

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

“ ____ ” _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:**

«Модернізація сепаратора А1-БМС-6 з удосконаленням повітряної
системи»

Виконав здобувач вищої освіти IV курсу,
групи ГМ-22з-1

ОПП «Галузеве машинобудування»
спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»

_____Воронюк Олександра
Володимирівна

« ____ » _____ 2026 р.

Керівник проекту

доц., канд.техн.наук

_____Олександр НЕСТЕРЕНКО

« ____ » _____ 2026 р.

Рецензент

доц., канд.техн.наук

_____Максим ГОДУНКО

« ____ » _____ 2026 р.

Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет Агротехнічний

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма « Галузеве машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

«__» _____ 2026 року

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Воронюк Олександра Володимирівна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Модернізація сепаратора А1-БМС-6 з
удосконаленням повітряної системи

2. Керівник роботи Нестеренко Олександр Вікторович , к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту 24.06.2026 р.

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи (проекту) Підвищення ефективності
роботи сепаратора А1-БМС-6 шляхом вдосконалення живильно-розподільчого
пристрою пневмосистеми машини.

5. Перелік графічного матеріалу 1.Сепаратор А1-БМС-6 - 1 арк (фА1); 2.
Складальне креслення вузла (фА1); 3. Деталювання 1 арк (фА1). Всього 3
аркуша формату А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-4	Нестеренко О.В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Виконання розділів 1, 2		
	Графічна частина арк. 1	18.03.2026 р.	
2	Виконання розділу 3		
	Графічна частина арк. 2	14.04.2026 р.	
3	Виконання розділу 4		
	Графічна частина арк. 3	20.05.2026 р.	
4	Написання висновків	06.06.2026 р.	
5	Оформлення пояснювальної записки,		
	графічної частини, підготовка до захисту	14.06.2026 р.	

Дата видачі завдання

«16» лютого 2026 р.

Підпис керівника

(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

« ____ » _____ 2026 р.

Підпис здобувача

(прізвище та ініціали)

Зміст

1. Вступ.....	5
2. Стан питання про сепаратори зерна.....	7
3. Конструкторська частина	21
4. Висновки	38
Список використаних джерел.....	39
Додатки.....	41

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ВСТУП

Однією з найважливіших операцій післязбиральної обробки є очищення зернового матеріалу від домішок різного походження. У зерновому воросі, що надходить від зернозбиральних комбайнів, містяться органічні та мінеральні домішки, насіння бур'янів, биті зерна, частки соломи, полови та інші включення, які негативно впливають на якість продукції [1]. Тому ефективне очищення зерна є необхідною умовою забезпечення високої якості готової продукції.

Для виконання технологічних операцій при очищенні зерна широко використовуються повітряно-решітні сепаратори, серед яких значне поширення отримав сепаратор А1-БМС-6, що застосовується на зерноочисних комплексах і підприємствах зернопереробної галузі.

Разом з тим аналіз експлуатації сепаратора А1-БМС-6 свідчить про наявність певних конструктивних недоліків, які обмежують ефективність його роботи. Одним із таких недоліків є недостатня ефективність повітряної сепарації зернової суміші перед її надходженням до основної зони очищення. У результаті частина крупних домішок та легких включень потрапляє до пневмосепаруючого каналу одночасно з основною масою зерна, що збільшує концентрацію частинок у робочій зоні, погіршує умови їх взаємодії з повітряним потоком та знижує повноту виділення домішок [2].

Крім того, надходження значної кількості сторонніх включень на решітний стан призводить до підвищення навантаження на решітні поверхні та погіршення загальної технологічної ефективності сепаратора.

Одним із перспективних напрямів підвищення ефективності повітряної сепарації є попереднє аеродинамічне розшарування зернового матеріалу перед його введенням у робочу зону пневмосепаруючого каналу [2].

					КР 00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Воронюк			ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА		
Перевір.		Нестеренко					
Реценз.							
Н. Контр.		Артеменко					
Затверд.		Васильковський					
					Літ.	Арк.	Аркушів
						5	40
					ЦНТУ, гр. ГМ-223-1		

У зв'язку з цим актуальним є удосконалення конструкції повітряної системи сепаратора А1-БМС-6 шляхом встановлення додаткового повітряного каналу між живильним пристроєм і основним пневмосепаруючим каналом.

Запропоноване технічне рішення дозволяє здійснювати попередню підготовку зернового потоку та вводити зернову суміш у зону сепарації частково розширеною відповідно до аеродинамічних властивостей її компонентів. Очікується, що це забезпечить підвищення повноти виділення легких і крупних домішок, зменшення навантаження на решітний стан та покращення загальної якості очищення зерна.

Отже, метою роботи є підвищення ефективності роботи сепаратора А1-БМС-6 шляхом модернізації його повітряної системи та вдосконалення процесу аеродинамічного розділення зернового матеріалу.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. СТАН ПИТАННЯ ПРО СЕПАРАТОРИ ЗЕРНА ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

2.1 Основні вимоги до післязбирального очищення зерна

Післязбиральна обробка зерна є важливою складовою технологічного процесу виробництва високоякісної зернової продукції. Основним призначенням очищення зернових сумішей є видалення максимально можливої кількості сторонніх включень, до яких належать органічні та мінеральні домішки, насіння інших культурних і бур'янових рослин, а також пошкоджені, щуплі та подрібнені зернівки основної культури. Ефективне виділення домішок сприяє покращенню технологічних, посівних та товарних властивостей зерна, а також забезпечує його надійне зберігання [1, 2].

Склад зернового вороху характеризується значною різноманітністю компонентів, які відрізняються між собою за геометричними параметрами, густиною, аеродинамічними характеристиками, шорсткістю поверхні та іншими фізико-механічними властивостями. У зв'язку з цим досягти необхідного ступеня очищення за один прохід через окрему машину практично неможливо. Тому в технологіях післязбиральної обробки застосовують багатоступеневу систему очищення, яка включає попереднє, первинне та вторинне очищення зерна [1, 3].

Попереднє очищення призначене для оперативної обробки свіжозібраного зернового матеріалу безпосередньо після надходження його від збиральної техніки. Основною метою цього етапу є видалення найбільш крупних та дрібних домішок, часткове зниження вологості зернової маси, покращення її сипкості та створення сприятливих умов для проведення наступних технологічних операцій, насамперед сушіння. Крім того, попереднє очищення зменшує ймовірність самозігрівання зерна під час тимчасового зберігання у насипному стані. Відповідно до агротехнічних вимог обробку зерна з вологістю до 35 % необхідно здійснювати не пізніше ніж через 24 години після збирання. Після проведення попереднього очищення вміст крупних та дрібних домішок повинен зменшуватись до рівня близько 3 %, а

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

ефективність їх виділення має становити не менше 50 % за умови мінімальних втрат зерна основної культури [1, 3].

Первинне очищення виконують для зерна вологістю до 22 %, а також для матеріалу, який пройшов попередню обробку та сушіння до вологості не більше 18 %. На цьому етапі технологічного процесу здійснюється видалення легких, крупних і дрібних домішок, а також щуплого та травмованого зерна. Результатом роботи зерноочисних машин є отримання очищеного зерна, фуражних відходів і комплексу виділених домішок різних фракцій. Згідно з діючими агротехнічними вимогами, після первинного очищення загальний вміст домішок у зерновій масі повинен становити не більше 1...3 %, а ефективність роботи зерноочисного обладнання має бути не нижчою за 60 % [1, 3].

Для одержання високоякісного насіннєвого матеріалу застосовують вторинне очищення. Його особливістю є необхідність відокремлення компонентів, які мають близькі до зерна основної культури розміри, форму та інші фізико-механічні характеристики. У процесі вторинного очищення зернова суміш розділяється на декілька технологічних фракцій, серед яких виділяють кондиційне насіння, зерно другої категорії, а також легкі, великі та дрібні домішки. Якість отриманого насіннєвого матеріалу оцінюють за показником чистоти, який повинен відповідати вимогам чинних нормативних документів для конкретної культури, зокрема державним стандартам, технічним умовам або галузевим регламентам [1, 3].

Таким чином, багатоступенева система очищення дозволяє забезпечити послідовне видалення домішок різного походження та досягти необхідних показників якості зерна залежно від його подальшого призначення.

Ефективність виконання зазначених операцій значною мірою визначається конструктивними особливостями та технологічними можливостями зерноочисних машин, що обумовлює актуальність удосконалення їх робочих органів і систем сепарації.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

2.2. Аналіз конструктивних особливостей сучасних сепараторів зерна

Для обґрунтування напрямку модернізації сепаратора А1-БМС-6 доцільно розглянути конструкції зерноочисних машин, які виконують подібні технологічні операції та використовують повітряно-решітний або повітряний принцип розділення зернових сумішей. Особливу увагу необхідно приділити не лише загальній будові сепараторів, а й конструкції приймально-живильних пристроїв, оскільки саме вони формують характер надходження зернового матеріалу в пневмосепаруючий канал [2].

Від рівномірності подачі зерна, товщини шару, швидкості введення матеріалу та попереднього його розподілу значною мірою залежить ефективність взаємодії частинок із повітряним потоком. Якщо зерновий матеріал надходить у пневмоканал ущільненим або нерівномірним шаром, легкі домішки частково екрануються зерном основної культури, збільшується кількість зіткнень між частинками, а повнота їх виділення знижується. Тому аналіз живильних пристроїв є важливим для подальшого обґрунтування модернізації повітряної системи сепаратора А1-БМС-6.

Значна частина операцій післязбирального очищення зерна в господарствах України виконується із застосуванням самопересувних повітряно-решітних машин, серед яких найбільш відомим представником є очисник вороху ОВС-25.

Самопересувний очисник вороху ОВС-25 (рис. 2.1) призначений для очищення зернового вороху безпосередньо на токах, у складах та на відкритих майданчиках [4]. Машина застосовується переважно для попереднього та первинного очищення зерна колосових, круп'яних, зернобобових культур, а також насіння технічних культур. ОВС-25 належить до повітряно-решітних зерноочисних машин.

