуває на відстані не менше 10 см від підлоги [1-4].

У тарі зазвичай зберігають протруєний насінний матеріал, елітне насіння та насіння першої репродукції, а також насіння з крихкою оболонкою (наприклад, арахіс), яке легко розсипається (наприклад, мак, тютюн), каліброване та протруєне насіння кукурудзи, а також насіння трав, овочевих, ефіроносних, дрібне та сипке насіння технічних та олійних культур.

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основним видом тари для зберігання зерна є мішки з твердих та грубих тканин (наприклад, джутові, полотняні), паперові мішки з підкладкою з тканини, крафт-мішки (для протруєного зерна) та інші [1-4].



Рисунок 1.4. – Рукава для зберігання зерна Harwell

Зерно є складною масою, яка включає в себе зерна основної культури, а також зерно та насіння інших рослин, органічні і мінеральні домішки, мікроорганізми, повітря у проміжках між зернами та шкідники. Наукові дослідження показують, що інтенсивність фізіологічних процесів, які підтримують життєздатність зерна, залежить від тих самих факторів: вологості зернової маси і вмісту води у навколишньому середовищі, температури зернової маси та навколишніх об'єктів, доступу повітря до зернової маси [1-4]. Ці умови впливають на життєдіяльність всіх живих складових зернової маси.

У практиці зберігання зерна в різних країнах використовують три основних режими:

Зберігання в сухому стані: зберігання зернових мас, які мають вологість нижче критичного рівня.

Зберігання в охоложеному стані: зернові маси зберігаються при зниженій температурі, яка пригнічує усі життєві функції їх складових.

Зберігання в герметичних умовах: зберігання зернових мас без доступу повітря, що дозволяє зберегти їхню якість та запобігти розвитку шкідників.

Режим зберігання зернових мас у сухому стані базується на зупинці фізіологічної активності багатьох компонентів зернової маси при відсутності води.

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Досягнення критичного вмісту води в зерні та насінні призводить лише до сповільнення дихання, що не має великого значення. Це основний метод зберігання зерна та насіння в усьому світі. Відсутність вільної води перешкоджає розвитку мікроорганізмів, кліщів та деяких комах [1-4]. Зернові маси всіх злакових і бобових культур з вологістю 12-14% перебувають у стані анабіозу. Підготовлені зернові маси можна зберігати безперервно у складах протягом 4-5 років.

Режим зберігання зернових мас в охолодженому стані ґрунтується на чутливості усіх живих компонентів до низьких температур - основного зерна, насіння дикорослих рослин, мікроорганізмів, кліщів і комах, які активність знижується або припиняється зовсім [1-4]. Правильне і вчасне охолодження зернової маси різного стану гарантує її повне збереження протягом усього періоду зберігання. Особливо важливе для тимчасового зберігання партій сирого і вологого зерна, яке неможливо швидко висушити; для таких партій охолодження є основним і практично єдиним методом збереження від псування.

Залежно від вологості та температури зернової маси існують обмеження щодо часу безпечного зберігання зерна різних культур без застосування додаткових методів обробки. Підвищена стійкість зернових мас, особливо з вологістю 17-19%, досягається при зниженні температури до 5-0°C. Дані підтверджують необхідність охолодження зерна з температури 25-30°C до 12-15°C в період збирання врожаю [2-4].

Режим зберігання зернових мас в герметичних умовах ґрунтується на відсутності кисню у міжзернових просторах зерна, що досягається шляхом ізоляції від атмосферного повітря або у спеціальному середовищі без кисню. Зерна основної культури і насіння сміттєвих рослин переходять до анаеробного дихання і поступово знижують свою життєдіяльність. Майже повністю припиняється життєдіяльність мікроорганізмів, а кліщі і комахи гинуть. При вологості від критичних і більше зберігання без доступу кисню дає позитивні результати, але в таких випадках спостерігається деяке зниження якості зерна, таке як втрата блиску, потемніння, виникнення спиртового і кислого запахів, зростання кислотного числа жиру, що впливає на його властивості для використання у пекарні або як корм.

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Однак цей режим не підходить для зберігання зерна та насіння, призначених для посіву, оскільки можлива часткова або повна втрата їхньої проросткової здатності.

Один із способів реалізації цього режиму – використання полімерних зернових рукавів, у яких відсутність кисню досягається природним накопиченням вуглекислого газу та втратою кисню в результаті дихання усіх живих компонентів. Це призводить до самоконсервації зерна [2-4]. Важливо, щоб у мішку-рукаві був мінімальний запас кисню, що досягається повним його завантаженням. На початковій стадії автоконсервації важливе зниження температури зерна до +15 °С і нижче, що призводить до припинення життєдіяльності мікроорганізмів, кліщів і комах. Тепле зерно тривалий час залишається теплим, а холодне - холодним, завдяки дуже низькій теплопровідності зернової маси.

Дотримуючись встановлених критеріїв, які подані в таблиці 1.1, важливо вести спостереження за температурою та вологістю зерна, оскільки ці показники є ключовими для забезпечення його якості та безпеки під час зберігання [3].

Таблиця 1.1. Терміни перевірки температури зерна

Стан зерна за вологістю	Свіжозібране зерно протягом трьох місяців з моменту приймання	Зерно, що зберігається при температурі		
		вище 10 ⁰ С	від 10 ⁰ С до 0 ⁰ С	від 0 ⁰ і нижче
Сухе і середньої сухості	1 раз у 5 днів	1 раз у 15 днів	1 раз у 15 днів	1 раз у 15 днів
Вологе	Щодня	1 раз у 2 дні	1 раз у 5 днів	1 раз у 15 днів
Сире	Щодня	–	–	–

Під час зберігання зерна та насіння проводять його повний технічний аналіз один раз на місяць за всіма показниками, визначеними в чинній нормативній документації на культуру. Аналіз здійснюється на основі середньої проби, відібраної з однорідної партії, і результати фіксуються у лабораторних журналах.

Аналізуючи ці дані, можна зробити висновок, що знання стану зерна і температури зберігання дозволяє оцінити орієнтований термін його зберігання. Відповідні відомості наведено в таблиці 1.2 [3].

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 1.2. Орієнтовний термін зберігання зерна пшениці, ячменю без зниження його якості, діб

Температура зерна, °С	Вологість зерна, %										
	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
<-5	*										
5	*				80-120	40-60	40-60	40-60	20-30	20-30	20-30
10	*			80-120	40-60	40-60	40-60	20-30	10-15	10-15	10-15
15	*		80-120	40-60	40-60	20-30	20-30	20-30	10-15	10-15	5-8
20	*	80-120	40-60	40-60	20-30	10-15	10-15	10-15	5-8	5-8	3-5
25	*	40-60	20-30	20-30	10-15	5-8	5-8	3-5	3-5	3-5	3-5

Примітка: * – термін зберігання необмежений

1.2. Аналіз технічних засобів, що використовуються для зберігання зерна

1.2.1. Машини для приймання зерна

При надходженні зерна на зберігання необхідно проводити обов'язкову перевірку якості. Це включає оцінку запаху, кольору, вологості, рівня забрудненості та зараженості. Для відбору проб з кузова автомобіля використовують механізовані пробовідбірники типу А-УПА-2 [2-4].

Операцію зважування зерна та продуктів його переробки проводять під час приймання, інвентаризації та переробки. Для цього використовують різні типи і конструкції ваг. Механічні ваги з нерівноплечими важелями включають платформові, елеваторні, автомобільні та вагонні. Автоматичні порційні ваги, що застосовуються на приймальних пунктах зерна, включають тип ДН. Ці ваги можуть мати різну ємність бункера (від 1,1 до 6,5 м³) і інтервал зважування від 0,25 до 4 т.

Для проведення навантажувально-розвантажувальних операцій у зерносховищах та на відкритих токах, а також для перелопачування та формування буртів з куп зерна, використовують різноманітні пристрої, такі як навантажувачі, ірімери, зернокидальпики та інші [3-5].

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Для вивантаження зерна з транспортних засобів використовують автомобільні розвантажувачі різних типів. У сільському господарстві для цих цілей добре підходить самохідний автомобільний розвантажувач У15-УРБ (рис. 1.5).

Вивантажувач У15-УРБ призначений для вивантаження через задній борт сипких вантажів з автомобілів і автотягачів з напівпричепами загальною масою не більше 20 т. Його можна використовувати на токах і відкритих майданчиках елеваторів. В робочому режимі автомобілі розвантажуються через задній борт нахилом платформи. У міру формування бунту його необхідно пересувати на нове місце, для цього висувають шасі і включають привід пересування [3-5].

Платформа вивантажувача шарнірно змонтована на опорному майданчику, який також шарнірно закріплений на рамі. В передній частині рами кріпляться опори з гідродомкратами підйому платформи, привід і система управління. На платформі є два майданчики, шарнірно закріплені в'їзди, а також страхуючий пристрій, до якого кріпиться буксир. Гідравлічна система працює в двох режимах розвантаження і пересування. Вивантажувач обслуговує один оператор.

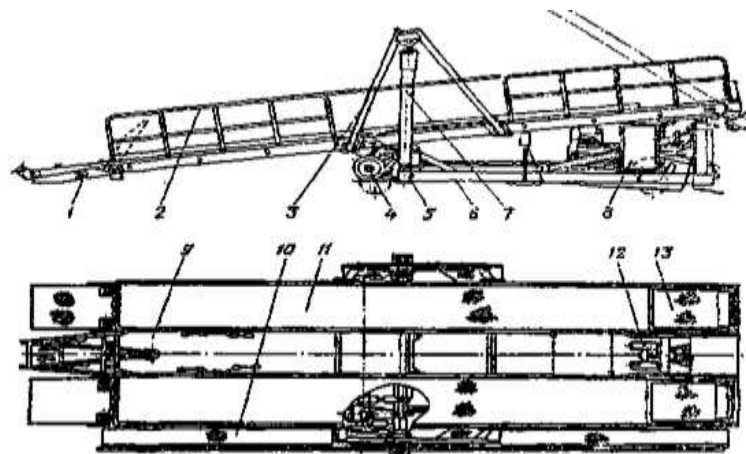


Рисунок 1.5. – Самохідний автомобілерозвантажувач У15-УРБ: 1 – забірник; 2 – поручень; 3 – стійка; 4 – привід; 5 – опора; 6 – рама; 7 – гідросистема; 8 – система керування; 9 – буксир; 10 – площадка для персоналу; 11 – платформа; 12 – підвіска; 13 – опорна платформа.

1.2.2. Машини для очищення зерна

Основними показниками, що визначають якість очищення та сортування, є чистота зерна (посівного матеріалу), питома маса, вирівняність зерна за розмірами,

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	19

схожість тощо. Раціональні розміри та добротність зерна встановлюють відповідно до агротехнічних вимог, базисних кондицій, державних стандартів на продовольче зерно і насіннєвий матеріал [3-5].

Очищене і відсортоване зерно призначене для помелу на сортове борошно повинно відповідати встановленим стандартам: вміст сміттевої домішки не повинен перевищувати 2 %, шкідливої домішки – не більше 0,2 %, в тому числі вміст голівні і спори твердої сажки окремо або разом не повинен перевищувати 0,05 %, а гірчака і в'язелю (окремо або разом) – 0,04 % від загальної норми 0,05 %; наявність триходесми інканум (сивої) не допускається; вміст зернової домішки - не більше 5 % в пшениці і 4 % в житі, в тому числі порослих зерен не більше 3 %; зерно повинно бути не заражене шкідниками; натурна вага зерна пшениці не повинна бути меншою 650 г/л, жита 600 г/л [3-5].

Сортова чистота насіннєвого матеріалу зернових культур I й II класу має становити 98...99 %, схожість – 90...95 % (для твердої пшениці II класу - не менше 8 %), кількість обрушеного насіння – 0,5... 1 %.

