

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

«Допущено до захисту»

Зав. кафедрою СГМ

д.т.н., доцент

_____ Сергій ЛЕЩЕНКО

«___» _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:**

**«Обґрунтування параметрів зерноочисної машини з
дослідженням осадового пристрою»**

Виконав здобувач вищої освіти II

курсу, групи ГМ(СМ)-21М (1,9)

ОПП «Галузеве машинобудування»

спеціальності 133 «Галузеве

машинобудування»

_____ Гнилуша

Андрій Вікторович

«___» _____ 2023 р.

Керівник проекту

доцент, кандидат технічних наук

_____ Сергій МОРОЗ

«___» _____ 2023 р.

Рецензент _____

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет: АГРОТЕХНІЧНИЙ

Кафедра: СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

Рівень вищої освіти: МАГІСТР

Галузь знань: 13 МЕХАНІЧНА ІНЖЕНЕРІЯ

Освітньо-професійна програма: 133 ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Сергій ЛЕЩЕНКО

«___» _____ 2023 року

**ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ
(МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА**

Гнилуша Андрій Вікторович

1. Тема роботи: **«Обґрунтування параметрів зерноочисної машини з дослідженням осадового пристрою»**
2. Керівник роботи: Мороз С.М., канд. техн. наук, доцент
3. Строк подання студентом роботи до захисту: 12.05.2023 року
4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи: підвищення ефективності роботи пневмосистеми зерноочисної машини шляхом вдосконалення конструкції осадового пристрою

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
	Сергій МОРОЗ		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Пояснювальна записка	01.05.2023	
2	Графічна частина	9.05.2023	
3	Перевірка роботи на доброчесність	13.05.2023	
4	Захист роботи	23.05.2023	

Дата видачі завдання

«10» лютого 2023 р.

Підпис керівника _____ Сергій МОРОЗ

Завдання прийнято до виконання

«10» лютого 2023 р.

Підпис здобувача _____ Андрій ГНИЛУША

Зміст

1. Вступ.....	5
2. Наукова частина	6
3. Інженерна частина.....	28
4. Охорона праці	40
5. Економічна частина	42
6. Висновки	43
Список використаних джерел	44
Додатки.....	46

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

1. ВСТУП

На сьогоднішній день в Україні, розвиток аграрного сектору є одним з пріоритетних напрямків розвитку національної економіки, адже саме від його стану та ефективної діяльності сільськогосподарських товаровиробників залежить успішне вирішення однієї з найважливіших задач держави, а саме забезпечення її продовольчої безпеки [1].

Одним із головних і вирішальних умов для подальшого збільшення виробництва продовольчих продуктів є широке впровадження нових технологій виробництва продуктів рослинництва і тваринництва, підвищення продуктивності праці, що базується на розробці і впровадженні нової надійної та високопродуктивної техніки.

Закордонна техніка є більш якісною та надійною, але її ціна та вартість запасних частин є занадто високою для більшості вітчизняних малих та середніх підприємств і господарств.

Зерноочисні машини в нашій країні використовуються дуже широко: від фермерських господарств до будь-яких підприємств переробної галузі, які в значних кількостях переробляють зерно як сировину. Тому актуальним є дослідження та модернізація існуючих машин для очищення та сортування зерна, спрямованих на виявлення можливості підвищення якості їх роботи, зниження енергоємності та металомісткості їх конструкцій.

Незважаючи на досить широке застосування зерноочисних машин, показники їх технологічної ефективності недостатньо високі, особливо це стосується повітряного очищення, що призводить до зменшення якості або продуктивності очищення зерна [2].

Тому в магістерській роботі запропонована модернізація зерноочисної машини, що дозволить підвищити показники її технологічної ефективності, збільшити якісні показники пневмосепарації, а також зменшити енергоємність.

					ОПЗМ 00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА		
Розроб.	Гнилуша						
Перевір.	Мороз						
Реценз.							
Н. Контр.	Мачок						
Затверд.	Леценко						
					Лім.	Арк.	Аркушів
						5	1
					ЦНТУ, гр. ГМ (СМ)-21М (1,9)		

2. НАУКОВА ЧАСТИНА

2.1. Огляд осадових пристроїв пневмосистем зерноочисних машин

В більшості серійних зерноочисних машинах застосовується традиційна схема очищення: з плоскими коливальними решетами і вертикальними прямокутними пневмосепаруючими каналами. При цьому, використовуються як правило два повітряних канали: перший – до подачі зернового матеріалу на решітне очищення, другий – після подачі, для доочищення зерна.