Основними складовими машини є завантажувальний транспортер, приймальна камера, розподільний пристрій, аспіраційні канали, решітний стан, щітковий механізм очищення решіт, вивантажувальні транспортери та привідні механізми.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

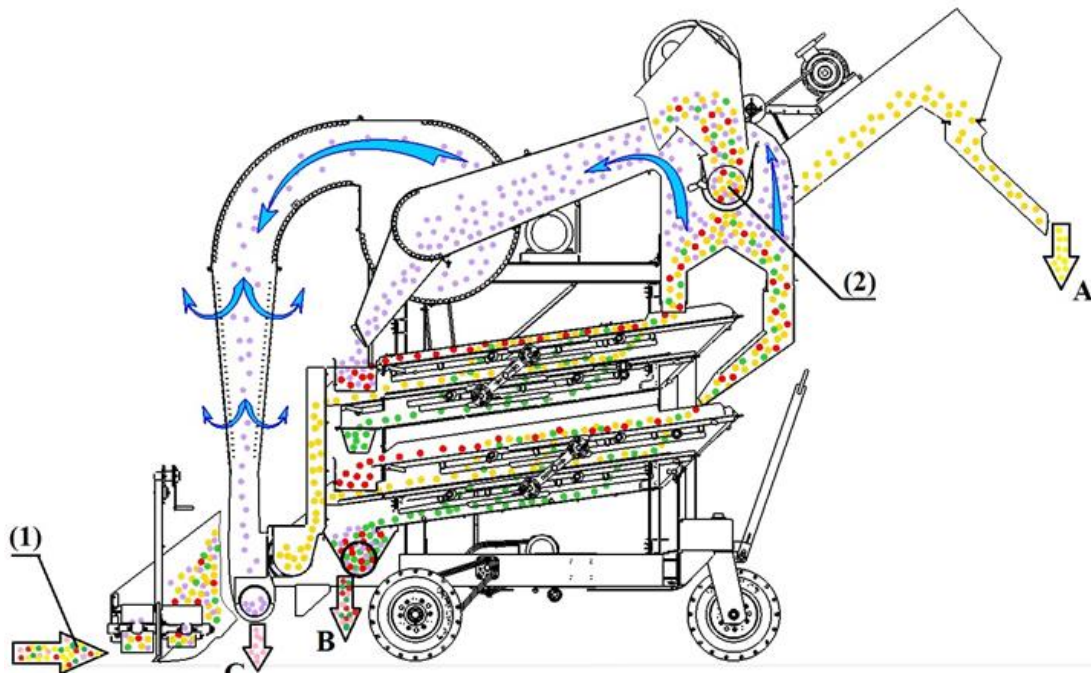


Рис. 2.1 – Функціональна схема сепаратора ОВС-25 [4]

Зерновий ворох подається до машини завантажувальним транспортером. На вході в сепаратор матеріал надходить у приймальну частину, де формується потік для подальшого переміщення в аспіраційний канал. Живлення в ОВС-25 здійснюється за рахунок транспортерної подачі, що є зручним для роботи на відкритих токах, але не забезпечує достатньо точного дозування матеріалу по ширині робочої зони [4].

Перед надходженням на решітний стан зерновий матеріал проходить через повітряний канал, у якому повітряний потік виділяє частину легких домішок. Проте характер подачі матеріалу в канал значною мірою залежить від рівномірності роботи завантажувального транспортера та стану зернового вороху. Якщо зерно має підвищену вологість або значну кількість соломистих домішок, потік може надходити нерівномірно. Це погіршує умови пневмосепарації.

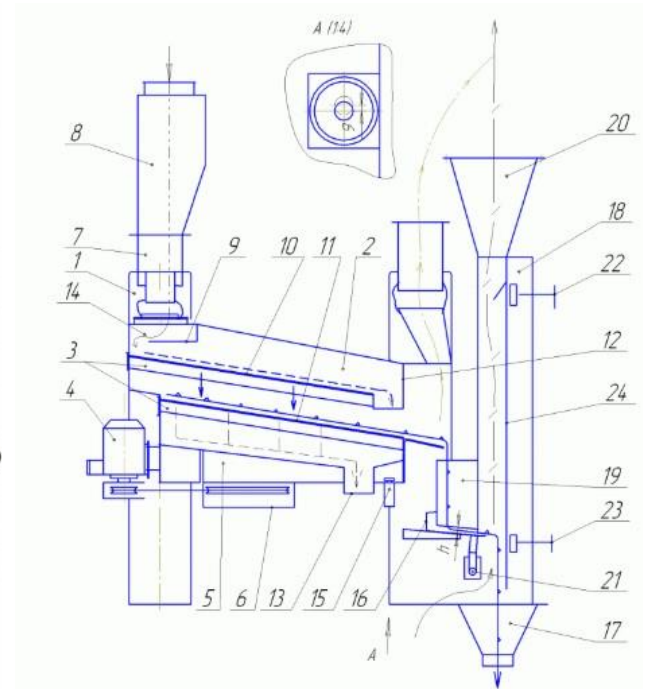
Перевагами ОВС-25 є мобільність, можливість роботи безпосередньо біля зернових буртів, достатня продуктивність, простота конструкції та ремонтпридатність. Наявність аспіраційної системи дозволяє виділяти значну частину легких домішок ще до проходження зерна через решета.

До недоліків конструкції можна віднести недостатню рівномірність подачі матеріалу в повітряний канал, залежність ефективності очищення від вологості та засміченості зернової маси, а також відсутність спеціального пристрою для попереднього аеродинамічного розшарування потоку. У результаті легкі домішки не завжди встигають відокремитися від основної маси зерна, особливо при підвищеній подачі.

Сепаратор БСХ-12 (рис. 2.2) використовується для очищення зерна пшениці, жита, вівса та інших культур від домішок, які відрізняються від основної культури геометричними розмірами та аеродинамічними властивостями. Машина встановлюється у складі технологічних ліній на елеваторах, млинах і крупозаводах [5].



а)



б)

Рис. 2.2. Сепаратор БСХ-12 а) – загальний вигляд; б) – схема технологічного процесу роботи [5]

Конструкція сепаратора БСХ-12 включає приймальний патрубок, розподільний пристрій, живильний механізм, аспіраційний канал, решітний стан, привод решітного стану, систему очищення решіт і пристрої виведення фракцій.

У сепараторі БСХ-12 зерновий матеріал надходить через приймальний пристрій до зони живлення. Основним завданням живильника є формування рівномірного шару зерна перед введенням його у повітряний канал і на решітні поверхні. У конструкціях такого типу переважно застосовуються клапанні, валкові або лоткові живильні пристрої, які забезпечують регулювання кількості матеріалу, що надходить у робочу зону.

Перевагою такої схеми є можливість більш стабільної подачі порівняно з транспортерним живленням мобільних машин. Проте навіть за наявності дозувального пристрою зернова суміш перед входом у пневмоканал зазвичай подається суцільним шаром.

Перевагами БСХ-12 є компактність, можливість роботи у стаціонарних технологічних схемах, достатня продуктивність для середніх зернопереробних підприємств, простота регулювання та надійність основних вузлів.

Недоліками є обмежена ефективність повітряної сепарації при нерівномірному завантаженні, недостатня підготовка матеріалу перед введенням у пневмоканал, а також можливість перевантаження решітного стану крупними та легкими домішками, які не були виділені на попередньому етапі.

Серед машин, призначених для попередньої обробки зернового вороху, важливе місце займає сепаратор СПО-80 виробництва Хорольського механічного заводу (рис. 2.3) [5]. Завдяки високій продуктивності та здатності працювати з великими обсягами зерна він використовується переважно на елеваторних комплексах, зерносушільних установках і великих агропромислових підприємствах.

Конструктивно СПО-80 орієнтований на роботу з великими потоками зернового матеріалу. Машина має приймальний пристрій, живильний вузол, аспіраційний канал або повітряний блок, решітний стан для виділення дрібних і крупних домішок та систему виведення домішок.

Перед введенням у повітряний канал зернова суміш у СПО-80 зазвичай розподіляється по ширині робочої зони, після чого повітряний потік виділяє легкі домішки. Однак через високу продуктивність і значну засміченість вороху

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повітряний канал працює в умовах підвищеної концентрації частинок. Це знижує ймовірність повного виділення легких домішок за один прохід.

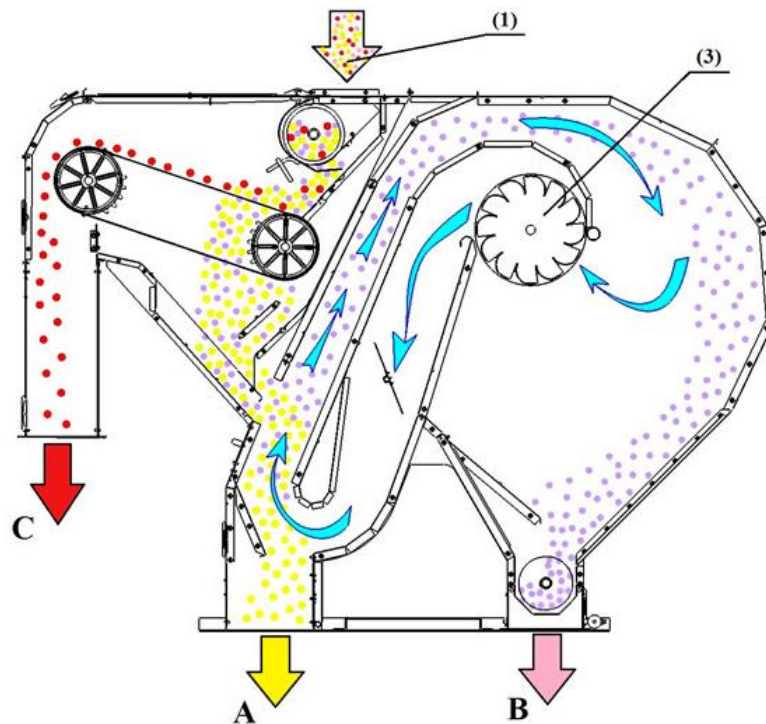


Рис. 2.3. Технологічна схема роботи пневмосистеми сепаратора СПО-80 (ХМЗ) [5]

Переваги СПО-80 полягають у високій продуктивності, можливості роботи з зерном підвищеної вологості, здатності виділяти значну кількість крупних домішок і забезпечувати підготовку матеріалу до сушіння.