Зерноочисні машини мають бути пристосованими для доведення зерна і насіннєвого матеріалу різних сільськогосподарських культур до потрібних кондицій, легко переналагоджувались, бути зручними в експлуатації, відповідати агротехнічним вимогам і санітарним нормам.

Повітроочисні машини. Основна технологічна функція повітряних сепараторів – виділення із зернової суміші домішок, відмінних від зерна за аеродинамічними ознаками [3,4].

Принцип роботи полягає в зміні характеру руху часточок зернової суміші у повітряному потоці залежно від їх аеродинамічних властивостей.

Повітроочисні машини застосовують для очищення зернової маси від полови, пилу й інших домішок на токах післязбиральної обробки, в лініях вальцьових млинів, для відділення лузги з продуктів лушіння насіння соняшнику в олійному виробництві і плівчастих культур (проса, гречки, вівса ін.) на круп'яних заводах, а також для контролю крупи та відходів. Вони бувають конструктивним виконанням для роботи з механічним і пневматичним транспортом.

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За способом використання повітря їх поділяють на сепаратори з одноразовим і багаторазовим послідовним в часі продуванням зерна, з розімкнутим і зімкнутим потоками повітря. Для створення повітряного потоку застосовують в основному індивідуальні відцентрові вентилятори низького тиску до 1 кПа, середнього тиску 1...3 кПа і вентилятори пневмотранспорту [3,4].

У зернопереробних виробництвах застосовують зерноочисні колонки типу ОПС-2, сепаратори пневматичні СП-5, машини для попереднього очищення зернового матеріалу МПО-50, МІЮ-100, сепаратори А1-БВЗ, РЗ-БАБ, РЗ-БСД та ін.

Пневмоколонка (повітряний канал) – коробчатий канал з привареними в середині скатними полицями або без них. Полиці гальмують рух зерна в каналі за рахунок чого збільшується час його обробки повітряним потоком, застосовують канали зі всмоктувальним або напірним повітряними потоками, їх розташовують вертикально або похило. Повноцінне зерно має більшу критичну швидкість чим легкі домішки, потрапляючи в капали, рухається вертикально вниз до виходу вертикального каналу або по балістичній траєкторії в похилому каналі і падає ближче в лоток повноцінного зерна, а легка домішка (легке щупле зерно) відноситься вверх у патрубок вертикального каналу або в лоток для легкої фракції похилого каналу [4].

Силу тиску на зерно і швидкість повітряного потоку, при якій часточки суміші будуть виноситись повітряним потоком, залежать від критичних їх швидкостей і кута нахилу каналу до горизонту. Із збільшенням кута нахилу від 0 до 90° зростають витрати енергії на поділ зерна, тому вертикальні канали при всіх інших рівних умовах є більш енергоємнішими і їх доцільно застосовувати тільки для видалення легких домішок з невеликими критичними швидкостями.

Аспараційні канали є складовою частиною багатьох пневматичних сепараторів, зерноочисних машин та пневмотранспорту.

Ситовий сепаратор фірми "Совокрим", складається із рами і ситового корпусу, які з'єднані пружинами. Хитний рух ситовому корпусу задають два вібратори. У ситовому корпусі змонтовано два яруси сортувальних і підсівних сит.

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сита від забивання очищаються гумовими кульками. Для обмеження амплітуди коливань корпусу під час пуску і зупинки сепаратора служать амортизатори. Ситові рами встановлюються з торця машини і фіксуються гвинтами, кут нахилу сит – 7° [4,5].

Технологічний процес в сепараторі здійснюється таким чином. Зерно поступає в живильник, далі з похилих дошок поступає на сито верхнього ярусу, з якого сходом відділяється крупна домішка. Зерно проходить через сита поступає на підсвні сита другого ярусу. Очищене зерно виводиться сходом з підсвних сит і видаляється назовні через лоток з фартухом.

Очищення сит здійснюється гумовими кульками, які під час коливань грохота переміщуються по їх поверхні. Амплітуда коливань ситового корпусу регулюється в межах 3...6 мм за рахунок зміни розташування мас вібраторів відносно осі обертання. Частота коливань ситового корпусу- 75 рад/с.

Віброситові сепаратори типу БСХ випускаються Хорольським механічним заводом. Принцип дії його аналогічний сепаратору "Совокрим". Для рівномірного завантаження сит по ширині зроблено два приймальні патрубки. Сепаратор може бути укомплектовано пневмосепаруючим каналом [3-5]. Технічна характеристика сепараторів БСХ приведена в таблиці 1.3 [5].

Таблиця 1.3. Технічна характеристика сепараторів типу БСХ

Показники	Модель		
	БС	БС	БСХ-12
Продуктивність, т/год.			
- в елеваторному режимі	3	6	12
- в зерноочисному відділенні млина	12	25	40
Технологічна ефективність, % :			
- в елеваторному режимі	80	75	80
- в зерноочисному відділенні млина	20	20	20
Установлена потужність, кВт	0,7	0,7	1,10

Повітряноситові сепаратори. Це комбіновані сепаратори, які поділяють зернову суміш за двома ознаками - розмірами (шириною і товщиною) і швидкістю витання часточок. Робочими органами цих машин є сита і повітряні канали. Найпоширенішими сепараторами є сепаратори типу ЗСМ, А1-БИС і Р6-СВС.

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Повітряноситові сепаратори типу ЗСМ застосовують на підприємствах з механічним транспортом. Функціональна схема сепаратора типу ЗСМ зображена на рисунку 1.6. Сепаратор розділяє зернову суміш на ситах за товщиною і шириною компонентів та за їхніми аеродинамічними властивостями. Розділення виконується послідовно [3-5].

Спочатку зерно очищається від легкої домішки (пилу, полови) повітрям в аспіраційному каналі 5 (рис. 1.6) на виході з бункера 4 сепаратора. Потім зерно просіюється на ситах 3, 10-12, де видаляються крупні і дрібні домішки. Сита коливаються плоско-паралельно у вертикальній площині. Відсортоване зерно провіюється висхідним повітряним потоком в аспіраційному каналі 9 на виході із сепаратора.

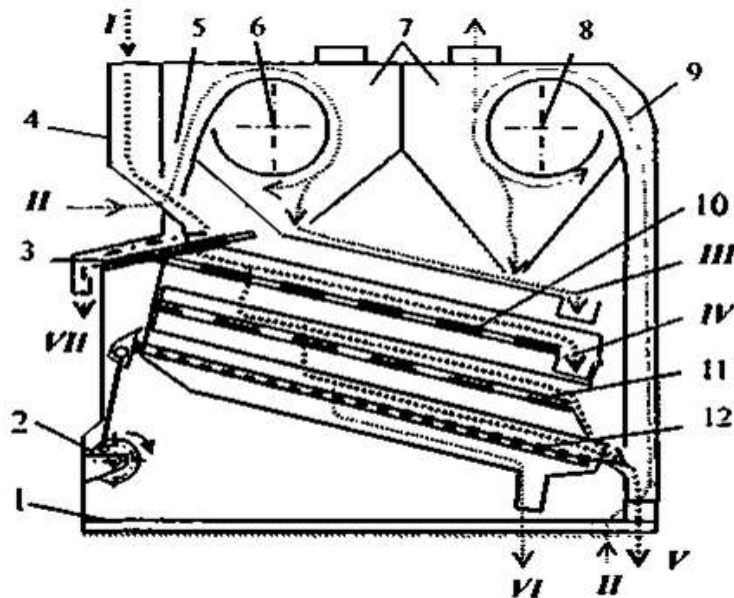


Рисунок 1.6. Схема повітряноситового сепаратора ЗСМ: 1 – корпус; 2 – привод; 3 – колосове сито; 4 – бункер; 5 – канал попереднього провіювання зерна; 6,8 – вентилятори; 7 – осадові камери; 9 – канал повтор-ногопровіювання зерна; 10,11 – сортувальні сита; 12 – підвісне сито.

Сепаратори А1-БИС застосовуються на елеваторах і млинах з пневмотранспортом. їх ситові корпуси роблять круговий поступальний рух у горизонтальній площині.

						Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ

Сита встановлені в два яруси один над іншим і утворюють просту технологічну схему: схід верхнього сита – велика домішка, схід нижнього сита зерно, а прохід дрібна домішка.

Очисно-сушильної машина КОС-0,5 призначена для очищення насіння зерна та інших дрібнонасінних культур різної засміченості і доведення його до вимог 1-го та 2-го класів використовують спеціальну насіннеочисну лінію КОС-0,5 (рис. 1.7).

Вона складається з двох частин: приймально-вентиляційної 1 та очисно-сушильної 2. Перша частини використовується для приймання і тимчасового зберігання зерна із застосуванням активного вентиляювання. Частини для вентиляювання зерна бувають двох типів: з бункерами для активного та для підлогового вентиляювання. У частині з бункерами для активного вентиляювання є стрічковий завантажувальний конвеєр, бункери БВ-12,5 з вібраційною розвантажувальною системою, норії, комплект зернопроводів, металева арматура та пульт керування [3-5].

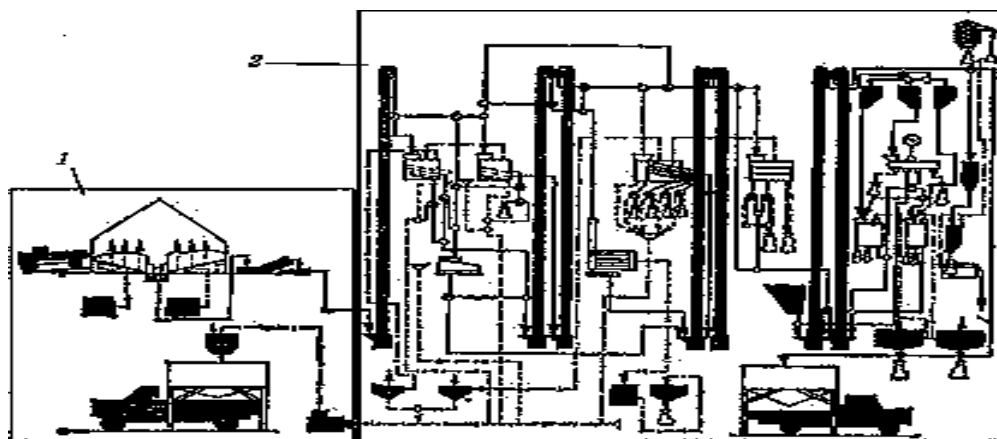


Рисунок 1.7. – Технологічна схема очисно-сушильної частини КОС-0,5: 1 — для приймання та вентиляювання зерна; 2 — очисно-сушильна частина

Сирий матеріал вивантажується на приймальний конвеєр, а з нього — на норію, яка подає зернову масу в один з вентиляюваних бункерів, де вона підсушується підігрітим повітрям [4,5].

З бункерів зернова маса надходить в очисно-сушильну частину.

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2.3.Машини для сушки зерна

Сушіння зерна проводять за допомогою пересувних і стаціонарних зерносушарок, повітропідігрівачів, вентиляторів-підігрівачів тощо [4-6].

Класифікація сушарок для зерна. Зерносушарки класифікують за способом підведення теплоти і взаємодії агента сушіння з зерном та іншими ознаками.

За способом підведення теплової енергії сушарки поділяють на наступні класи:

-з конвективним підведенням теплоти (тепло підводиться вентилятованим повітрям);

-з кондуктивним підведенням теплоти (теплота підводиться через поверхню контакту);

-з генерацією тепла в матеріалі (радіаційний спосіб сушіння -сонячна енергія, СВЧ, ультразвук і ін.);

-з комбінованим підведенням теплоти.