Найбільшого поширення в сучасних зерноочисних машинах загального призначення отримала схема очищення зерна, в якій пневмосепарація здійснюється перед решітним очищенням [3]. Відомі й технологічні схеми сепарації зерна, в яких повітряні канали розміщені після решітної частини. Така схема очищення застосовується в сепараторах або ж малої продуктивності, наприклад, в зерноочисних машинах «Haid», або ж в машинах для попереднього очищення, в яких використовуються решета з великими отворами, такі як наприклад в машинах фірми «Karter» (США).

Застосовуються й технологічні схеми двократного очищення зерна повітрям – до решіт та після, наприклад, в зерноочисних машинах К-531 «Petkus» (Німеччина).

При цьому, більшість сепараторів мають розімкнену повітряну систему. В системах зерноочисних машин із замкненим циклом повітряного потоку в машині циркулює один об'єм повітря, що значно покращує умови експлуатації сепараторів в закритих приміщеннях та знижує затрати енергії.

Експериментальні дослідження доводять, що застосування при розділенні зернового матеріалу пневмосепараторів з замкненим циклом повітряного потоку має декілька переваг в порівнянні з сепараторами розімкненого типу. До таких переваг можна віднести наступні [4]:

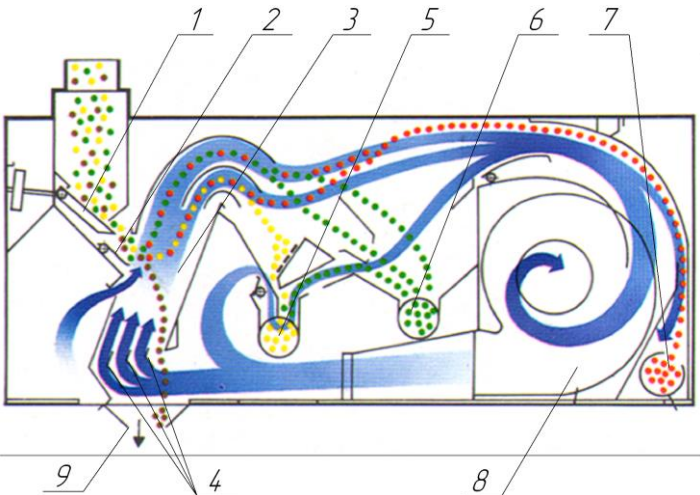
- мають обмежений повітрообмін між пневмосепараторами та приміщенням, що значно знижує потрапляння запиленого повітря в атмосферу;

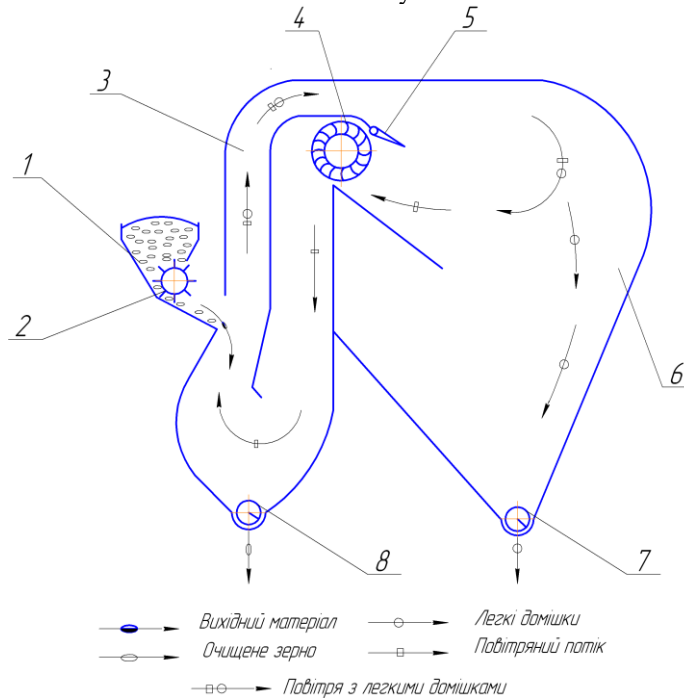
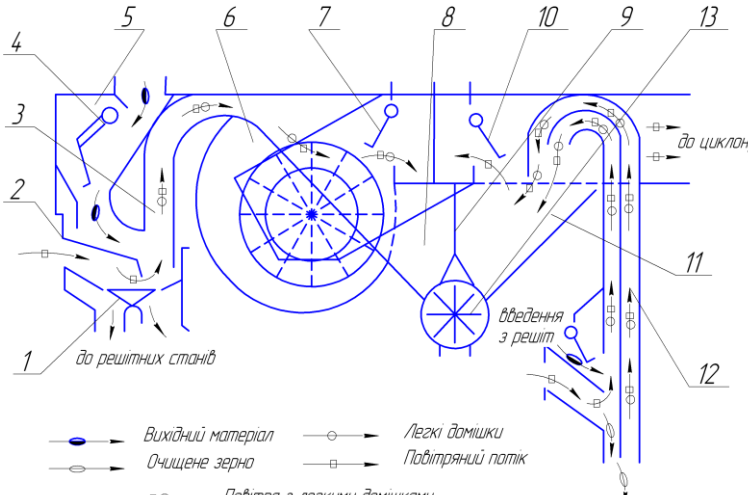
- мають меншу енергоємність для створення необхідного повітряного потоку та його подачі в пневмоканали;
- мають більш компактне поєднання робочих органів і зменшення габаритів сепаратора за рахунок оптимізації роботи їх осадових пристроїв.