Недоліками є недостатня якість очищення в виробничих умовах, підвищена концентрація матеріалу у зоні пневмосепарації, значна залежність ефективності від рівномірності подачі.

Ефективне поєднання решітного та повітряного способів очищення реалізовано в конструкції універсального зерноочисного сепаратора БСХ-200, який обладнаний системою плоских коливальних решіт і двоступеневою аспірацією (рис. 2.4).

Сепаратор БСХ-200 належить до високопродуктивних стаціонарних зерноочисних машин, призначених для роботи на великих елеваторах, зернопереробних підприємствах і в складі потужних технологічних ліній.

Машина використовується для очищення зерна від домішок, які відрізняються від основної культури розмірами та аеродинамічними властивостями.

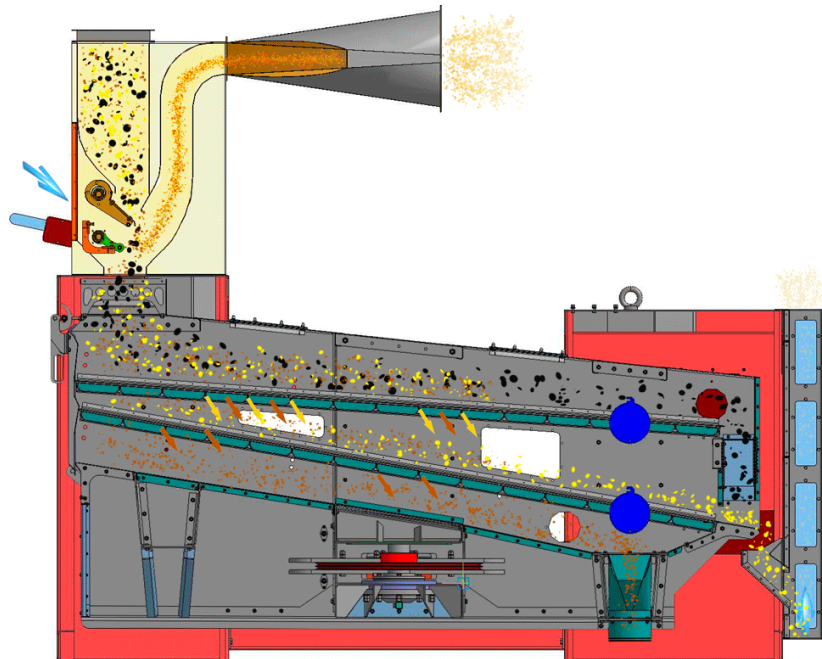


Рис. 2.4 – Пневмосистема сепаратора БСХ-200 та технологічний процес його роботи [5]

Конструкція БСХ-200 передбачає роботу з великими обсягами зерна, тому важливе значення має система рівномірного розподілу матеріалу по ширині машини. Зерно надходить через приймальний патрубок у живильний пристрій, який повинен стабілізувати потік перед його подачею в аспіраційний канал та на решітні поверхні.

У високопродуктивних сепараторах живильний вузол виконує кілька функцій: дозує зернову масу, розподіляє її по ширині робочих органів, знижує локальні перевантаження та забезпечує більш рівномірне завантаження повітряного каналу. Однак при великій продуктивності навіть незначна нерівномірність подачі призводить до утворення зон підвищеної концентрації матеріалу. У таких зонах повітряний потік не може однаково ефективно впливати на всі частинки.

Перевагами БСХ-200 є висока пропускна здатність, можливість використання у потужних зерноочисних лініях, значна площа робочих поверхонь і придатність до автоматизованої експлуатації.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

До недоліків слід віднести значну металоємність, більші енергетичні витрати, а також складність забезпечення рівномірного аеродинамічного впливу на зерновий потік при значній подачі матеріалу.

Серед провідних світових виробників обладнання для післязбиральної обробки зерна важливе місце займає компанія «PETKUS», яка розробляє та випускає декілька серій високопродуктивних зерноочисних машин універсального призначення.

Однією з найбільш поширених є серія зерноочисних машин «PETKUS X» [6], конструкція яких побудована за модульним принципом (рис. 2.5).

Верхній модуль В обладнаний скребковими транспортуючими ланцюгами, за допомогою яких забезпечується рівномірне розподілення зернової суміші по всій ширині решітного стану та її стабільна подача.

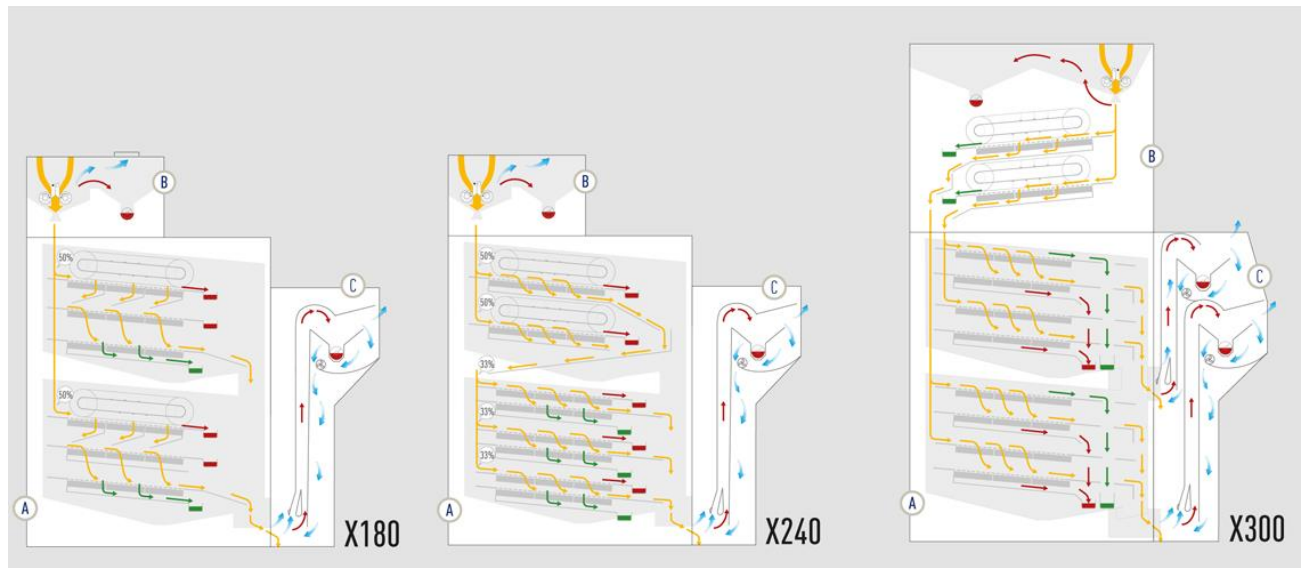


Рис. 2.5 – Схеми технологічного процесу сепараторів «PETKUS серії X» [6]

- А – решітний модуль, у якому здійснюється решітне очищення;
- В – модуль подачі зернового матеріалу, оснащений скребковими транспортерами та системою попереднього видалення домішок;
- С – аспіраційно-пневматичний модуль із замкнутою системою.

На цьому етапі матеріал проходить попередню аспіраційну обробку, під час якої повітряний потік видаляє частину легких домішок ще до надходження зерна на решітні поверхні.

Основний модуль А містить два решітні стани, що включають чотири яруси решіт. На цих поверхнях здійснюється розділення зернової суміші за геометричними розмірами з виділенням крупних і дрібних домішок. Конструктивною особливістю машин серії Х є можливість одночасного очищення двох різних культур у паралельних потоках без їх взаємного змішування, що суттєво розширює технологічні можливості обладнання.

Після завершення решітної сепарації зерновий матеріал надходить до модуля С, у якому розташований пневмосепаратор з вертикальним аспіраційним каналом. У цій зоні виконується остаточне видалення легких домішок і щуплих частинок за рахунок дії висхідного повітряного потоку.

Важливою особливістю зерноочисних машин «РЕТКУС серії Х» є використання замкненої системи циркуляції повітря. Така схема дозволяє багаторазово використовувати повітряний потік у процесі сепарації, зменшуючи енергетичні витрати на роботу вентиляційної системи, знижуючи запиленість виробничого приміщення та підвищуючи стабільність технологічного процесу очищення зерна.

Важливою конструктивною особливістю зерноочисних машин «РЕТКУС серії S» (рис. 2.6) є можливість комплектування машини різною кількістю решітних поверхонь. Залежно від модифікації конструкція може містити від двох до десяти решіт, розташованих на двох решітних станах, які здійснюють зустрічний коливальний рух [6]. Така схема дозволяє ефективно використовувати робочу площу решіт та підвищувати якість розділення зернової суміші.