В залежності від характеру руху і щільності шару зерна, сушарки з конвективним підведенням теплоти поділяють на сушарки з щільним нерухомим, з щільним рухливим, з нещільним і з пневмозрідженим шаром зерна.

Шахтні сушарки. Застосовуються сушарки типу (ЗШ, СЗШ, ДСП, 83). Вони складаються з однієї або декількох вертикальних сушильних камер (шахт) прямокутного перетину, в яких зерно продувається агентом сушки [4-6]. Шахти виготовляють із залізобетонних або металевих панелей. Верхня частина шахти призначена для сушіння сирого зерна газоповітряною сумішшю з повітрям, а нижня - для охолодження підсушеного зерна атмосферним повітрям.

В шахті встановлені короби чотиригранної форми з відкритою нижньою стороною, які служать каналами для підведення до зернових шарів і відведення від них агента сушки (або повітря). В деяких сушарках біля стін шахти встановлюють напівкороби, які використовують тільки для відведення відпрацьованого агента сушки, щоб уникнути перегріву пограничного шару зерна біля стін шахти, який рухається більш повільно в порівнянні з внутрішніми шарами. Зерно, завантажене зверху в шахту, рухається в ній самопливом, заповнює весь простір між коробами,

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

під нижніми відкритими сторонами коробів воно обсипається під кутом природного укосу [4-6].

Внизу кожної шахти встановлюють випускний пристрій, за допомогою якого створюють підпір зерна і регулюють тривалість перебування його в шахті.

Функціональна схема одношахтної сушарки. Під час сушіння зернопродукти з живильного бункера самопливом рухаються зверху вниз шахтою, складеною з двох секцій. У короби подається газоповітряна суміш, яка рівномірно розподіляється в шарі зерна навколо кожного короба.

В результаті теплообміну, зернопродукти нагріваються і втрачають вологу, попадають в охолоджуючу камеру, де охолоджуються атмосферним повітрям. Відпрацьований сушильний агент відводиться відвідними коробами. Передбачено одноступінчасте і двоступінчасте сушіння.

При двоступінчастому сушінні у секцію сушильної шахти (перша ступінь) подають суміш повітря і димових газів невисокої температури, а в нижню секцію, в якій досушують продукти, підводять сушильний агент підвищеної температури. При одноступінчастому сушінні в обидві секції сушильної шахти підводять сушильний агент однакової температури [4-6]. Для поліпшення роботи шахтних сушарок застосовують рециркуляційні способи сушіння і комбіновані з попереднім підігріванням зерна.

Найпоширеніші зерносушарки СЗШ-8 і СЗШ-16, які відрізняються тільки продуктивністю. Сушарка СЗШ-16 має дві шахти розташовані на загальній станині на відстані 1 м одна від одної. В залежності від початкової вологості і призначення партії зерна, шахти включаються в роботу послідовно або паралельно. Кожна шахта складається з двох секцій, у яких встановлені чотиригранні короби. Агент сушіння попадає з топки в простір між шахтами, який служить дифузором.

Сушарка має топку металеві конструкції. Камера згоряння екранована, в неї вмонтовано фотодатчики, що забезпечують контроль процесом горіння.

Для контролю за рівнем зерна в шахті встановлені сигналізатори. Під час роботи шахти сушарки весь час мусять бути завантажені зерном, підсмоктування зовнішнього повітря в них не допускається. Якщо рівень насипу зерна в шахті буде

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нижче припустимого, то вмикається двигун впускного пристрою і на пульті загоряється сигнальна лампочка. Випуск зерна відбувається безупинно. На початку роботи з сушарки виходить недосушене зерно, тому воно вдруге подається в шахти для сушіння [4-6].

Сушарка шахтного типу Т-662 "Петкус" (Німеччина) продуктивністю до 2 т/год. застосовується в насінеочисних потокових лініях фірми "Петкус". Агентом сушіння в ній є атмосферне повітря, що нагрівається в топці-калорифері. Шахта складається із сушильної й охолоджувальної камер.

Топка розташована в передній частині машини, складається з корпусу, форсунки, вентиляторів першої та другої зон сушіння, вентилятора зони охолодження, паливної системи, насоса високого тиску, електророзпалювача.

Сушильний блок агрегату складається з двох шахт із повітророз-подільчим пристроєм, двох ківшових транспортерів, двох випускних механізмів, трьох гвинтових транспортерів і бункера сирого зерна.

Камерні сушарки. Це стаціонарні найпростіші за конструкцією сушарки. Їх монтують під дахом з подвійною підлогою: верхня підлога – повітророзподільні ґрати, а нижня – суцільна асфальтова. В простір між підлогами подають сушильний агент. Просвіти між підлогами роблять на різній відстані для рівномірного напору агента сушіння у всіх ділянках [5].

Оптимальний розмір робочої поверхні камери 40-60 м², що дозволяє одночасно завантажувати 20-30 т зерна шаром 0,5-0,6 м, максимум 0,7-0,8 м [14].

Для потокового сушіння (при надходженні 20-30 т за добу) рекомендується влаштувати дві двокамерні сушарки, що дозволяє вести одночасно сушіння в двох камерах.

При цьому одна камера знаходиться під завантаженням і одна - під розвантаженням. Оптимальний розмір сушильних камер 50 м³, вони розділені перегородкою висотою по борту 1 м.

Сушарки для сушіння зернопродуктів в псевдокиплячому стані. В шахтних, барабанних, камерних сушарках та в бункерах з активним вентиляванням не вдається забезпечити однакові умови сушіння в робочому просторі сушарок, так як

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

щільність і аеродинамічний опір шарів доволі високі і неоднакові в робочій зоні [5]. Це призводить до нерівномірного розподілу вологості у висушеній партії продукту, перевитрат енергії, небажаних змін якості особливо насіння олійних культур, що негативно позначається під час зберігання і переробки.

Створення в сушарках під час роботи розрідженого (псевдокиплячого) режиму руху продукту, інтенсифікує процес конвективного сушіння за рахунок значного збільшення активної поверхні і зменшення аеродинамічного опору шарів, при цьому зменшуються питомі витрати енергії. Тому технологія сушіння продуктів в псевдокиплячому шарі є перспективною. Для сушіння зернопродуктів в псевдокиплячому шарі застосовують ротаційні і вібраційні аеросушарки [4-6].

1.3.Зберігання зерна

Щоб забезпечити оптимальними режимами зберігання, захистити зернові маси від небажаних впливів навколишнього середовища, виключити невиправдані втрати їхньої маси і якості, зберігання зерна мусить бути організоване в спеціальних сховищах [5-7].

Зерносховища (для посівного матеріалу – насіннесховища) споруджують обов'язково з обліком фізичних і фізіологічних властивостей зернової маси. Крім того, до сховищ пред'являють багато вимог: технічних, технологічних, експлуатаційних і економічних.

В залежності від цього сховища будують з різних будівельних матеріалів: дерева, каменю, цегли, залізобетону, металу тощо. їх вибір залежить від місцевих умов, цільового призначення зерносховищ, тривалості зберігання зерна й економічних міркувань.

У зерносховищах, побудованих з каменю, цегли, залізобетону, внаслідок малої теплопровідності цих матеріалів, температура різко не змінюється при зміні температури зовні [6]. Зерносховище повинне бути досить міцним і стійким, тобто витримувати тиск зернової маси на підлогу й стіни, тиск вітру тощо. Воно мусить також захищати зернову масу від несприятливих атмосферних впливів і ґрунтових вод.

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крівлю, вікна і двері улаштовують так, щоб виключити можливість проникнення атмосферних опадів у середину, а стіни й підлогу ізолюють від проникнення через них ґрунтових і поверхневих вод. У правильно спорудженому зерносховищі при його нормальній експлуатації в більшості зон країни вологість повітря в ньому легко підтримується в межах 60...75 % протягом майже всього року.

Зерносховища повинні забезпечувати надійність захисту зернових мас від гризунів і птахів, а також від комах-шкідників і кліщів, бути зручними для знезаражування (дезінсекції) і видалення пилу [5-7].

Силоси споруджують з монолітного або збірного залізобетону. Вони бувають циліндричними або прямокутними.

В основному зерносховища мають вигляд конуса, що розміщений на фундаменті (рис. 1.8).



Рисунок 1.8. – Металеві зерносховища

Існують два основних способи розміщення зерна в сховищах: підлогове і силосне. При підлоговому розміщенні, зерно зберігають насипом в засіках або в тарі на підлозі при невеликій висоті шару (5,0...5,5 м). При силосному розміщенні висота зернової маси може досягати 30...40 м. У підлогового і силосного способів зберігання є свої переваги і недоліки [5-7]

1.4. Транспортування зерна

Норія – це пристрій, що використовується для підняття рідини чи сипучих матеріалів. Спочатку вона була використана стародавніми персами та єгиптянами

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для іригаційних потреб. Сучасні елеватори широко використовують принцип норії (рис. 1.9), також відомий як ковшовий елеватор.

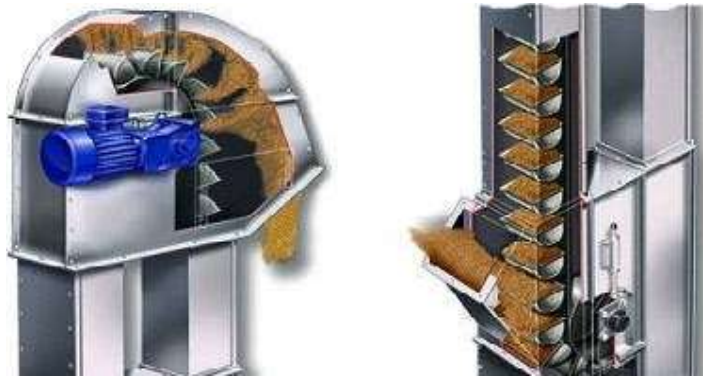


Рисунок 1.9. – Норія

Це вертикальний конвеєр з ковшами, які переміщуються, піднімаючи сипучий вантаж. Внизу вантаж захоплюється ковшами, піднімається вертикально та висипається у верхній частині. Потім ковші повертаються вниз, готуючись до наступного циклу. Максимальна висота підняття вантажу становить не більше 60 метрів [5-7].

Ковшовий елеватор – це замкнутий пристрій із тяговим органом, що складається з привідного та натяжного барабанів, а також ковшів. Він має сталевий кожух з завантажувальним та розвантажувальним патрубками.

Електродвигун, редуктор, муфти та остановка відповідають за привід. Швидкість руху може досягати 1 м/с для тихохідних та до 4 м/с для швидкохідних елеваторів. Подача вантажу від 5 до 500 м³/год, а максимальна висота підйому не перевищує 60 метрів [5-7].

Основні параметри елеватора включають ширину, висоту, виліт ковшів, корисну місткість та відстань між ковшами. Застосовуються різні конструкції ковшів і тягових органів в залежності від типу елеватора. Колискові елеватори відрізняються способом кріплення робочого органу, що забезпечує горизонтальне положення днища.

Для транспортування сипучих вантажів також використовуються гвинтові компресори, які призначені для подачі чистого повітря у пневматичну систему. Вони використовуються для перенесення зерна, продуктів його розмелу та інших

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сипучих матеріалів, а також для інших потреб, де необхідно велика витрата повітря при низькому тиску [5-7].

Ці компресори мають спеціальні глушники на рамі і призначені для роботи в стаціонарних умовах при різних температурах навколишнього повітря. Компресори з глушниками придатні для температур від -10 до +35 °С, тоді як компресори на рамі можуть експлуатуватися при температурах від -40 до +40 °С і використовуються, наприклад, на автоборошновозах.