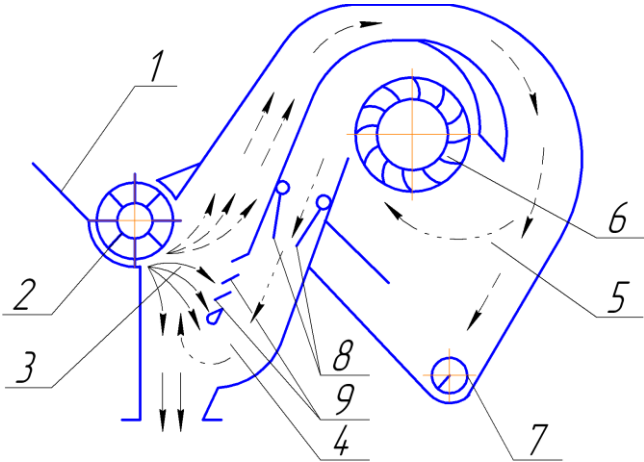
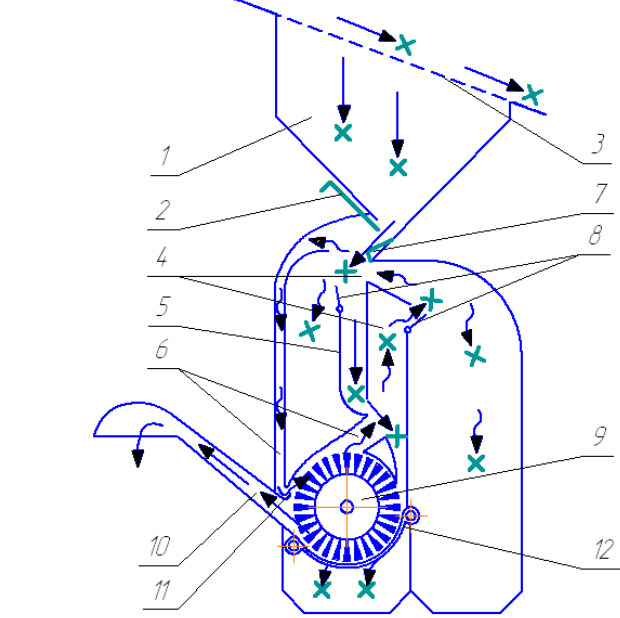
В таблиці 2.1 наведені найбільш типові схеми осадових пристроїв пневмосистем зерноочисних машин з замкнутим циклом повітряного потоку, які мають свої переваги та недоліки.

Таблиця 2.1.