Подача матеріалу до зерноочисної машини здійснюється за допомогою віброживильника з електричним приводом. Використання такого пристрою забезпечує стабільне дозування зернової суміші та її рівномірне розподілення по всій ширині робочої поверхні незалежно від фізико-механічних властивостей культури. Завдяки цьому створюються сприятливі умови для роботи решітних та аспіраційних систем.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

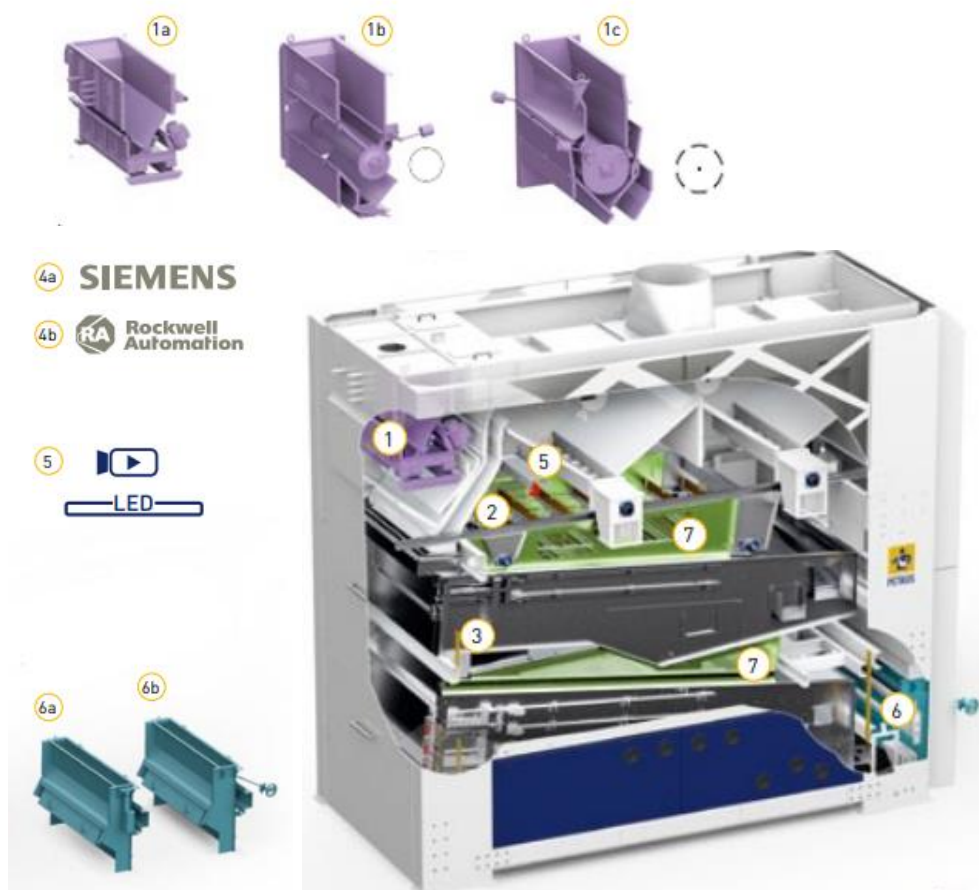


Рис. 2.6 – Зерноочисна машина «PETKUS серії S» та конструктивні варіанти виконання її основних робочих органів [6]

1 – живильний вузол: *a* – вібраційний живильник; *b* – випускний валець; *c* – голчастий валець; 2 – скребковий транспортер; 3 – система фіксації решіт: *a* – автоматичного типу; *b* – з ручним налаштуванням; 4 – система керування та контролю технологічного процесу із сенсорною панеллю: *a* – на базі обладнання фірми «SIEMENS»; *b* – на базі обладнання фірми «Rockwell Automation»; 5 – вузол візуального контролю з комплектом освітлювальних елементів; 6 – випускна воронка: *a* – з автоматичним керуванням; *b* – з ручним регулюванням; 7 – система відведення очищеного продукту.

Однією з характерних особливостей машин даної серії є використання технології Airmax, яка передбачає наявність додаткового третього аспіраційного каналу (рис. 2.7).

Крім того, модифікації S AIO та S «Airmax» можуть комплектуватися цифровими системами моніторингу та керування, що дозволяють контролювати параметри процесу очищення і своєчасно коригувати режими роботи машини.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У третьому аспіраційному каналі (рис. 2.7) реалізується багатоступеневий процес повітряної сепарації зернового матеріалу.

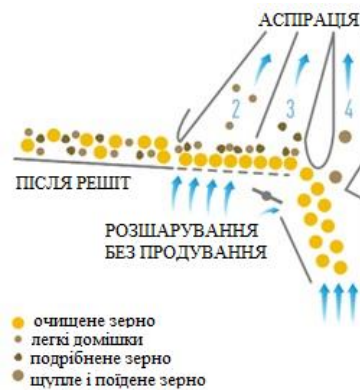


Рис. 2.7 –Третій аспіраційний канал за технологією «Airmax» сепаратора «РЕТКУС серії S» [6]

На першому етапі (1) відбувається попереднє розшарування зернової суміші, під час якого під дією вібрації та нахиленої поверхні лотка легкі компоненти переміщуються у верхні шари потоку. Наступним етапом (2) є видалення легких домішок у першому аспіраційному каналі, де вони захоплюються повітряним потоком і відокремлюються від основної маси зерна.

На третьому етапі (3) здійснюється відокремлення пошкоджених і подрібнених зернівок. Це досягається за рахунок збільшення витрати повітря та підвищення швидкості повітряного потоку, внаслідок чого частинки з меншою швидкістю витання виносяться через другий аспіраційний канал.

Завершальним етапом процесу є поперечна пневматична сепарація (4), при якій повітряний потік рухається перпендикулярно до напрямку переміщення зернової суміші. Така схема дозволяє ефективно виділяти щупле, недорозвинене або пошкоджене шкідниками зерно, яке за геометричними розмірами близьке до зерна основної культури і тому важко відокремлюється традиційними решітними способами.

Висновки по розділу.

Дослідження конструкцій сепараторів ОВС-25, БСХ-12, СПО-80, БСХ-200, а також зерноочисних машин РЕТКУС серій X та S показало, що важливу роль у забезпеченні якості очищення відіграє система подачі зернового матеріалу до пневмосепараційного каналу.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для цієї мети застосовуються різноманітні живильні пристрої: транспортерні, валкові, віброживильники, скребкові транспортери та розподільні механізми.

Встановлено, що основним призначенням більшості живильних систем є регулювання продуктивності машини та забезпечення рівномірного розподілення зернового матеріалу по ширині робочої зони. Разом із тим у переважній більшості розглянутих конструкцій зернова суміш надходить у пневмосепараційний канал практично суцільним потоком без попереднього розподілу частинок за їх аеродинамічними властивостями.

Найбільш досконалими з розглянутих конструкцій є зерноочисні машини РЕТКУС серій Х та S. У них застосовуються віброживильники, скребкові транспортуючі системи та багатоступеневі аспіраційні вузли, що забезпечують більш рівномірне введення зернового матеріалу в робочу зону. Крім того, технологія Airmax передбачає додаткові етапи аеродинамічної обробки зернової суміші.

Таким чином, спільним недоліком більшості досліджених конструкцій є недостатня підготовка зернової суміші перед її надходженням у зону повітряної сепарації. Унаслідок цього легкі та крупні домішки розташовуються всередині загального шару матеріалу, частково екрануються зерном основної культури та не повністю взаємодіють із повітряним потоком.

2.3. Обґрунтування напрямку удосконалення конструкції пневмосистеми сепаратора А1-БМС-6

З огляду на результати проведеного аналізу встановлено, що підвищення ефективності роботи сепаратора А1-БМС-6 доцільно здійснювати шляхом удосконалення системи введення зернової суміші в пневмосепараційний канал [2].

Основним напрямком модернізації є створення додаткової зони попередньої аеродинамічної підготовки зернового матеріалу між живильним пристроєм та основним пневмосепараційним каналом.

Запропонована конструкція передбачає встановлення додаткового повітряного каналу, з'єднаного з нижньою частиною живильного пристрою.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У цьому каналі відбуватиметься попереднє аеродинамічне розшарування зернової суміші, внаслідок чого легкі домішки, щупле зерно та частина крупних включень будуть зміщуватися у верхні шари потоку, тоді як повноцінне зерно концентруватиметься в нижній його частині.

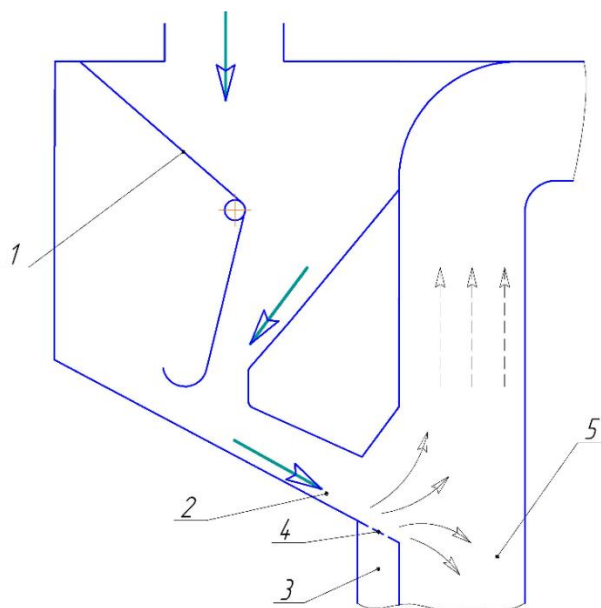


Рис. 2.8 Схема технологічного процесу вдосконаленої пневмосистеми сепаратора А1-БМС-6:

- 1 – Завантажувальний бункер; 2 – Похилий лоток; 3 – повітряний канал;
4 – Пневмосепаруючий канал; 5 – Лоток з отворами.

Попередній розподіл частинок за швидкістю витання дозволить зменшити концентрацію різнорідних компонентів у робочій зоні основного пневмосепаруючого каналу, знизити кількість взаємних зіткнень між частинками, покращити умови їх взаємодії з повітряним потоком та підвищити повноту виділення легких і крупних домішок [2].

Отже, результати аналізу сучасних зерноочисних машин підтверджують перспективність удосконалення сепаратора А1-БМС-6 шляхом модернізації системи введення зернового матеріалу та створення додаткового етапу аеродинамічної підготовки зернової суміші перед її надходженням до основної зони сепарації.

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Опис об'єкту розробки

Об'єктом модернізації є зерноочисний сепаратор А1-БМС-6 (рис. 3.1), який призначений для очищення та сортування зернових, зернобобових, олійних і технічних культур, що використовуються як для продовольчих потреб, так і для формування насіннєвого фонду.

Машина забезпечує обробку зернових сумішей із вмістом домішок до 15 % та вологістю до 20 %. Вихідний матеріал може надходити як безпосередньо після збирання врожаю зернозбиральними комбайнами, так і після проходження стадії попереднього очищення. Сепаратор А1-БМС-6 використовується в технологічних лініях підприємств агропромислового комплексу, зерноочисних пунктів, елеваторів і борошномельних виробництв [11].