Вони застосовуються на заводах хлібопродуктів, млинах, елеваторах, комбікормових заводах і на інших підприємствах, де потрібна велика продуктивність повітря при низькому тиску. Крім цього, вони використовуються для продування фільтрів-циклонів і у вибухонебезпечних приміщеннях з небезпечною концентрацією пилу.

Зернова помпа - це комплексна система, яка об'єднує процеси завантаження, транспортування, заповнення та розвантаження зерна у єдину, економічну та легкоексплуатовану систему [6,7]. Вона призначена для дбайливого та ефективного переміщення великих обсягів зерна через всю систему. Конструкція замкнутої закільцьованої системи дозволяє контролювати напрямок потоку зерна шляхом відкриття або закриття розвантажувальних засувок, управління якими здійснюється з землі.

Зернова помпа забезпечує економічний спосіб переміщення великих обсягів зерна з високою ефективністю. Вона має дуже довгий термін служби порівняно з іншими системами, такими як шнеки або пневматичні системи. Системи з трубою діаметром 12 дюймів можуть обслуговувати великі обсяги зерна при цьому зменшуючи протяжність і висоту [6,7].

Зернова помпа може бути встановлена на нові або існуючі силоси для сушіння або зберігання зерна, і систему можна розширити після початкової установки. Вона складається з ланцюгів, скребків і кутових/з'єднувальних елементів, і може бути розташована під кутом, щоб забезпечити місце для традиційних фронтальних розвантажувачів. Компанії випускають вежі для

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зернових pomp на 2 і 4 опорах, які забезпечують надійну підтримку для системи зернових pomp між зерновими силосами [6-8].

Стрічковий конвеєр – це пристрій безперервної дії, який використовується для переміщення насипних або штучних вантажів і має робочий орган у вигляді стрічки. Цей тип транспортної машини є найбільш поширеним і застосовується на промислових виробництвах, у рудниках і шахтах, а також у сільському господарстві.

Кут нахилу робочої сторони стрічки може змінюватися до 90° в залежності від властивостей та природи переміщуваного вантажу. Часто конвеєрна стрічка є складовою частиною іншого транспортного пристрою, наприклад, зернопогрузчика, який використовується для збору зернової маси та її транспортування на кузов вантажного автомобіля через норію та стрічковий конвеєр [6-8].



Рисунок 1.10. – Стрічковий конвеєр

Стрічкові конвеєри можуть бути пересувними, переносними, поворотними та стаціонарними. Стаціонарні машини використовуються для переміщення великих обсягів матеріалів на відстань від 3 до 300 метрів, тоді як пересувні та переносні машини використовуються для переміщення менших обсягів на відстань від 2 до 20 метрів [6-8]. У практиці часто застосовують послідовно розташовані конвеєри для переміщення матеріалів на великі відстані.

Види стрічкових конвеєрів: за типом траси:

- Горизонтальні стрічкові конвеєри
- Похилі стрічкові конвеєри

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Крутопохилі стрічкові конвеєра

З кутом нахилу:

- Z-образні стрічкові конвеєри
- L-образні стрічкові конвеєри
- V-подібні стрічкові конвеєри

За типом несучої поверхні:

- З прямої гладкою поверхнею стрічки
- Жолоби стрічкові конвеєри і транспортери
- З перегородками (поперечиною) на стрічці
- З гофробортами (бортиками) на стрічці
- З модульної стрічкою модульні конвеєри

Стрічкові конвеєри складаються з основних вузлів:

- Приводний барабан, привід конвеєра (мотор-редуктор), натяжна барабан, вузол натягу, що несе стрічкова частина, опорні і підтримувальні ролики або підтримує листовий стіл і, власне, рама конвеєра виготовлена з звареного металопрокату.

- Ланцюговий конвеєр - транспортний пристрій безперервної дії, в якому переміщення насипних вантажів здійснюється по нерухомому жолобу - рештак за допомогою скребків, закріплених на одній або декількох тягових ланцюгах і занурених у шар насипного вантажу

По виду приводу:

- ланцюговий конвеєри з електричним приводом
- ланцюговий конвеєри з пневматичним приводом
- ланцюговий конвеєри з гідравлічним приводом

Способом переміщення конструкції:

- переносні ланцюгові конвеєри
- пересувні ланцюгові конвеєри

Шнек, або гвинтовий конвеєр (рис. 1.11), це пристрій зі суцільною гвинтовою поверхнею, який використовується для переміщення вантажу вздовж своєї осі всередині труби [6-8]. Він призначений для транспортування сипучих,

						ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
							33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

дрібнокускових, пилоподібних та порошкоподібних матеріалів. Сучасні гвинтові конвеєри мають свої коріння у водопідйомній машині, яку винайшов Архімед у 3 столітті до нашої ери і яка стала відома як Архимедів гвинт.

Шнеки використовуються у виробництві будівельних матеріалів, комбікормів, муки та в хімічній промисловості для переміщення матеріалів в горизонтальних, вертикальних та нахилених напрямках на відстань до 40 м по горизонталі та до 30 м по вертикалі. Вони мають просте технічне обслуговування, компактну конструкцію, герметичність та зручність у використанні для проміжного розвантаження [7-9].



Рисунок 1.11. – Шнек, або гвинтовий конвеєр

Однак вони також мають недоліки, такі як стирання та подрібнення вантажу, висока витрата енергії та знос жолоба та гвинта. Шнеки використовуються для подачі або змішування насипних і рідких компонентів і можуть мати різну частоту обертання в залежності від властивостей компонентів [6,8,9]. Вони також є основним робочим органом макаронних пресів, пресів для вичавлювання соку та олії, а також пресів-грануляторів.

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ. 2. ВИРОБНИЧИЙ ПРОЦЕС

2.1. Процес транспортування зерна

Первинна обробка і транспортування зерна мають ключове значення для зернозаготівлі. Проте, часто недооцінюється важливість ефективного транспортування зерна, що гарантує безпеку його якості та уникнення втрат під час перевезення [8-10]. Оскільки зберігання може тривати довго, а зерно є вкрай чутливим продуктом, необхідно дбати про його правильне транспортування. Крім того, покупці зерна постійно підвищують стандарти і встановлюють нові вимоги.

Таким чином, важливо ставитися до транспортування зерна з великою увагою та відповідальністю. Для цього використання спеціального обладнання для транспортування зерна є вирішальним. Основне завдання такого обладнання - забезпечення якісного та продуктивного перевезення зерна, а також спрощення процесу його переміщення.

Процес транспортування зерна може бути складним і тривалим, особливо коли обсяги великі, а обладнання застаріле і зношене. В таких умовах час, витрачений на весь процес, стає критичним. Для будь-якого підприємства така ситуація може мати катастрофічні наслідки [8-10]. Постійне підвищення продуктивності і полегшення процесу транспортування зерна є важливим завданням. Тільки в такий спосіб можна досягти високої ефективності використання обладнання. Застосування сучасного та якісного зернотранспортного обладнання дозволяє аграріям зменшити витрати на зберігання, при цьому зерно не втрачає своєї якості.

Низька якість зерна часто виникає через його пошкодження під час операцій навантаження та розвантаження, особливо при завантаженні до зерносклади. Зараз проблема післязбиральної обробки зерна є особливо актуальною. Дослідження показують, що кожні 10% травмованого насіння озимої пшениці може знизити урожайність на 1 – 2,5 ц/га, а також що високий рівень травмування насіння призводить до ще більших втрат врожайності [9-11].

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сьогодні на ринку існує різноманітні технічні засоби для транспортування зерна, включаючи мобільні та стаціонарні перевантажувачі різних типів, видів та моделей. Давайте розглянемо основні транспортні засоби, які найчастіше використовуються різними підприємствами для зберігання та переробки зерна.

2.2. Робота стрічкового конвеєра

Серед усіх пристроїв для безперервного переміщення матеріалів, стрічкові конвеєри є найпоширенішими (рис. 2.1).

Стрічкові конвеєри можуть бути стаціонарними, що функціонують постійно на одному місці, або пересувними, які переміщуються для виконання завдань з одного місця на інше [9-11].

Ці конвеєри можуть використовуватися для переміщення матеріалів як в горизонтальному, так і в похилому напрямку, з кутом підйому, що не перевищує $2/3$ кута природного укосу матеріалу в русі.

Стрічковий конвеєр складається зі станини з двома кінцевими барабанами: приводним і натяжним, які огинаються нескінченною стрічкою. Верхня гілка стрічки переміщує матеріал під час свого руху. Роликові опори підтримують верхню (несучу) гілку стрічки, тоді як роликові опори - нижню (парубком). Відхиляючий барабан збільшує кут обхвату приводного барабана стрічкою [10-12].



Рисунок 2.1. – Прямий стрічковий конвеєр

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стрічковий конвеєр обладнаний завантажувальною та розвантажувальною воронками, натягачем і направляючими барабанами, розташованими у місцях, де стрічка змінює напрямок руху (рис.2.2).

Максимальний кут нахилу конвеєра зі звичайною гумовою стрічкою при транспортуванні будівельних матеріалів становить приблизно 22-25°. Збільшення кута підйому стрічкових конвеєрів досягається за допомогою стрічок з ребрами, жолобчастих стрічок або використанням додаткового конвеєра для транспортування на похилій ділянці [10-12].

Найчастіше використовуються конвеєри з шириною стрічки від 400 до 2000 мм і швидкістю руху стрічки від 0,8 до 5 м/с. Наприклад, конвеєр із стрічкою шириною 400 мм і швидкістю 1 м/с може мати продуктивність до 25 м³/год, а при стрічці шириною 650 мм і швидкості 2 м/с - до 200 м³/год.

Найпоширенішим типом стрічок для стрічкових конвеєрів є прогумована стрічка, складена з кількох шарів міцної тканини (прокладок), які з'єднані між собою вулканізованою гумою. Міцність стрічки залежить від її ширини і кількості прокладок [10].

Найефективнішим методом з'єднання кінців прогумованих стрічок є склеювання гумовим клеєм з подальшою вулканізацією. При такому методі з'єднання ділянка стрічки у стику не відрізняється по гнучкості від решти стрічки і добре проходить по барабанах і роликах без зайвих опорів і ударів.

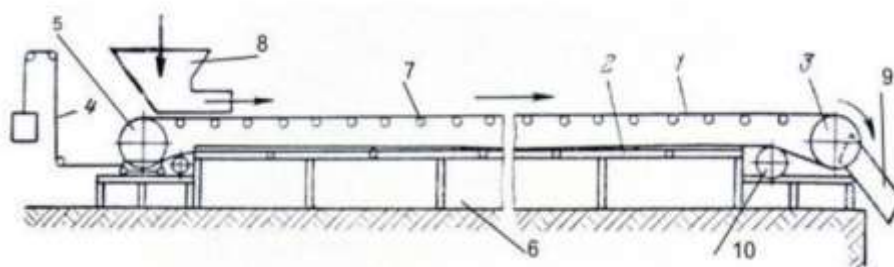


Рисунок 2.2. – Схема стрічкового конвейера: 1 – стрічка конвейера, 2 – роликовий стан, 3 – приводний барабан, 4 – натяжний пристрій, 5 – натяжний барабан, 6 – конвеєрний стан, 7 – ролики з ро-ликооперами робочої гілки, 8 – завантажувальний пристрій, 9 – розвантажувальний пристрій, 10 – відхиляючий барабан.

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У конвеєрах великої довжини використовують прогумовану стрічку, яка армована сталевими гнучкими тросами діаметром 3-4 мм.

Така стрічка має значно вищу міцність порівняно зі звичайною і залежить від кількості тросів у стрічці та їхніх характеристик.

Також для цих цілей застосовують сталеві стрічки холодної прокатки товщиною 0,6-1 мм і шириною 500-600 мм [10-12].