Найбільш поширені осадові пристрої замкнутих пневмосистем

Функціональна схема повітряної системи	Основні переваги та недоліки	Аналогічні схеми
1	2	3
Пневмосепаратор ІСМ (Харків) 	Переваги: - легко відділяє зерновий матеріал від травмованого та підвищує схожість насіння до 98%; - мінімізовані втрати потужності; - зменшене енергоспоживання; - спрощене регулювання.	Пневмосепаратор СОК-30 [5]
Пневмосистема К-560 «Petkus»  1 – важіль; 2 – клапан; 3 – Пневмоканал; 4 – повітряні напрямники; 5 – приймальник неповноцінного зерна; 6 – приймальник фуражної фракції; 7 – приймальник дрібної фракції; 8 – вентилятор пневмосистеми; 9 – приймальник очищеного зерна	Переваги: - інтенсифіковане введення зерна в пневмоканал; - нижня частина пневмоканалу сприяє дворазовому послідовному продуванню зернового матеріалу; - використана замкнена схема циркуляції повітряного потоку. Недоліки пневмосепаратора: - складність при переобладнанні на очистку різних зернових культур; - досить висока енерго та металоємність при досить невисокій ступені очищення (50%).	«В одній з модифікацій машини фірми «Petkus» К-523 – при введенні встановлені горизонтальні стержні, що додатково розрихлюють зерновий матеріал [6]»

1	2	3
Пневмосепаратор канадської фірми «Carter Day»  1 – завантажувальний бункер; 2 – живильник; 3 – пневмоканал; 4- вентилятор; 5- регулювальний пристрій витрат повітря; 6 – осадний пристрій; 7 – приймальник легких домішок; 7 – приймальник очищеного зерна;	Переваги: - за рахунок використання живильного пристрою зерновий матеріал рівномірно розміщується в робочій зоні пневмоканалу; - дворазове послідовне очищення зернового матеріалу повітрям за рахунок конструкції пневмоканалу. Недоліки: - незначна питома продуктивність пневмосепаратора;	«Сепаратори фірми «Carter Day» (Канада) [7], А1-БДЗ-6; А1-БДЗ-12, СП-5), «Simon» (Англія) [8] та ін.»
Сепаратор «МСК Maschinenbau» (Німеччина)  1 – розподільник; 2 – вібраційний лоток; 3, 12 – пневмоканали; 4 – клапан; 5 – приймальний бункер; 6 – вентилятор; 7, 10 – заслінки; 8, 9 – перший та другий осадний пристрій; 13 – шлюзова заслінка.	Переваги сепаратора: - застосування циклу замкнутого повітряного потоку і діаметрального вентилятора; - дворазове послідовне продування зернового матеріалу; - знижена металоємність камери – в 1,3...1,6 разів і енергоємність – в 2 рази в порівнянні із звичайними сепараторами. Недоліки: - нестабільна роботи пневмоканалів, за рахунок їх приєднання до одного вентилятора.	««Петкус-Гігант» К-531 А, К-527А10 «Petkus» (Німеччина) [6]; СВУ-5А, СМ-4, та ін.»

1	2	3
Зерноочисна машина МПО-100  — Зерновий матеріал - - - Легкі домішки . . . повітряний потік 1 – приймальна камера; 2 – живильник; 3 – пневмосканал; 4 – нагнітальний канал; 5 – осадова камера; 6 – діа-метральний вентилятор; 7 – шнек легких домішок; 8 – дросельні заслінки; 9 – жалюзійна стінка;	Переваги: - зерно перед потраплянням в пневмосканал розрихлюється активним живильним вальцем; - конструкція нижньої частини пневмоканалу забезпечує умови для дворазового продування зернового матеріалу; - напроти місця введення зерна встановлені жалюзі, через які додатково зерновий матеріал обробляється за допомогою зустрічного повітряного потоку; - застосована замкнена схема циркуляції повітря; Недоліки: - недостатньо високий ефект очищення, особливо при підвищеній вологості та засміченості.	«МПО -50 СПО-50, (Російська Федерація) [9].»
МЗПІ-10 (ЦНТУ)  ~~~~~ Повітря; X - Домішки; — Очищене зерно. 1 – приймальний бункер; 2 – регулювальна заслінка; 3 – колосове решето; 4 – похилий та вертикальний пневмосканали; 5 – напрямник; 6 – повітропровід; 7 – струменевий ділильник; 8 – заслінки; 9 – ротор; 10 – відвантажувальник; 11 – ежекційна щілина; 12 – підсівне решето.	Переваги: - використана раціональна послідовність технологічних операцій; - перед введенням зерна в пневмосканал встановлено багатоструменевий розподільник; - двократне очищення зерна в похилому та вертикальному пневмоканалі; - застосування робочого органу нового покоління (лопатевого ротору, самоочисне пруткове решето); - відсутність допоміжних робочих органів (шнеки) для виведення зерна та відходів; Недоліки: - питома продуктивність пневмосепарації значно менша решітної, що ускладнює їх узгодження;	—