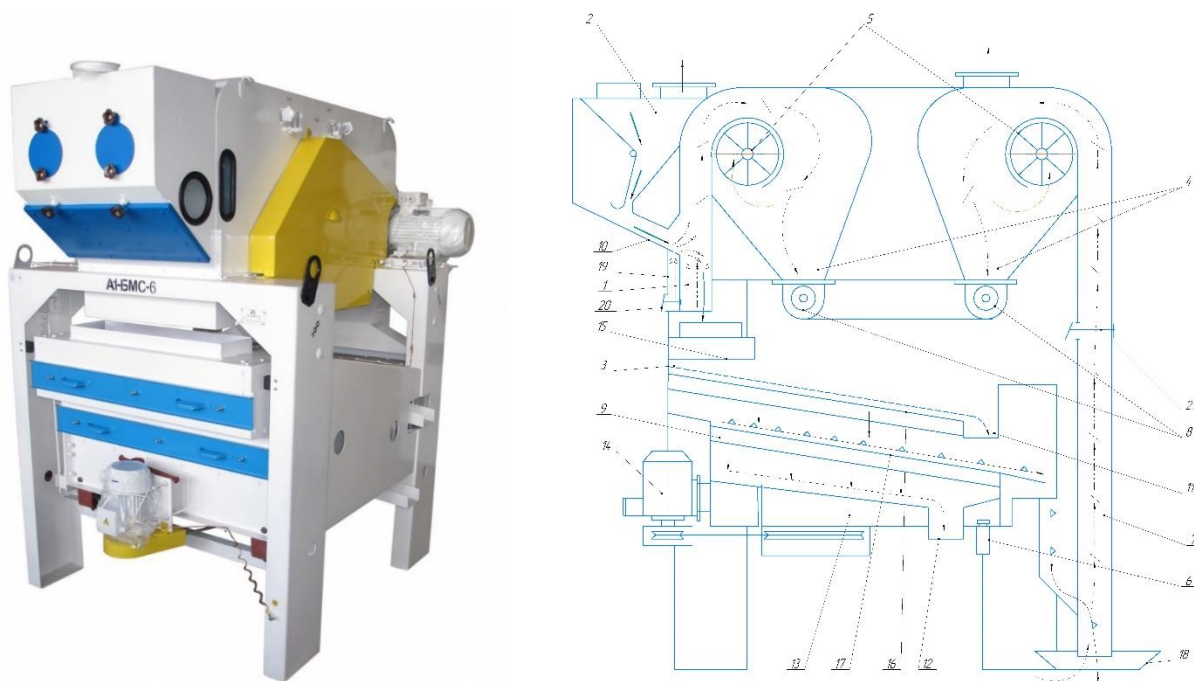


Рис. 3.1 Сепаратор А1-БМС-6 зазальний вигляд (а) та схема технологічного процесу (б)

Сепаратори даного типу виготовляються у кліматичному виконанні «У» та можуть експлуатуватися як на внутрішньому ринку, так і в країнах із помірними кліматичними умовами. Конструкція машини забезпечує стабільну роботу за температури навколишнього середовища від мінус 10 до плюс 40 °С,

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

відносної вологості повітря до 80 % та середньорічної температури близько плюс 15 °С. Експлуатація сепаратора передбачена в закритих виробничих приміщеннях усіх агрокліматичних зон.

Конструктивно сепаратор являє собою суцільнометалеву машину, змонтовану на розбірній станині, виготовленій із гнutoго профілю. Основним робочим органом є решітний стан, який встановлений на рамі 4 та приводиться в рух балансирним механізмом 1 через привод 3 (рис. 3.2).

Для очищення зернового матеріалу використовуються змінні решета, які підбираються залежно від біологічних та розмірних характеристик культури, що підлягає обробці. Решітні поверхні встановлюються під кутом приблизно 3° до горизонтальної площини. Для запобігання забиванню отворів решета очищуються гумовими кульками 20. Під час роботи решітний стан здійснює складний коливально-поступальний рух у горизонтальній площині, що забезпечує переміщення зернового матеріалу та його розділення за розмірами.

На рамі машини змонтовані осадові камери 13 та 15, живильні пристрої й два вентилятори, які формують необхідні повітряні режими сепарації. Пневмосепараційний канал закріплений до рами сепаратора та камери повторного очищення. У нижній частині каналу повторної сепарації встановлений магнітний уловлювач 19, призначений для вилучення металомагнітних домішок із зернового потоку.

Приймальна камера 12 оснащена автоматичним регулятором рівня зерна, який забезпечує стабільне завантаження машини незалежно від нерівномірності подачі матеріалу. Конструкція регулятора включає верхній 11 і нижній 10 вантажні клапани, з'єднані між собою тягою 17.

У процесі роботи зернова маса, накопичуючись у приймальній камері, створює тиск на верхній клапан 11, зміщуючи його вправо. Через систему механічного зв'язку одночасно відкривається нижній клапан 10, що забезпечує подачу зерна до пневмосепараційного каналу 9 першої сепарації рівномірним шаром по всій його ширині. Підтримання постійного рівня зерна у приймальній камері дозволяє запобігти підсмоктуванню повітря в осадову камеру поза

					КР 00.000 ПЗ	Лист
						22
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

зоною сепарації, що позитивно впливає на ефективність роботи пневмосепараційного каналу.

Після проходження першої стадії повітряного очищення зерновий матеріал надходить на приймальне решето 8, де відокремлюються найбільш крупні домішки. Далі потік переміщується на сортувальне решето 6, призначене для виділення частинок, розміри яких перевищують розміри зерна основної культури. Зерно, що пройшло через отвори сортувального решета, потрапляє на підсівне решето 5, де відбувається відокремлення дрібних домішок, битого зерна, насіння бур'янів та мінеральних включень.

Після решітного очищення зерновий матеріал через випускний клапан надходить до пневмосепараційного каналу повторної сепарації 21. У цій зоні повітряний потік забезпечує додаткове виділення легких домішок та неповноцінного зерна. Відокремлені частинки осідають у камері 15 повторної сепарації та за допомогою шнека і системи лотків об'єднуються з продуктами очищення, що накопичуються в осадовій камері 13 першої сепарації, після чого видаляються за межі машини.

Регулювання інтенсивності повітряних потоків у каналах першої та другої сепарації здійснюється за допомогою клапанів 23, установлених в осадових камерах.

Сепаратор А1-БМС-6 може працювати в режимах попереднього або первинного очищення зерна. Необхідний режим забезпечується вибором відповідного комплекту решіт та зміною питомого навантаження на пневмосепараційні канали. Для очищення різних культур можуть застосовуватися решета з круглими, довгастими або трикутними отворами, параметри яких підбираються відповідно до розмірних характеристик насіння основної культури.

Оцінювання правильності налаштування повітряної системи здійснюється за складом отриманих фракцій.

Технічна характеристика сепаратора приведена в таблиці 3.1.

					КР 00.000 ПЗ	Лист
						23
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1

№ п/п	Найменування	Одиниця виміру	Значення
1	модель		А1-БСМ-6
2	Тип сепаратора		Стационарна
3	попередня сепарація (режим елеватора) -	т/год	25
	первинна сепарація (для ячменю вологістю до 15% та вмістом домішок до 3%) -	т/год	6
4	Ефективність сепарації, попередня первинна сепарація (для ячменю вологістю до 15% та вмістом домішок до 3%) -	%	75 20
4	Витрати повітря	м³/год	3200
5	Сумарна потужність	кВт	3,75
6	Маса машини	кг	965
7	Габаритні розміри: ширина довжина висота	мм	1889 1540 2024

У пневмосепараційному каналі першої сепарації повинні ефективно виділятися пил, полова, насіння дрібних бур'янів та інші легкі домішки. У каналі повторної сепарації, крім зазначених компонентів, додатково відокремлюється щупле, недорозвинене та інше неповноцінне зерно, що дозволяє підвищити якість очищеного матеріалу.

Для визначення та обґрунтування основних конструкційних параметрів удосконаленого сепаратора переходимо до технологічних розрахунків.

3.2 Технологічні розрахунки удосконаленої пневмосистеми сепаратора А1-БМС-6

Технологічні розрахунки виконано для удосконаленої пневмосистеми сепаратора А1-БМС-6, призначеної для первинного очищення зерна пшениці. Модернізація передбачає встановлення додаткового повітряного каналу, з'єднаного з нижньою частиною живильного пристрою, та напрямного лотка з прорізами для проходження повітряних струменів. За рахунок цього зернова суміш перед надходженням до основного вертикального пневмоканалу проходить попередню аеродинамічну підготовку.

Масову продуктивність сепаратора переводимо в кг/год:

$$Q_m = Q \cdot 1000 = 6,5 \cdot 1000 = 6500 \text{ кг/год.} \quad (3.1)$$

Секундна масова подача зернового матеріалу становить:

$$G = \frac{Q_m}{3600} = \frac{6500}{3600} = 1,806 \text{ кг/с.} \quad (3.2)$$

Об'ємна подача зернового матеріалу визначається за формулою:

$$Q_z = \frac{G}{\rho_z}, \quad (3.3)$$

де G – секундна масова подача матеріалу, кг/с;

ρ_z – насипна густина зерна пшениці, кг/м³.

Тоді:

$$Q_z = \frac{1,806}{750} = 0,00241 \text{ м}^3/\text{с.} \quad (3.4)$$

Отримане значення об'ємної подачі використовується для визначення параметрів живильника, напрямного лотка та пневмосепараційного каналу.

3.2.1 Визначення ширини вертикального пневматичного каналу

Необхідну ширину пневматичного каналу за умовою допустимого питомого навантаження визначаємо за формулою:

$$B_p = \frac{Q_m}{q_B}, \quad (3.5)$$

де B_p – розрахункова ширина пневмоканалу, дм;

Q_m – продуктивність сепаратора, кг/год;

q_B – питома навантаження на одиницю ширини каналу, кг/(дм·год).