Гілки стрічкового конвеєра, що несуть навантаження, підтримуються роликівими опорами, розміщеними на відстані від 800 до 1400 мм одна від одної, залежно від ваги навантаження. Занадто велика відстань між опорами призводить до провисання гілки стрічки і збільшує опір її переміщенню.

Відстань між опорами на ненавантаженій гілці може бути вдвічі більшою, ніж на навантаженій. Для підвищення ємності верхньої навантаженої гілки стрічці надають жолобчасту форму, розміщуючи її на трьох-роликівих опорах, кожна з яких складається з середнього горизонтального і двох бічних роликів, розташованих під кутом 15-20° [10-12].

Загальний вигляд похилого стрічкового конвейєра і його основних вузлів представлено на рисунку 2.3.

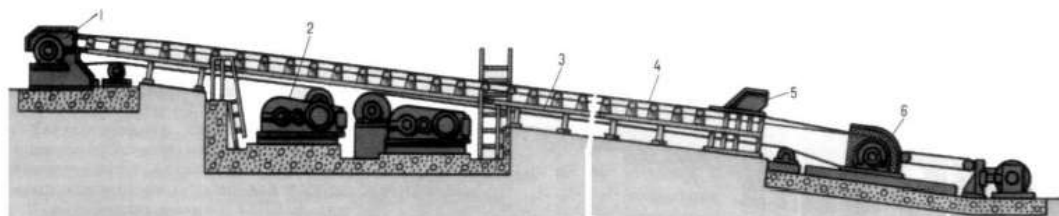


Рисунок 2.3. – Схема функціонування похилого стрічкового конвейєра:

1 – розвантажувальний пристрій; 2 – привод; 4 – стрічка; 5 – завантажувальний пристрій.

Діаметр роликів обирається таким чином, щоб при встановленій швидкості стрічки їхня кількість обертів не перевищувала 300 в 1 хвилину.

Привід конвеєра складається з барабана, що приводиться в рух електродвигуном за допомогою зубчастого редуктора (рис. 2.4).

						Арк.
					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Привід конвеєра відповідає за передачу тягового зусилля стрічці. Він складається з приводних, розвантажувальних, відхиляючих барабанів і силових агрегатів. Ці елементи, змонтовані на несучій конструкції, утворюють приводну станцію [11]. Широке застосування в приводах знайшли пускозапобіжні гідромумфти. Вони встановлюються між валом електродвигуна і вхідним валом редуктора, щоб забезпечити плавний запуск і запобігти недопустимим перевантаженням привода стрічкового конвеєра.

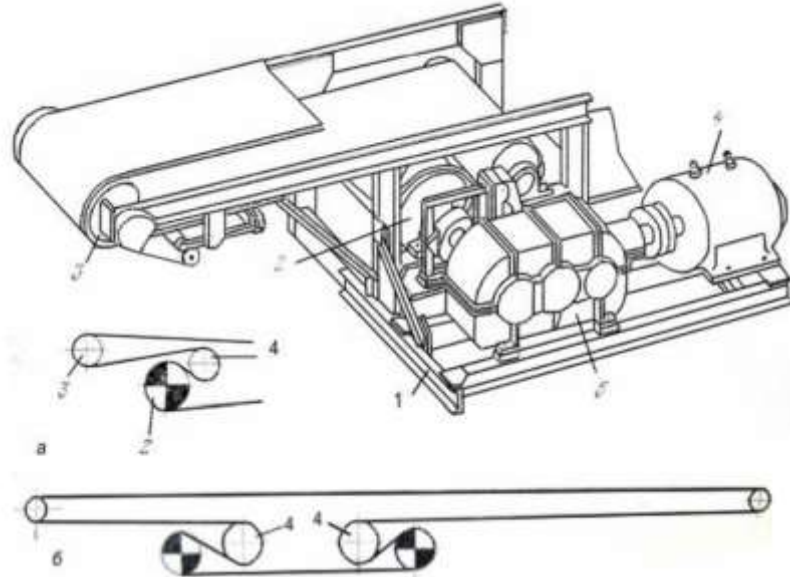


Рисунок 2.4. Конструкція та схеми приводу стрічкових конвеєрів: а) – з одним приводним барабаном; б) – з двома приводними барабанами. 1 - рама, 2 - приводний барабан, 3 - розвантажувальний барабан, 4 - електродвигун, 5 - редуктор, 4 – відхиляючий барабан, 6 – електродвигун, 7 – натяжний барабан.

Станція приводу стрічкового конвеєра (рис. 2.4) складається з таких компонентів, як основна рама 1, приводний барабан 2, розвантажувальний барабан 3, електродвигун 4, редуктор 5 і відхиляючий барабан 6.

Приводні барабани використовуються для передачі тягового зусилля від барабана до стрічки за допомогою фрикційного зчеплення. Діаметр приводного барабана залежить від довжини конвеєра, кількості прокладок у стрічці та типу тканини. Ширина барабана зазвичай перевищує ширину стрічки на 150-200 мм [12-14].

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Різні конструкції стрічкових конвеєрів можуть мати від одного до трьох приводних барабанів, залежно від їх довжини, продуктивності та кута нахилу. Величина передачі тягового зусилля на стрічку шляхом огинання барабанів залежить від натягу стрічки, коефіцієнта тертя, схеми та кута обхвату барабанів стрічкою [12]. Для максимальної передачі тягового зусилля збільшують кут обхвату приводного барабана стрічкою за допомогою відхиляючих барабанів (рис. 2.5). Чим більше натяг, кут обхвату та коефіцієнт тертя, тим більше зусилля передається стрічці конвеєра.

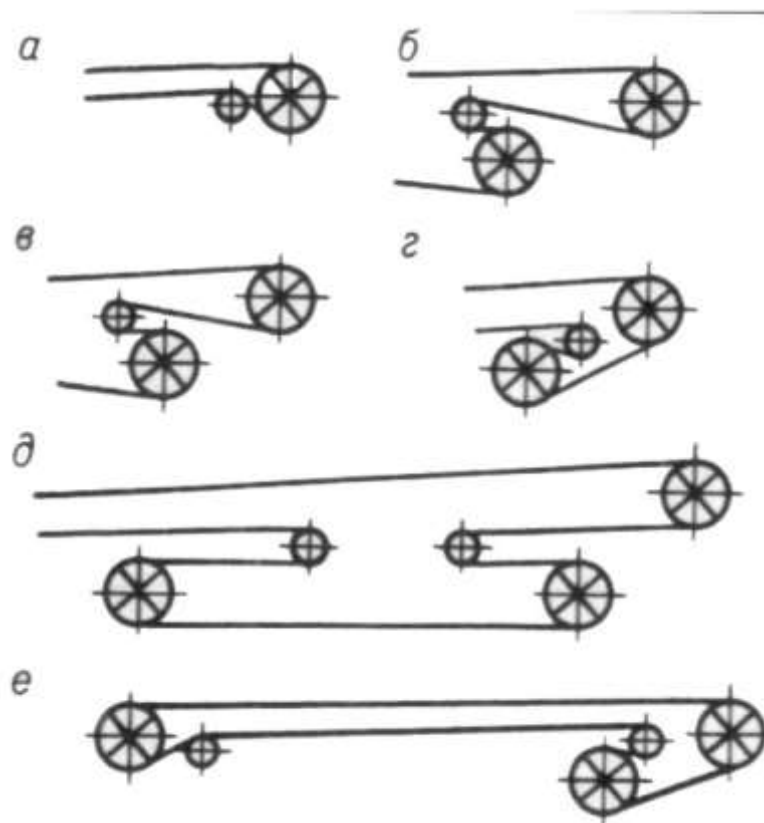


Рисунок 2.5. – Схеми передачі тягового зусилля від приводних барабанів до стрічки: а і б – однобарабанна, в і г – двобарабанна, д – трибарабанна, е – двобарабанна в головній і однобарабанна в хвостовій частинах, 1 – приводний барабан, 2 – відхиляючий барабан.

Для досягнення потрібного натягу стрічки використовують гвинтові пристрої або натяжні барабани з вантажами. Гвинти періодично підтягуються по мірі витягу стрічки та ослаблення її натягу [12,13]. Натяжні пристрої з вантажами забезпечують стале та рівномірне натягнення стрічки.

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для очищення стрічки від прилиплих мокрих або в'язких матеріалів під розвантажувальним барабаном встановлюють скребки або щітки.

Натяжний пристрій у стрічковому конвеєрі необхідний для досягнення оптимального натягу стрічки та запобігання пробуксовування приводних барабанів. Він також обмежує провисання стрічки між роликівими опорами і компенсує її видовження протягом роботи [12-14].

Основними параметрами натяжних пристроїв є рівень натягу стрічки, швидкість переміщення натяжного барабану і довжина його ходу. Цей хід компенсує видовження стрічки, що виникає під час її експлуатації, і надає можливість скоротити стрічку у разі обриву під час роботи [12-16].

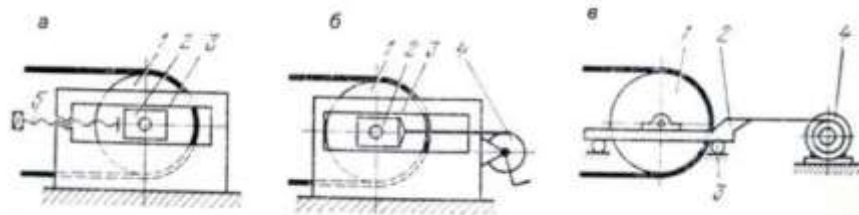


Рисунок 2.6. – Натяжні пристрої стрічкового конвеєру

У коротких конвеєрах, що мають довжину до 80 метрів, натяжний барабан (позначений як 1 на рисунку 2.6, а та б) ковзає вздовж направляючих (позначених як 3) за допомогою корпусів підшипників (позначених як 2) на його валу, що приводиться в рух лебідкою (позначеною як 4) з ручним приводом або гвинтом (позначеним як 5) [13,14]. На довгих стаціонарних або напівстаціонарних конвеєрах, довжина яких перевищує 100 метрів, натяжний барабан (позначений як 1 на рисунку 2.6, в) твердо закріплений на візку (позначеному як 2), який переміщується по рейках (позначених як 3) за допомогою електричної лебідки (позначеної як 4). Управління цією лебідкою автоматизується за допомогою встановлення датчика контролю навантаження стрічки.

Матеріал з конвеєра розвантажується в приймальний лоток з кінцевого барабана або в будь-якому місці стрічки за допомогою спеціальних пристроїв, які розвантажують у вигляді плужкових скидачів або візків. Плужкові скидачі можуть

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розвантажувати весь матеріал або його частину на одну або обидві сторони від стрічки [14-16].

Стрічковий конвеєр дозволяє проводити завантаження матеріалу в будь-якому місці. Для цього використовуються різноманітні конструкції завантажувальних пристроїв, які мають за мету рівномірно розподіляти та завантажувати матеріал на стрічку по всій її ширині без просипів та втрат [14,15].

Очисні пристрої призначені для видалення налипаючого вантажу зі стрічки. Вони представлені у вигляді шкребків, які армовані резиною і монтується на нижній гілці стрічки поблизу приводного механізму так, щоб вони могли прилягати до поверхні стрічки, не завдаючи їй пошкоджень. Плужкові скидачі використовуються для транспортування неабразивних матеріалів зі швидкістю до 1,5 м/с. Також застосовуються циліндричні капронові щітки, які обертаються в протилежному напрямку до руху стрічки, що забезпечується власним приводом або барабаном конвеєра [14-15].

Продуктивність стрічкового конвеєра розраховується за формулою [16]:

$$Q_k = 60 S_{pp} \cdot V_s \cdot \gamma \cdot K_1 \cdot K_2, \text{ т/хв} \quad (2.1)$$

де: S_{pp} – площа поперечного перерізу вантажу на стрічці;

V_s – швидкість руху полотна стрічки, м/с;

K_1 — коефіцієнт, який залежить від кута установки конвеєра, $K_1 = 1$, при кутах до 6 град, $K_1 = 0,95$ при кутах від 6 до 18 градусів;

K_2 — коефіцієнт, який враховує умови експлуатації; $K_2 = 1.0$, для стаціонарних установок, $K_2 = 0,90$ – для напівстаціонарних установок.

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТИВНА РОЗРОБКА ПРИСТОСУВАННЯ

3.1. Обґрунтування технологічної схеми вивантаження зерна

Виходячи із аналізу технічних засобів розвитку вивантаження зерна, постала проблема ефективного вивантаження зерна з зерносховища [16,17]. З цією метою, на основі проведеного інформаційно-патентного пошуку розроблена вдосконалена схема вивантаження зерна, яка представлена на рисунку 3.1.

Розроблена схема передбачає три маршрути вивантаження зерна з зерносховища:

1) зерно подається на норію завантаження 1, по транспортеру завантаження зерна 2, воно потрапляє в силоси (для зберігання) 3, через стрічкові транспортери подачі зерна в норію 11, зерно потрапляє в норію завантаження зерна 12.

Далі через норію вивантаження зерна по транспортеру вивантаження зерна 4, воно потрапляє на повітряно – ситові сепаратори 5 і трієрний блок 6, далі по траспортеру очищеного зерна 9, зернова маса слідує в норію вивантаження зерна 7, а вже через транспортер подачі 8- зерно потрапляє в накопичувальний бункер 14, а далі на автомобільні ваги 16;

2) другий варіант є майже аналогічним першому, головна відмінність полягає в тому, що від зерна залишаються відходи, які йдуть на транспортери подачі відходів 13.

Далі відходи потрапляють на норію завантаження відходами 15 та потрапляють в накопичувальний бункер 14; остання схема полягає в тому, що як відходи так і очищене зерно, обидва потрапляють в накопичувальні бункери 14, звідти на автомобільні ваги 16.

Ці процеси проілюстровано на рисунку 3.1., з малюнку яскраво видно, що всі процеси автоматизовані, а сам процес вивантаження зерна є більш легшим, ніж перед цим.

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

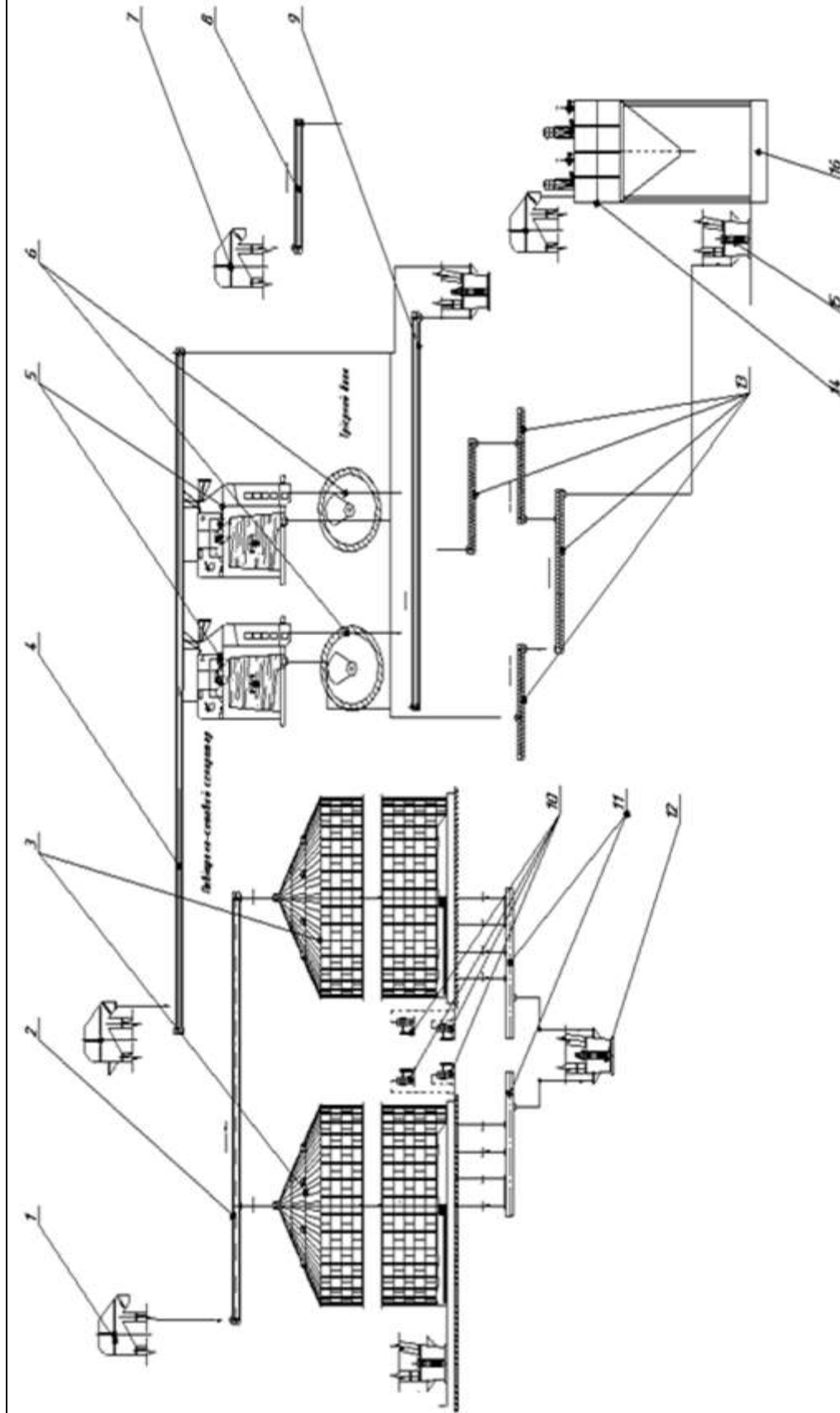


Рисунок 3.1. – Розроблена вдосконалена схема вивантаження зерна: 1 – норія завантаження зерна; 2 – транспортер завантаження зерна в силос; 3 – силоси для зберігання зерна; 4 – транспортер вивантаження зерна; 5 – повітряно-ситовий сепаратор; 6 – трієрний блок; 7 – норія вивантаження зерна в накопичувальний бункер; 8 – транспортер подачі зерна в накопичувальний бункер; 9 – транспортер очищеного зерна; 10 – обладнання активного вентиляційного вентилування зерна; 11 – транспортер подачі зерна в норію; 12 – норія вивантаження зерна; 13 – транспортер подачі відходів; 14 – накопичувальний бункер; 15 – норія завантаження відходами; 16 – автомобільні ваги.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ

Арк.

44

3.2. Розрахунок стрічкового конвеєра

3.2.1. Розробка конструкції стрічкового конвеєра

Стрічковий конвеєр має станину, на яку встановлено два барабани: передній – привідний і задній – натяжний. Вертикально замкнута стрічка йде по всій довжині і підтримується опорними роликами – верхніми і нижніми, закріпленними на станині. Привідний барабан обертається від приводу і приводить в дію стрічку по всій довжині конвеєра [16-18, 20-24].

Вантаж вивантажується на передній барабан через завантажувальний отвір чи проміжні пункти конвеєра за допомогою розвантажувальних пристроїв. Зовнішня поверхня стрічки очищається від прилипших до неї частин вантажу очистним пристроєм, встановленим у передньому барабані.

Вантажонесучим і тяговим елементом на стрічковому конвеєрі служить прорезиненна стрічка. По типу тягового каркасу розрізняють резинотканеві і резинотросові стрічки. У резинотканевих стрічках, параметри регламентованні ГОСТ 20 – 76, тяговим каркасом слугують прокладки из лавсана ТЛ – 200[1].

Тканинна прокладка складається з поздовшніх ниток основи і поперечних ниток. Каркас стрічки виготовляють з натуральних, синтетичних чи комбінованих волокон.

Для опори стрічки на ділянці між кінцевими барабанами встановлюють роликоопори. Роликоопора з жорстким (опорним) кріпленням роликів складається з – кронштейнів і роликів [16-18, 20-24].

Вузлами, що складають привід конвеєра є - опорная рама спеціальної конструкції, привідний і відхиляючий барабани, редуктор, пристрій гальмування, муфти.

Виходячи з конструкції силосів, що представлені на ринку та їх розмірів 6×25 м, 6×30 м, 8×30 м, проведено розрахунок площі завантаження силосу.

Так, як щільність пшениці складає 730 г/л, потрібно визначити скільки кілограмів зерна вміщується в 1 м³ [16-18, 20-24].

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проведемо переведення величини щільності пшениці:

$$730 \text{ г/л} = 730 \text{ кг/м}^3 = 0,73 \text{ т/м}^3$$

По характеристикам силосу потрібно дізнатися площу, яку займає зерно в силосі [18-20].

Складемо пропорцію:

$$0,73 \text{ т} - 1 \text{ м}^3$$

$$1000 \text{ т} - x \text{ м}^3$$

$$x = \frac{1000 \cdot 1}{0,73} = 1369,9 \text{ м}^3$$

Прийmemo стандартне значення місткості для силосу даних розмірів (8×30 м) – 1400 м³(1000 т зерна).

3.2.2.Визначення параметрів стрічки конвеєра

Розмір частинок вантажу $a'=8$ мм; насипна щільність $\rho=0,6-0,8$ т/м³; кут відкосу $\varphi=38$ град, кут нахилу роликоопор $\alpha\rho=30$ град [6].

Потрібна ширина стрічки буде рівною [18-20]:

$$B = \frac{1}{k_B^2} \sqrt{\frac{Q}{(A_Q + B_Q C_Q \text{tg } \varphi_H) V \rho}} \quad (3.1)$$

де k_B - коефіцієнт використання ширини стрічки;

Q - продуктивність конвеєра, т/г;

A_Q - коефіцієнти продуктивності, що залежить від форми;

C_Q - коефіцієнт, що враховує нахили на конвеєрі;

$$\text{tg } \varphi_H = 0,85 \cdot \varphi \quad (3.2)$$

$$\text{tg } \varphi_H = 0,85 \cdot 38 = 32,5$$

v -швидкість руху стрічки, м/с;

ρ - насипна щільність вантажу, т/м.

Попередньо задаємо швидкість руху стрічки $v=0,15$ м/с і щільність зерна $\rho=0,7$ т/м.

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$A_Q = 300 \frac{\sin \alpha_{\delta} - 0,33 \sin 3 \alpha_{\delta}}{1 - \cos \alpha_{\delta}}; \quad (3.3)$$

$$B_Q = 66,7 \left(\frac{\sin 1,5 \alpha_{\delta}}{\sin 0,5 \alpha_{\delta}} \right)^2 \quad (3.4)$$

$$A_Q = 300 \frac{\sin 30 - 0,33 \sin 30}{1 - \cos 30} = 380,67;$$

$$B_Q = 66,7 \left(\frac{\sin 1,5 \cdot 30}{\sin 0,5 \cdot 30} \right)^2 = 497.$$

Для силосів даних розмірів, продуктивність складає 87 т/г [18-20].

$$B = \frac{1}{0,9^2} \sqrt{\frac{87}{(380,67 + 497 \cdot 0,69 \operatorname{tg} 33) \cdot 2 \cdot 0,7}} = 0,106 \text{ м}$$

Перевіряємо ширину стрічки по гранулометричному складу для сортованих вантажів, виходить:

$$B \geq 3,3 \cdot a_{\max} + 200 ;$$

$$B \geq 3,3 \cdot 106 + 200 \geq 549,8 \text{ мм},$$

Це задовольняє потреби, тому приймаємо ширину стрічки $B=500$ мм.