					КР 00.000 ПЗ	Лист
						25
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Підставляємо вихідні дані:

$$B_p = \frac{6500}{1250} = 5,2 \text{ дм} = 520 \text{ мм.} \quad (3.6)$$

Фактична ширина існуючого пневмоканалу сепаратора становить

$B_k = 960 \text{ мм}$, тобто:

$$B_k = 960 \text{ мм} > B_p = 520 \text{ мм.} \quad (3.7)$$

Отже, за шириною існуючий вертикальний пневмоканал має достатній запас для роботи при продуктивності 6,5 т/год.

Фактичне питоме навантаження на одиницю ширини каналу визначаємо за формулою:

$$q_{Bf} = \frac{Q_m}{B_k}, \quad (3.8)$$

де B_k необхідно підставляти в дм. Оскільки $B_k = 960 \text{ мм} = 9,6 \text{ дм}$, маємо:

$$q_{Bf} = \frac{6500}{9,6} = 677,1 \text{ кг/(дм} \cdot \text{год)}. \quad (3.9)$$

Одержане значення менше допустимого:

$$q_{Bf} = 677,1 < q_B = 1250 \text{ кг/(дм} \cdot \text{год)}. \quad (3.10)$$

Таким чином, модернізована пневмосистема працюватиме з меншим питомим навантаженням, що створює сприятливі умови для підвищення ефективності виділення легких домішок.

3.2.2 Визначення параметрів завантажувального бункера сепаратора

Завантажувальний бункер повинен забезпечувати стабільне надходження зернового матеріалу до живильного пристрою та запобігати різким коливанням подачі (рис. 3.2). Мінімальний робочий об'єм бункера визначаємо з умови забезпечення запасу матеріалу протягом заданого часу [9, 14]:

$$V_b = \frac{Q_z \cdot t_b}{\varphi_b}, \quad (3.11)$$

де V_b – розрахунковий об'єм бункера, м³;

Q_z – об'ємна подача зерна, м³/с;

t_b – час запасу матеріалу в бункері, с;

φ_b – коефіцієнт заповнення бункера.

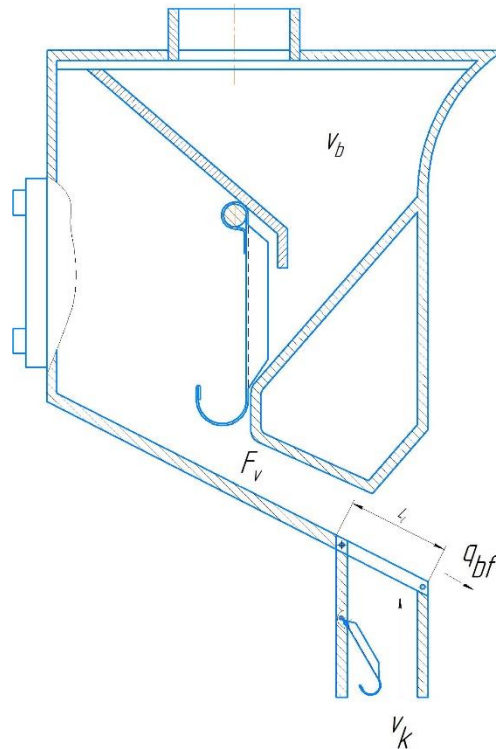


Рис. 3.2. Розрахункова схема до визначення основних параметрів бункера з живильником

Для забезпечення сталого режиму подачі приймаємо $t_b = 60$ с, $\varphi_b = 0,80$. Тоді:

$$V_b = \frac{0,00241 \cdot 60}{0,80} = 0,181 \text{ м}^3. \quad (3.12)$$

Приймаємо робочий об'єм завантажувального бункера:

$$V_b = 0,18 \text{ м}^3. \quad (3.13)$$

Площа живого перерізу вихідного вікна бункера, необхідна для забезпечення заданої подачі матеріалу, визначається за формулою:

$$F_v = \frac{Q_z}{v_m}, \quad (3.14)$$

де F_v – площа вихідного перерізу, м^2 ;

v_m – швидкість руху матеріалу на виході з живильника, м/с .

Підставляємо прийняті значення:

$$F_v = \frac{0,00241}{0,55} = 0,00438 \text{ м}^2. \quad (3.15)$$

За ширини каналу $B_k = 0,96$ м висоту шару матеріалу на виході з живильника визначаємо:

$$\delta = \frac{F_v}{B_k}, \quad (3.16)$$

$$\delta = \frac{0,00438}{0,96} = 0,00456 \text{ м} = 4,6 \text{ мм}. \quad (3.17)$$

Отже, для забезпечення продуктивності 6,5 т/год за швидкості подачі 0,55 м/с достатньо сформувати шар зернового матеріалу товщиною близько 4,6 мм. Такий тонкий шар є сприятливим для попередньої аеродинамічної дії повітряних струменів у зоні напрямного лотка.

3.2.3 Визначення параметрів напрямного лотка живильника

Напрямний лоток модернізованої пневмосистеми призначений для спрямування зернової суміші в основний вертикальний пневмоканал. Особливістю конструкції є наявність прорізів, через які повітря з додаткового каналу діє на нижні шари зернового потоку. Це забезпечує попереднє розшарування зернової суміші перед її введенням у зону основної пневмосепарації.

Площа робочої поверхні лотка визначається:

$$F_l = B_k \cdot L_l, \quad (3.18)$$

де F_l – площа лотка, м²;

B_k – ширина лотка, м;

L_l – довжина лотка, м.

$$F_l = 0,96 \cdot 0,20 = 0,192 \text{ м}^2. \quad (3.19)$$

Для забезпечення проходження повітряних струменів через лоток приймаємо коефіцієнт живого перерізу прорізів:

$$\mu_o = 0,35. \quad (3.20)$$

Загальна площа прорізів становитиме:

$$F_o = \mu_o \cdot F_l, \quad (3.21)$$

$$F_o = 0,35 \cdot 0,192 = 0,0672 \text{ м}^2. \quad (3.22)$$

Приймаємо, що лоток має $n_o = 8$ поперечних прорізів, розташованих по довжині лотка. Ширину одного прорізу визначаємо за формулою:

					КР 00.000 ПЗ	Лист
						28
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

$$b_o = \frac{F_o}{n_o \cdot B_k}, \quad (3.23)$$

де b_o – ширина одного прорізу, м;

n_o – кількість прорізів.

$$b_o = \frac{0,0672}{8 \cdot 0,96} = 0,00875 \text{ м} = 8,75 \text{ мм}. \quad (3.24)$$

по = 8; bo = 9 мм; bp = 14 мм
Схема руху зернової суміші та повітряних струменів у напрямному лотку

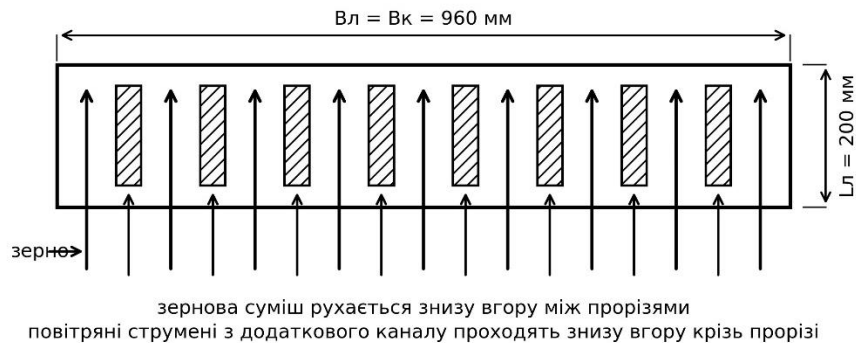


Рис. 3.2 – розрахункова схема напрямного лотка з прорізами для проходження повітряних струменів

Приймаємо конструктивно:

$$b_o = 9 \text{ мм}. \quad (3.25)$$

Сумарна ширина прорізів по довжині лотка становить:

$$\sum b_o = n_o \cdot b_o = 8 \cdot 9 = 72 \text{ мм}. \quad (3.26)$$

Ширина суцільних ділянок лотка, по яких рухається зерновий матеріал, визначається з умови рівномірного чергування прорізів і перемичок:

$$b_s = \frac{L_l - \sum b_o}{n_o + 1}, \quad (3.27)$$

$$b_s = \frac{200 - 72}{8 + 1} = 14,2 \text{ мм}. \quad (3.28)$$

Приймаємо ширину суцільної перемички:

$$b_s = 14 \text{ мм}. \quad (3.29)$$

Перевіримо час перебування зернового матеріалу на напрямному лотку:

$$t_l = \frac{L_l}{v_m}, \quad (3.30)$$

$$t_l = \frac{0,20}{0,55} = 0,36 \text{ с}. \quad (3.31)$$

Отже, зерновий матеріал перебуває на лотку близько 0,36 с. Цього часу достатньо для початкового розпушення шару та переміщення легких частинок у верхню частину потоку під дією повітряних струменів з додаткового каналу.

3.2.4 Визначення параметрів основного вертикального пневмоканалу

Основний вертикальний пневмоканал призначений для виділення легких домішок із зернової суміші за рахунок дії висхідного повітряного потоку. Швидкість повітря повинна бути більшою за швидкість витання легких домішок, але меншою за швидкість витання повноцінного зерна пшениці.

Для первинного очищення пшениці приймаємо швидкість повітря в основному каналі:

$$v_k = 8,0 \text{ м/с.} \quad (3.32)$$

Допустиму концентрацію зернового матеріалу в повітряному потоці приймаємо:

$$\mu_m = 3,0 \text{ кг/м}^3. \quad (3.33)$$

Необхідні витрати повітря в основному каналі визначаємо за формулою:

$$Q_{p1} = \frac{G}{\mu_m}, \quad (3.34)$$

$$Q_{p1} = \frac{1,806}{3,0} = 0,602 \text{ м}^3/\text{с.} \quad (3.35)$$

Необхідна площа поперечного перерізу основного каналу:

$$F_k = \frac{Q_{p1}}{v_k}, \quad (3.36)$$

$$F_k = \frac{0,602}{8,0} = 0,0753 \text{ м}^2. \quad (3.37)$$

За відомої ширини каналу $B_k = 0,96$ м визначаємо його розрахункову глибину:

$$a_k = \frac{F_k}{B_k}, \quad (3.38)$$

$$a_k = \frac{0,0753}{0,96} = 0,0784 \text{ м} = 78,4 \text{ мм.} \quad (3.39)$$

Приймаємо конструктивно глибину основного каналу:

$$a_k = 80 \text{ мм.} \quad (3.40)$$

Фактична площа перерізу основного каналу:

$$F_{kf} = B_k \cdot a_k = 0,96 \cdot 0,08 = 0,0768 \text{ м}^2. \quad (3.41)$$

Фактичні витрати повітря в основному каналі:

$$Q_{p1f} = F_{kf} \cdot v_k, \quad (3.42)$$

$$Q_{p1f} = 0,0768 \cdot 8,0 = 0,614 \text{ м}^3/\text{с.} \quad (3.43)$$

Отримані параметри забезпечують необхідний режим роботи основного пневмосепараційного каналу при продуктивності 6,5 т/год.

3.2.6 Визначення параметрів додаткового повітряного каналу

Додатковий повітряний канал призначений для подачі повітря під напрямний лоток з прорізами.

Витрати повітря через прорізи лотка визначаємо за формулою:

$$Q_{p2} = F_o \cdot v_o, \quad (3.44)$$

де F_o – загальна площа прорізів, м^2 ;

v_o – швидкість повітря в прорізах, м/с .

$$Q_{p2} = 0,0672 \cdot 8,0 = 0,538 \text{ м}^3/\text{с.} \quad (3.45)$$

Площа поперечного перерізу додаткового каналу:

$$F_d = B_k \cdot H_d, \quad (3.46)$$

$$F_d = 0,96 \cdot 0,45 = 0,432 \text{ м}^2. \quad (3.47)$$

Середня швидкість повітря в додатковому каналі:

$$v_d = \frac{Q_{p2}}{F_d}, \quad (3.48)$$

$$v_d = \frac{0,538}{0,432} = 1,25 \text{ м/с.} \quad (3.49)$$

Невелика середня швидкість повітря в додатковому каналі є допустимою, оскільки інтенсифікація повітряної дії відбувається безпосередньо в прорізах лотка, де швидкість струменів становить 8 м/с . Це дозволяє уникнути надмірного винесення повноцінного зерна та забезпечити попереднє розшарування зернової суміші.

3.2.6 Визначення сумарних витрат повітря

Загальні витрати повітря удосконаленої пневмосистеми визначаємо як суму витрат через основний і додатковий канали з урахуванням коефіцієнта запасу:

$$Q_{\Sigma} = k_z \cdot (Q_{p1f} + Q_{p2}), \quad (3.50)$$

де k_z – коефіцієнт запасу продуктивності вентилятора.

$$Q_{\Sigma} = 1,10 \cdot (0,614 + 0,538) = 1,267 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (3.51)$$

Переводимо витрати повітря в м³/год:

$$Q_{\Sigma h} = Q_{\Sigma} \cdot 3600, \quad (3.52)$$

$$Q_{\Sigma h} = 1,267 \cdot 3600 = 4561 \text{ м}^3/\text{год}. \quad (3.53)$$

Отже, для роботи модернізованої пневмосистеми необхідно забезпечити подачу повітря не менше:

$$Q_{\Sigma h} = 4600 \text{ м}^3/\text{год}. \quad (3.54)$$

3.2.7 Розрахунок і вибір вентилятора сепаратора

Для вибору вентилятора необхідно визначити орієнтовний повний опір пневмосистеми. Опір включає втрати у вертикальному пневмоканалі, додатковому каналі, прорізах лотка, повітропроводах, осадових камерах і регулювальних клапанах [15].

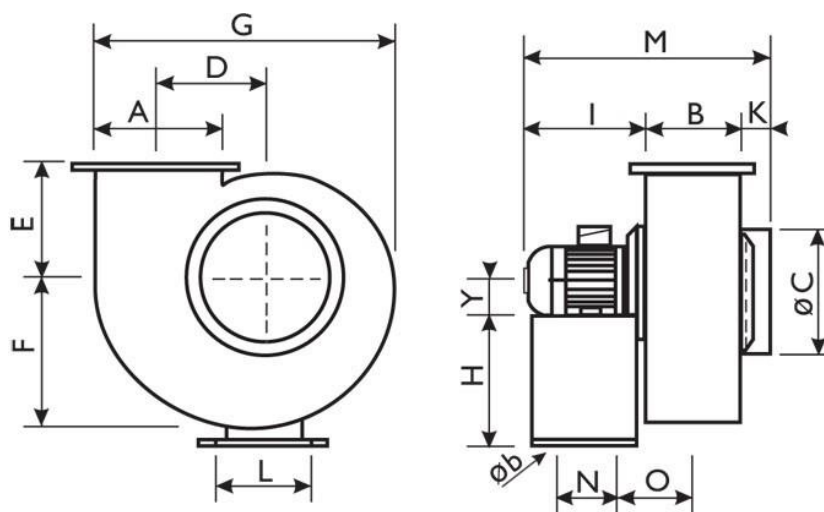


Рис. 3.4. Схема до вибору вентилятора.

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

Динамічний тиск у основному пневмоканалі:

$$p_d = \frac{\rho_p \cdot v_k^2}{2}, \quad (3.55)$$

$$p_d = \frac{1,2 \cdot 8,0^2}{2} = 38,4 \text{ Па}. \quad (3.56)$$

Для орієнтовного розрахунку приймаємо сумарний коефіцієнт місцевих і лінійних втрат пневмосистеми:

$$\zeta_\Sigma = 18 \dots 22. \quad (3.57)$$

Приймаємо $\zeta_\Sigma = 20$. Тоді повний опір системи:

$$\Delta p_\Sigma = \zeta_\Sigma \cdot p_d, \quad (3.58)$$

$$\Delta p_\Sigma = 20 \cdot 38,4 = 768 \text{ Па}. \quad (3.59)$$

З урахуванням можливого забруднення повітропроводів і регулювання клапанами приймаємо розрахунковий тиск вентилятора:

$$\Delta p_v = 900 \text{ Па}. \quad (3.60)$$

Необхідна потужність на валу вентилятора визначається:

$$N_v = \frac{Q_\Sigma \cdot \Delta p_v}{1000 \cdot \eta_v}, \quad (3.61)$$

де N_v – потужність на валу вентилятора, кВт;

Q_Σ – витрати повітря, м³/с;

Δp_v – тиск вентилятора, Па;

η_v – ККД вентилятора.

Приймаємо $\eta_v = 0,60$. Тоді:

$$N_v = \frac{1,267 \cdot 900}{1000 \cdot 0,60} = 1,90 \text{ кВт}. \quad (3.62)$$

З урахуванням запасу потужності приймаємо електродвигун:

$$N_{el} = 2,2 \text{ кВт}. \quad (3.63)$$

За розрахунковими параметрами доцільно застосувати відцентровий вентилятор середнього тиску з продуктивністю не менше 4600 м³/год і повним тиском близько 900 Па. За цими параметрами може бути прийнятий вентилятор типу ВЦ 14-46 або аналогічний за аеродинамічними характеристиками.

3.3. Кінематичний розрахунок приводу вентилятора

Для забезпечення необхідних витрат повітря приймаємо частоту обертання робочого колеса вентилятора:

$$n_v = 1500 \text{ хв}^{-1}. \quad (3.64)$$

Як привод вентилятора приймаємо асинхронний електродвигун із частотою обертання:

$$n_e = 1500 \text{ хв}^{-1}. \quad (3.65)$$

Передаточне відношення пасової передачі визначаємо:

$$i = \frac{n_e}{n_v}, \quad (3.66)$$

$$i = \frac{1500}{1500} = 1,0. \quad (3.67)$$

Отже, для приводу вентилятора може бути застосована пасова передача з однаковими діаметрами ведучого і веденого шківів.

За умови прийняття діаметра ведучого шківа:

$$D_1 = 100 \text{ мм}, \quad (3.68)$$

діаметр веденого шківа визначається:

$$D_2 = i \cdot D_1, \quad (3.69)$$

$$D_2 = 1,0 \cdot 100 = 100 \text{ мм}. \quad (3.70)$$

Приймаємо:

$$D_1 = D_2 = 100 \text{ мм}. \quad (3.71)$$

Кутова швидкість вала вентилятора:

$$\omega_v = \frac{\pi \cdot n_v}{30}, \quad (3.72)$$

$$\omega_v = \frac{3,14 \cdot 1500}{30} = 157 \text{ рад/с}. \quad (3.73)$$

Крутний момент на валу вентилятора:

$$M_v = \frac{9550 \cdot N_v}{n_v}, \quad (3.74)$$

$$M_v = \frac{9550 \cdot 1,90}{1500} = 12,1 \text{ Н·м}. \quad (3.75)$$

Одержаний крутний момент використовується для вибору елементів пасової передачі та перевірки міцності вала вентилятора.