Для отримання значення ширини стрічки, проведемо перерахунок продуктивності [18-20,22-24]:

$$Q = 3600 \cdot F \cdot V \cdot \rho \cdot \psi \quad (3.5)$$

де F - площа поперечного перерізу вантажу, м^2 ;

ψ - коефіцієнт заповнення стрічки вантажем, $\psi=0,9$;

$$F = (0,16 \cdot \operatorname{tg} \psi + 0,12 \operatorname{tg} \alpha_{\delta}) \cdot B^2; \quad (3.6)$$

						Арк.
					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F = (0,16 \cdot tg38 + 0,12tg30) \cdot 500^2 = 0,27 \text{ м}^2 .$$

$$Q = 3600 \cdot 0,27 \cdot 0,15 \cdot 0,7 \cdot 0,85 = 86,75 \text{ т/Г},$$

Дане значення має відхилення від заданного на 0,3%, що допустимо [1].

$$L = \frac{Qv}{2} = \frac{87 \cdot 0,15}{2} = 6,5 \text{ м} \quad (3.7)$$

Проведемо розрахунки горизонтальної довжини стрічок конвеєра:

Отже, кожна стрічка довжиною 3,25 м.

За ГОСТ 4561-1, якщо стрічок 2 і більше, то в такому випадку ті стрічки, що залишилися мають бути коротші на 0,5-1,0 м. Отже, інші стрічки мають бути щонайменше по 2,75 м [18-24].

3.2.3.Визначення параметрів роликів опор

Крок роликів опор вибрано постійним: для верхньої вітки $l_{p1}=1400$ мм; для холостої вітки $l_{p2}=2800$ мм. По заданій ширині стрічки, швидкості руху і щільності транспортуемого вантажу обираємо діаметр ролика $d_p=89$ мм; для обох віток встановлюємо ролики важкого типу [18-24]:

- діаметр осі $d=18$ мм;
- номер підшипника 260804;
- тип ролика 3.

Маса обертових частин:

-трьохроликової опори:

$$m_{p1} \approx [A_m + B_m(B-0.4) \cdot d_p^2 \cdot 10^{-4}] \quad (3.8)$$

A_m, B_m - емпіричні коефіцієнти: для ролика важкого типу $A_m=15, B_m=12$.

$$m_{p1} \approx [15 + 12(0.8 - 0.4) \cdot 89^2 \cdot 10^{-4}] = 17.4 \text{ кг}.$$

-одно-роликової опори:

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$mp2 \approx [6 + 14(B - 0.4) \cdot dp^2 \cdot 10^{-4}]$$

$$mp1 \approx [6 + 14(0,8 - 0.4) \cdot 89^2 \cdot 10^{-4}] = 10,2 \text{ кг.}$$

3.2.4. Розрахунок розподілу ваги

Розподіл ваги:

транспортований вантаж [19,20]:

$$q = \frac{Q}{3,6 \cdot V} \quad (3.9)$$

$$q = \frac{87}{3,6 \cdot 0,15} = 161,1 \text{ кг/м.}$$

обертові частини опор верхньої вітки:

$$qp1 = \frac{mp1}{lp1} \quad (3.10)$$

$$qp1 = \frac{17,4}{1,4} = 12,4 \text{ кг/м}$$

обертові частини опор нижньої вітки [19,20]:

$$qp2 = \frac{mp2}{lp2} \quad (3.11)$$

$$qp2 = \frac{10,2}{2,8} = 3,6 \text{ кг/м.}$$

Товщина стрічки:

$$\delta_l = i_n \cdot \delta_n + \delta_1 + \delta_2,$$

де i_n - число прокладок стрічки, $i_n = (3..6)$;

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\delta_n = 1,1$ - розрахункова товщина тягового каркасу стрічки [1];

$\delta_1 = (6,8..10)$ - товщина робочої частини стрічки [6];

$\delta_2 = (2,3..3,5)$ - товщина неробочої частини стрічки [6].

Попередньо задаємо число прокладок $i_n = 5$:

$$\delta_n = 5 \cdot 1,1 + 6 + 2 = 13,5 \text{ мм.}$$

Маса стрічки [18-20, 24]:

$$q_0 = (1..1,15) \cdot 10^{-3} \cdot B \cdot \delta_n ;$$

$$q_0 = 1,12 \cdot 10^{-3} \cdot 500 \cdot 13,5 = 7,56 \text{ кг/м}$$

3.2.5. Тяговий розрахунок конвеєра

При експлуатації у важких умовах коефіцієнти супротиву руху на роликівих опорах: для верхньої вітки $\varpi_p = 0,035$; $\varpi_x = 0,03$.

Сила супротиву в пункті завантаження [18-20]:

$$W = \frac{Q \cdot f_n \cdot (V - V_1)}{3,6 \cdot (f_n - \text{tg} \beta - k_b \cdot f_o)} \quad (3.12)$$

де $f_n = 0,63$ - коефіцієнт зовнішнього тертя зерна по резиновій стрічці;

$f_o = 0,5$ - коефіцієнт зовнішнього тертя зерна по стальним стінкам;

V_1 - проекція середньої швидкості матеріалу по напрямленю стрічки.

$$V_1 = 0,5 \cdot V = 0,5 \cdot 0,15 = 0,075 \text{ м/с.}$$

k_b - коефіцієнт бокового тиску вантажу на стінки становить:

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$k_b = \frac{Q}{3600 \cdot b_{cp}^2 \cdot V_{cp} \cdot \rho} \quad (3.13)$$

b_{cp} – середня відстань між стінками;

V_{cp} – середня швидкість руху вантажу на довжині розгону до швидкості руху стрічки;

$$k_b = \frac{87}{3600 \cdot (0,7 \cdot 0,8)^2 \cdot 1,125 \cdot 0,7} = 0,098$$

$$W = \frac{87 \cdot 0,63 \cdot (0,63 - 0,15)}{3,6 \cdot (0,63 - \text{tg}1 - 0,098 \cdot 0,5)} = 472 \text{ Н.}$$

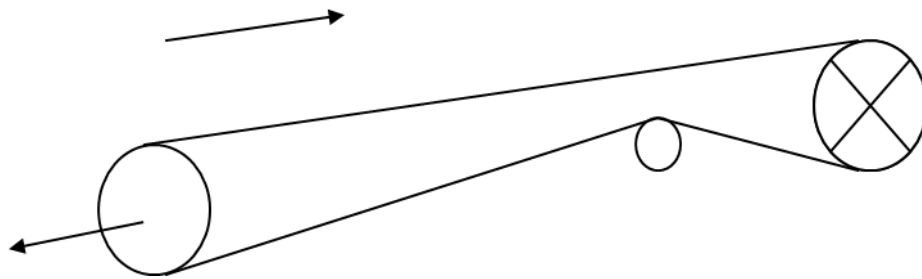


Рисунок 3.2. – Розподіл ваги на стрічку

Для нижньої вітки стрічки найменший натяг може бути в 2-х точках:

$$S_{\min} = S_4:$$

$$S_{\min} \geq (5..10) \cdot q_0 \cdot lp1 \cdot g \quad (3.14)$$

$$S_{\min} \geq 7 \cdot 12 \cdot 2,8 \cdot 9,81 \geq 2946 \text{ Н.}$$

$$S_5 = S_4 + S_4 \cdot \varpi_{n3} \quad (3.15)$$

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Де, $\varpi_{n3}=0,06$ – коефіцієнт супротиву на ділянці перегину.

$$S_5 = 2946 + 2946 \cdot 0,06 = 3123 \text{ Н.}$$

$$S_6 = S_5 + (q_0 + q + q_{p1}) \cdot g \cdot L \cdot \cos \alpha \cdot \varpi_p + (q_0 + q_{p1}) \cdot g \cdot L \cdot \sin \alpha \quad (3.16)$$

$$S_6 = 3123 + (12 + 71 + 12,4) \cdot 9,81 \cdot 280 \cdot \cos 11 \cdot 0,035 + \\ + (12 + 12,4) \cdot 9,81 \cdot 280 \cdot \sin 11 = 44750 \text{ Н}$$

Натяг S_6 максимальним і необхідним для розрахунку кількості прокладок резинотканевої стрічки [18, 20-24]:

$$i_n = \frac{S_{\max} \cdot C}{K_p \cdot B} \quad (3.17)$$

де $C=9$ -коефіцієнт запасу міцності [1];

$K_p=200\text{Н/мм}$ – межа міцності для даного типу тканини [1];

$$i_n = \frac{44750 \cdot 9}{200 \cdot 500} = 4,02.$$

Приймаємо число прокладок рівним 4, що не підтверджує раніше прийняте значення. Тому робимо перерахунок розподілу маси стрічки і натягу в точках.

$$\delta_n = 4 \cdot 1,1 + 6 + 2 = 12,4 \text{ мм}$$

$$q_0 = 1,12 \cdot 10^{-3} \cdot 500 \cdot 12,4 = 6,9 \text{ кг/м}$$

$$S_{\min} \geq 10 \cdot 6,9 \cdot 2,8 \cdot 9,81 \geq 2087,6 \text{ Н}$$

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_5 = 2087,6 + 2087,6 \cdot 0,06 = 2212,9 \text{ Н}$$

$$S_6 = 2212,9 + (6,9 + 71 + 12,4) \cdot 9,81 \cdot 280 \cdot \cos 1 \cdot 0,035 + \\ + (6,9 + 71) \cdot 9,81 \cdot 280 \cdot \sin 1 = 44087 \text{ Н}$$

Уточнюємо розрахункове число прокладок для стрічки [19]:

$$i_n = \frac{44087 \cdot 9}{200 \cdot 500} = 3,96$$

Таким чином, фактичний запас міцності [19]:

$$C_n = \frac{200 \cdot 500 \cdot 4}{44087} = 9,1$$

Для визначення натягу на нижній вітці стрічки, проведемо обхід траси проти напрямку руху стрічки.

$$S_3 = S_4 - (q_0 + q_{p2}) \cdot g \cdot L \cdot \cos \alpha \cdot \varpi_x + q_0 \cdot g \cdot L \cdot \sin \alpha \quad (3.18)$$

$$S_3 = 2087,6 - (6,9 + 3,6) \cdot 9,81 \cdot 280 \cdot \cos 1 \cdot 0,03 + \\ + 6,9 \cdot 9,81 \cdot 280 \cdot \sin 1 = 3499,3 \text{ Н}$$

$$S_2 = \frac{S_3}{1 + \varpi_{n1}} \quad (3.19)$$

$$S_2 = \frac{3499,3}{1 + 0,03} = 3397,4 \text{ Н.}$$

Так як ділянка дуже маленька, то приймаємо $S_1 \approx S_2$, тоді $S_{об} = S_1 = 3397,4$ Н.

Визначимо тяговий коефіцієнт, схему фрикційного приводу і потужність двигуна [19]:

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{S_{н\bar{\sigma}} - S_{с\bar{\sigma}}}{S_{с\bar{\sigma}}} \cdot \kappa_{сц} = e^{\mu\alpha} + 1 \quad (3.20)$$

$$e^{\mu\alpha} + 1 = \frac{44087 - 3397,4}{3397,4} \cdot 1,1 = 13,17$$

$$e^{\mu\alpha} + 1 = 14,17$$

$\mu=0,4$ -коefficient тертя стрічки по барабану.

$$\alpha \approx 243 \text{ град.}$$

Таким чином, встановлюємо однобарабанний привід з відхиляючимся барабаном.

Обираємо стрічку ТЛК-200 з ниток лавсана по основі і ниток капрону, міцністю 2 кН/см [20,21].

3.2.5. Розрахунок приводу стрічкового конвеєра

Діаметр приводного барабану:

$$D_{\bar{\sigma}} = e \cdot t_n \quad (3.21)$$

$e=(150..300)$ - coefficient вибору діаметра [20].

$$D_{\bar{\sigma}} = 200 \cdot 4 = 800 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр приводного барабану $D=800$ мм, і перевіримо його по дійсному тиску:

$$P_n = \frac{360 \cdot (S_{с\bar{\sigma}} + S_{н\bar{\sigma}})}{\alpha \cdot \pi \cdot B \cdot D_{\bar{\sigma}}} \quad (3.22)$$

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_n = \frac{360 \cdot (44087 - 3397,4)}{243 \cdot 3,14 \cdot 500 \cdot 800} = 0,056 \text{ Па.}$$

Частота обертання барабана:

$$n_{\sigma} = \frac{60 \cdot V}{\pi \cdot D_{\sigma}} \quad (3.23)$$

$$n_{\sigma} = \frac{60 \cdot 0,15}{3,14 \cdot 0,8} = 11,9 \text{ об/хв.}$$

Необхідна потужність приводу:

$$P_{nn} = \frac{k_3 \cdot (S_{n\sigma} - S_{c\sigma}) \cdot V}{1000 \cdot \eta_0 \cdot \eta_{\sigma}} \quad (3.24)$$

$$P_{nn} = \frac{1,1 \cdot (44087 - 3397,4) \cdot 0,15}{1000 \cdot 0,9 \cdot 0,94} = 69 \text{ кВт.}$$

$\eta_0=0,9$ - ККД передач приводу [21];

$\eta_{\sigma}=0,94$ -ККД барабану[21]

Отримані значення потужності відповідають слідуючому двигуну:

Вид - 4A250S6Y3;

$n=985$ об/хв;

$N=90$ кВт;

$J_{\max}=11,7$;

$\eta=0,92$;

$m=810$ кг;

$d=70$ мм;

Передаточне число механізму:

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$i = \frac{n}{n_6} \quad (3.24)$$

$$i = \frac{985}{11,9} = 83$$

Розрахункова потужність редуктора [20-24]:

$$N_{ред} = k_p \cdot N \quad (3.25)$$

$k_p = 1,25$ -коефіцієнт умов роботи.

$$N_{ppe} = 1,25 \cdot 90 = 112,5 \text{ кВт.}$$

По передаточному числу i і потужності обираємо слідуючий редуктор:

Вид - Ц2У-500;

$n = 1000$ об/хв;

$i = 31,5$;

$M = 42,2$ кНм;

$N = 200$ кВт;

$d = 42$ мм;

$m = 2100$ кг;

Оберемо гальма типу ТКТГ-700; діаметр гальмівного шківа $D_{тш} = 700$ мм; гальмівний момент $M = 8$ кН·м; маса $m = 605$ кг[20] .

Діаметр кінцевого і натяжного барабанів:

$$D_k = 0,8 \cdot D_6; \quad (3.26)$$

$$D_k = 0,8 \cdot 800 = 640 \text{ мм,}$$

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо $D_k = D_i = 700$ мм.

Діаметр відхиляючого барабану [18-24]:

$$D_0 = 0,65 \cdot D_{\sigma}; \quad (3.27)$$

$$D_0 = 0,65 \cdot 700 = 455 \text{ мм},$$

Приймаємо $D_0=500$ мм.

Довжина барабанів [18-24]:

$$L_{\sigma} = B + 150 \quad (3.28)$$

$$L_{\sigma} = 800 + 150 = 950 \text{ мм}.$$

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

Зерновий сектор в Україні є стратегічно важливою складовою аграрного комплексу країни, оскільки він є одним з провідних виробників та експортерів зернових в Європі та світі. Збереження та транспортування зерна відіграють вирішальну роль у підтримці конкурентоспроможності вітчизняних аграрних товарів на міжнародному ринку. Одним з ключових завдань зерносховищ є забезпечення оптимальних умов для зберігання зернових культур та мінімізація втрат якості під час тривалого зберігання.

Розвиток технологій та модернізація зернового сектора сприяють підвищенню ефективності та конкурентоспроможності галузі. Сьогоднішні зерносховища не лише забезпечують збереження зерна, але й здійснюють його сушіння, обробку та сортування. Ефективне вивантаження зерна зі зберігальних споруд має вирішальне значення для забезпечення надійності поставок та задоволення потреб споживачів.

Процеси зберігання та транспортування зерна мають бути повністю автоматизованими та механізованими, що вимагає використання сучасних технологій та систем автоматизації.

На основі проведеного аналізу пошуку з технологій і технічних засобів для зберігання зерна, можна зробити висновок, що найбільш перспективними напрямками зберігання зерна є будівництво в господарствах сучасних зерносховищ, або переобладнання старих зерносховищ, що дозволить зменшити втрати зерна при зберіганні, підвищити його якість, і в кінцевому результаті продати його за найвищими цінами, що дозволить отримати максимальні прибутки господарству.

З метою зменшення затрат на збереження зерна, підвищення якості зерна в дипломному проекті планується вдосконалення системи вивантаження зерна із зерносховищ, яка передбачає заміну шнекових транспортерів на конвеєрні стрічкові транспортери.

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В процесі проведених розрахунків встановлено параметри стрічкового транспортера: ширина, маса, продуктивність, довжина і товщина стрічки, розподіл ваги вантажу, діаметр та частота обертання барабану.

Вдосконалення технологічної схеми вивантаження зерна передбачає заміну шнекових транспортерів на стрічкові транспортери. Стрічкові транспортери мають наступні переваги над шнековими:

- 1) в 3 рази зменшується травмування зерна;
- 2) менші витрати на приведення транспортера в дію;
- 3) надійніші в роботі і економічніше в обслуговуванні.

Відомо, що відсоток травмування зерна для шнекових транспортерів складає близько 1,8 % на тонну зерна, при цьому для стрічкових – цей показник менший на 1,2% і складає 0,6 % на тонну зерна.

Але це не єдина перевага стрічкового транспортера над шнековим. Наступною перевагою є витрати потужності на виконання тієї чи іншої операції. Так, для прикладу, виконання операцій з завантаження зерна в силос для шнекового транспортера потрібна потужність, яка в 1,5 рази перевищує потужність стрічкового.

Так, як для виконання операцій шнековим транспортером затрачається більша потужність, то й витрати електроенергії будуть вищі, аніж при використанні стрічкового. Також велике значення має економія на технічному обслуговуванні. І цього разу більш економічним з точки зору технічного обслуговування є стрічковий транспортер.

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної література

1. Склад чи силос: переваги і недоліки різних типів зерносховищ. веб-сайт. URL: <https://www.cherk-consumer.gov.ua/hromadianam/upravlinnia-fitosanitarnoi-bezpeky/novyny-upravlinnia-fitosanitarnoi-bezpeky/3691-sklad-chi-silos-perevagi-i-nedoliki-riznikh-tipiv-zernoskhovishch> (дата звернення 18.03.2024)
2. Зберігання зернових культур. веб-сайт. URL: <https://trotec.com.ua/uk/blog/zberigannya-zernovyh-kultur/> (дата звернення 18.03.2024)
3. Особливості зберігання зерна. веб-сайт. URL: <https://dpss-ks.gov.ua/novini/osoblivosti-zberigannya-zerna> (дата звернення 18.03.2024)
4. Основні види зерносховищ. веб-сайт. URL: <https://lvivagromash.com/pravyla-standarty-ta-normy-zberigannya-zerna> (дата звернення 18.03.2024)
5. Зберігання зерна. веб-сайт. URL: <https://gcs.com.ua/zerno> (дата звернення 18.03.2023)
6. Способи транспортування зерна на елеваторах. веб-сайт. URL: <https://mysilo.com.ua/mediatsentr/novyny/209-sposoby-transportuvannia-zerna-na-elevatorakh.html> (дата звернення 18.03.2023)
7. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини: підручник Київ: Каварела. 2018. 552 с.
8. Берник І.М. Основні засади проектування машин і обладнання переробних виробництв. *Теорія і практика будівництва. Науково-технічний журнал*. 2011. № 8. С. 6-9.
9. Елеватор підлоговий чи силосний. веб-сайт. URL: <https://agrotimes.ua/article/elevator-pidlogovyj-chy-sylosnyj/> (дата звернення 18.03.2023)
10. Скрипник В. І. Розробка, виробництво, конструктивні особливості нової сільськогосподарської техніки: навчальний посібник. Київ: Літера ЛТД. 2019. 257с.

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Бурлака О. А., Яхін С. В. Підвищення ефективності роботи скребкових елеваторів з відцентровим типом розвантаження. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2018. № 4. С. 195-200.

12. Клендій О. М., Вітровий А. О. Вдосконалення робочого стану гвинтових конвеєрів. *Сільськогосподарські машини*. 2012. № 22. С. 100-107.

13. Цизь І.Є. Конструювання і розрахунок сільськогосподарських машин: навч. посіб. Луцьк: Ред.-вид. відділ Луцького НТУ, 2016. 172 с.

14. Паладійчук, Ю. Б., Тарасюк, Ю. М. Дослідження енергосилових параметрів роботи у конвеєрі із коливним осьовим рухом шнека. *Сільськогосподарські машини*. 2014. № 27. С. 76-84.

15. Гевко Б. М., Дячун А. Є., Любачівський Р. О., Клендій В. М. Структурний синтез гнучких гвинтових робочих органів конвеєрів. *Сільськогосподарські машини*. 2013. № 24. С. 40-52.

16. Паладійчук Ю. Б., Тарасюк Ю. М., Любачівський Р. О. Дослідження енергосилових параметрів роботи у конвеєрі із коливним осьовим рухом шнека. *Сільськогосподарські машини*. 2014. № 27. С. 76-84.

17. Рогатинський Р. М., Дячун А. Є., Вар'ян А. Р. Дослідження кінематики зернового матеріалу у гвинтовому конвеєрі із обертвовим кожухом. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2016. № 168. С. 24-31.

18. Ляшук О. Л., Дячун А. Є., Тарасюк Ю. М., Клендій В. М. Гвинтові завантажувачі в агропромисловому комплексі. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2014. № 144. С. 141-144.

19. Швець Л.В., Паладійчук Ю.Б., Труханська О.О. Технічний сервіс в АПК: навчальний посібник Т. 1. Вінниця: ВНАУ. 2019. 648 с.

20. Деревенько І. А., Сивак Р. І. Короткий курс опору матеріалів. Вінниця: ВНАУ. 2020. – 308 с.

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

21. Булгаков В.М, Адамчук В.В., Черниш О.М., Березовий М.Г., Калетнік Г.М., Яременко В.В. Прикладна механіка. Київ: Центр учбової літератури. 2020. 906 с.

22. Солоня О. В., Купчук І.М. Практикум з теорії механізмів і машин: навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ. ТОВ «Друк». 2020. 252 с

23. Яропуд В.М., Гунько І.В., Серета Л.П., Труханська О.О., Холодюк О.В. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти галузі знань 20 «Аграрні науки та продовольство» спеціальності 208 «Агроінженерія» денної та заочної форми навчання. Вінниця: ВНАУ. 2022. 43 с.

24. Дубчак В.М., Новицька Л.І., Теорія ймовірностей та математична статистика: методичні вказівки для самостійної підготовки здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня освіти галузі знань галузі знань 12 – «Інформаційні технології», спеціальності 122 – «Комп'ютерні науки та інформаційні технології» денної та заочної форми навчання. Вінниця: ВНАУ. 2020. – 134 с.

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					ДР.208.51.33.00.00.000 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		