3.4. Розрахунки на міцність

3.4.1 Перевірний розрахунок напрямного лотка на міцність

Напрямний лоток виготовляємо з листової сталі Ст3 товщиною [15]:

$$s = 2\text{мм} = 0,002\text{м}. \quad (3.76)$$

Розрахунок виконуємо як для пластини, що сприймає навантаження від шару зернового матеріалу. Маса зерна, що одночасно знаходиться на лотку:

$$m_l = \rho_z \cdot B_k \cdot L_l \cdot \delta, \quad (3.77)$$

$$m_l = 750 \cdot 0,96 \cdot 0,20 \cdot 0,00456 = 0,657\text{кг}. \quad (3.78)$$

З урахуванням динамічного коефіцієнта $k_d = 3$ розрахункове навантаження:

$$P_l = k_d \cdot m_l \cdot g, \quad (3.79)$$

$$P_l = 3 \cdot 0,657 \cdot 9,81 = 19,3\text{Н}. \quad (3.80)$$

Рівномірно розподілене навантаження на лоток:

$$q_l = \frac{P_l}{L_l}, \quad (3.81)$$

$$q_l = \frac{19,3}{0,20} = 96,5\text{Н/м}. \quad (3.82)$$

Максимальний згинальний момент для лотка, умовно розглянутого як балка на двох опорах:

$$M_{\max} = \frac{q_l \cdot L_l^2}{8}, \quad (3.83)$$

$$M_{\max} = \frac{96,5 \cdot 0,20^2}{8} = 0,483\text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (3.84)$$

Момент опору поперечного перерізу лотка:

$$W_l = \frac{B_k \cdot s^2}{6}, \quad (3.85)$$

$$W_l = \frac{0,96 \cdot 0,002^2}{6} = 6,4 \cdot 10^{-7}\text{ м}^3. \quad (3.86)$$

					КР 00.000 ПЗ	Лист
						35
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Напруження згину:

$$\sigma_l = \frac{M_{max}}{W_l}, \quad (3.87)$$

$$\sigma_l = \frac{0,483}{6,4 \cdot 10^{-7}} = 0,755 \cdot 10^6 \text{ Па} = 0,76 \text{ МПа}. \quad (3.88)$$

Допустиме напруження для сталі Ст3 приймаємо:

$$[\sigma] = 140 \text{ МПа}. \quad (3.89)$$

Коефіцієнт запасу міцності:

$$n = \frac{[\sigma]}{\sigma_l}, \quad (3.90)$$

$$n = \frac{140}{0,76} = 184. \quad (3.91)$$

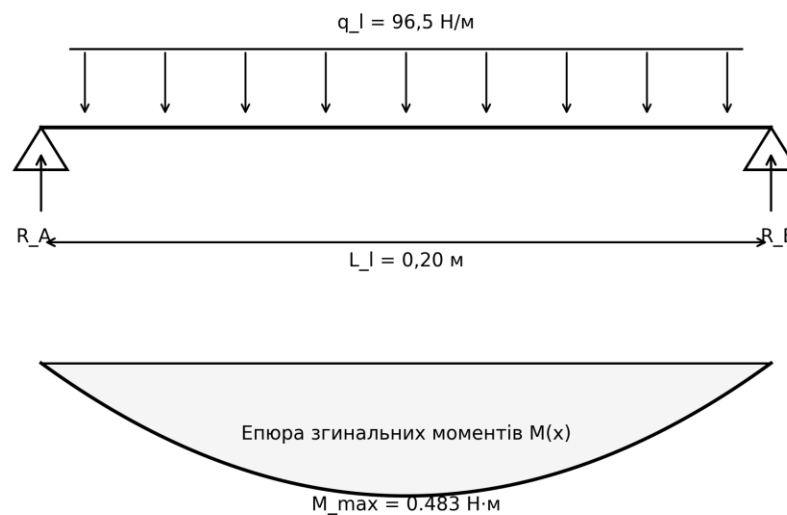


Рис. 3.4 – Розрахункова схема навантаження прямого лотка та епюра згинальних моментів

Отже, прямий лоток із листової сталі Ст3 товщиною 2 мм має достатній запас міцності. Значне значення коефіцієнта запасу пояснюється невеликою довжиною лотка та малою товщиною шару зернового матеріалу, який одночасно перебуває на його поверхні.

Висновки по розділу

За результатами виконаних технологічних розрахунків встановлено, що при продуктивності модернізованого сепаратора 6,5 т/год фактичне питоме навантаження на одиницю ширини пневмоканалу становить 677 кг/(дм·год), що менше допустимого значення 1250 кг/(дм·год). Це підтверджує можливість роботи сепаратора в режимі первинного очищення із запасом за пропускною здатністю пневмоканалу.

Розраховано параметри напрямного лотка довжиною 200 мм і шириною 960 мм. Для проходження повітряних струменів з додаткового каналу прийнято 8 прорізів шириною 9 мм, розділених суцільними перемичками шириною 14 мм. Така конструкція забезпечує поєднання прямої функції лотка з можливістю попередньої аеродинамічної дії на зерновий матеріал.

Визначено параметри основного вертикального пневмоканалу: при швидкості повітря 8 м/с необхідна площа поперечного перерізу становить 0,0753 м², а розрахункова глибина каналу – близько 80 мм. Додатковий повітряний канал висотою 450 мм забезпечує подачу повітря до прорізів лотка з витратою 0,538 м³/с.

Сумарні витрати повітря модернізованої пневмосистеми з урахуванням запасу становлять 1,267 м³/с, або приблизно 4600 м³/год. Для забезпечення такого режиму роботи доцільно застосувати відцентровий вентилятор середнього тиску з повним тиском близько 900 Па та електродвигуном потужністю 2,2 кВт.

Перевірний розрахунок напрямного лотка на міцність показав, що при виготовленні його з листової сталі Ст3 товщиною 2 мм максимальне напруження згину становить 0,76 МПа, що значно менше допустимого значення. Отже, запропонована конструкція лотка є працездатною та може бути використана в модернізованій пневмосистемі сепаратора А1-БМС-6.

4. ВИСНОВКИ

1 Виконано дослідження конструкції та технологічного процесу роботи сепаратора А1-БМС-6. Встановлено, що одним із його основних недоліків є надходження зернової суміші в пневмосепараційний канал нерозшарованим потоком, що знижує повноту виділення легких домішок та збільшує навантаження на решітний стан.

2 Запропоновано удосконалену конструкцію повітряної системи сепаратора, яка передбачає встановлення додаткового пневматичного каналу між живильним пристроєм та основним пневмосепараційним каналом. Запропоноване технічне рішення забезпечує попередню аеродинамічну підготовку зернового потоку та його часткове розшарування відповідно до аеродинамічних властивостей компонентів суміші.

3 Виконані технологічні розрахунки показали, що для продуктивності 6,5 т/год та ширини основного пневмосепараційного каналу 0,96 м модернізована система забезпечує раціональні параметри руху зернового матеріалу і повітряного потоку, необхідні для виконання агротехнічних вимог до первинного очищення зерна пшениці.

4 За результатами аеродинамічних розрахунків визначено основні параметри додаткового пневмоканалу, прямого лотка та вентиляційної системи. Встановлено, що попереднє розшарування зернової суміші дозволяє знизити концентрацію частинок у зоні основної сепарації, покращити взаємодію матеріалу з повітряним потоком та підвищити ефективність виділення легких домішок.

5 Проведені кінематичні та міцнісні розрахунки підтвердили працездатність запропонованої конструкції. Використання модернізованої пневмосистеми дозволить підвищити якість очищення зерна, зменшити навантаження на решітні поверхні та покращити загальну технологічну ефективність сепаратора А1-БМС-6 без суттєвого ускладнення його конструкції.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаної літератури

1. Котов Б.І. Перспективи розвитку конструкцій зернонасіннеочисної техніки / Б.І. Котов, М.І. Волошин // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Загальнодерж. міжвідомч. наук.-техн. зб. Кіровоград, 2001. Вип. 31. С. 110–111/
2. Нестеренко О.В. Перспективний напрямок інтенсифікації повітряної сепарації зерна / О.В Нестеренко, О.М Васильковський, С.М. Лещенко, Д.І. Петренко, Д.В. Богатирьов // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: Зб. наук. пр. Кіровоградського нац. техн. ун-ту. Кіровоград: КНТУ, 2012. – Вип. 25. Ч.1. – С.49-53.
3. Машина і обладнання для зберігання та комплексної обробки зерна / А.С. Кобець, Ю.О. Чурсінов, С.А. Черних, М.П. Сабадаш, Н.В. Грекова, В.П. Канунніков – Дніпропетровськ: ДДАУ, 2013. – 766 с.
4. Каталог продукції «Оріхівський Завод Сільгоспмашин». Очисники вороху ОВС-25. URL: <https://orihiv-agro.com.ua/>.
5. Каталог продукції АТ «Хорольський механічний завод». Сепаратори повітряні. URL: <https://mehzavod.com.ua/ua/>.
6. Каталог продукції фірми PETKUS. Сорткування. URL: <https://petkus.com.ua/>.
7. Каталог продукції компанії «Olis». Зерноочисне обладнання. URL: <https://www.olis.com.ua/>.
8. Комаристов В.Ю. Довідник з механізації післязбиральної обробки зерна / В.Ю. Комаристов, М.М. Петренко. – К.: Урожай, 1990. – 184 с.
9. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: Навчальний посібник / За ред. Д.Г. Войтюк, С.С. Яцун, Довжик М.Я. // Суми. Університетська книга – 2008. – 450 С.
10. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини: підручник / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка - Київ: Агроосвіта, 2015.- 679 с.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

11. <https://smart.mehzavod.com.ua/ru/catalog/separatory-zernoochistitel/a1-bms-6/>

12. Сисолін П. В., Сало В. М., Рибак Т. І. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування : Підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. «Машини та обладн. с.-г. вир-ва». Кн. 2. Машини для рільництва. - К. : Урожай, 2002. - 364 с.

13. Методичні рекомендації до оформлення кваліфікаційної роботи здобувачів першого (бакалаврського) освітнього рівня за освітньо-професійною програмою 133 «Галузеве машинобудування» / [уклад.: Д.І. Петренко, О.М. Васильковський, С.М. Лещенко, Ю.В. Мачок, Д.Ю. Артеменко, О.В. Нестеренко, С.М. Мороз]; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. с.-г. машинобуд. – Кропивницький : ЦНТУ, 2025. – 58 с.

14. Бендера І. М. Проектування сільськогосподарських машин : навч.-метод. посіб. для викон. курс. проектів з розробки с.-г. техніки при підготов. фахівців напряму «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва» № / І. М. Бендера, А. В. Рудь, Я. В. Козій, Д. Г. Войтюк, П. В. Сисолін; Поділ. держ. аграр.-техн. ун-т, Борщів. аграр. коледж. - Кам'янець-Поділ. : Сисин О.В. : Абетка, 2011. - 639 с.

15. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: Підручник. – К.: Вища школа, 1993. – 556 с.

16. Цілинский В.П. Охорона праці в рослинництві / В.П. Цілинский.- К.: "Урожай", 1991.- 136 с.

17. Класифікація небезпечних і шкідливих виробничих факторів. URL: <http://g-o.org.ua/index.php?dn=article&to=art&id=58>.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