При цьому, ефективність роботи більшості пневмосистем зерноочисних машин залишається низькою, і тому для усунення цього недоліку в конструкціях одного сепаратора часто поєднуються декілька пневмоканалів.

Із приведеного огляду осадових пристроїв пневмосистем можна зробити наступні висновки:

- сучасні пневмосистеми вітчизняних та закордонних сепараторів мають достатньо схоже конструктивне виконання і відрізняються, як правило, більшою кількістю перегородок в каналах для стабілізації процесу;
- значне збільшення ефективності використання повітряного потоку можна реалізувати шляхом послідовної чи паралельної дії на зерновий матеріал;
- збільшення величини питомого навантаження призводить до збільшення кількості дрібних пилоподібних часток, які циркулюють в системі та впливають на якість сепарації;
- конструктивні обмеження розмірів осадової камери призводять до збільшення швидкості повітряного потоку, в результаті чого зменшується видалення легких домішок та пилоподібних часток в відходи;
- підвищення ефективності виділення легких домішок можливо шляхом доочищення зернової суміші, збільшення зони пневмосепарації, площі контакту легких та пилоподібних часток з повітряним потоком, збільшення та зміни геометрії осадових камер та встановлення допоміжних елементів в пневмосистемах сепараторів.

На основі результатів та аналізу сучасних досліджень пневмосепарації зерноочисних машин колективом кафедри СГМ ЦНТУ створена повітряно-решітний сепаратор інерційного типу ІПС (рис. 2.1.), випробування якої підтвердили її високу ефективність [10].

2.2. Опис об'єкту розробки

Пневмосепаратор ІПС (рис. 2.1) це стаціонарний агрегат, який виконаний у вигляді двох з'єднаних між собою стінок, що утворюють всередині машини повітряні канали, а стінки закріплені стаціонарно на

					ОПЗМ 00.000 ІЗ	Лист
						10
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

ніжках. Між двома такими стінками сепаратора розміщуються основні конструктивні елементи: пневмо канали, щітковий барабан, пруткове решето, жалюзійні напрямники і відбивачі, дві осадові камери, приймачі фракцій, сектори, клапани та інші елементи.

Пневмосепаратор ПС - це повітряно-решітний модуль, на якому зерновий матеріал очищається від дрібних домішок на підсівному решеті, де відбувається виділення крупних і дрібних домішок, а також повітряним потоком, що відповідає за виділення легких домішок, насінин бур'янів і інших культур, які відрізняються за аеродинамічними характеристиками від основного зерна.

Джерелом повітря в пневмосепараторі є щітковий ротор, який крім генерації повітряного потоку, що циркулює по пневмосистемі, також очищує зерновий матеріал повітряним потоком, та забезпечує транспортування та вивантажування очищеного зерна.

Шар зернового матеріалу, що розтягується щітковим барабаном і проводиться виділення його від дрібної фракції, після й під час проходження по прутковому решеті, відбувається захоплення повноцінних зерна щіточками барабану, який забезпечує шляхом інерційних сил транспортування очищеного матеріалу із пневмосепаратора в приймальний рукав.

Обертання щіткового ротора відбувається шляхом передачі обертів з валу електродвигуна, який встановлюється на боковині пневмосепаратора. Повітряний канал, через який потрапляє очищене повітряним потоком зерно, з одного боку стискається напрямником, а з іншого обмежується прутками підсівного решета. З протилежного краю підсівного решета закріплено пустотілий короб, який служить для відведення очищеного зерна із сепаратора шляхом використання сил інерції щіткового ротора. Внизу підсівного решета встановлений спеціальний сектор, зміщення якого сприяє регулюванню зазорів для проходу між прутками зернин. Будова сепаратора прямоточного типу приведено на рис. 2.1.

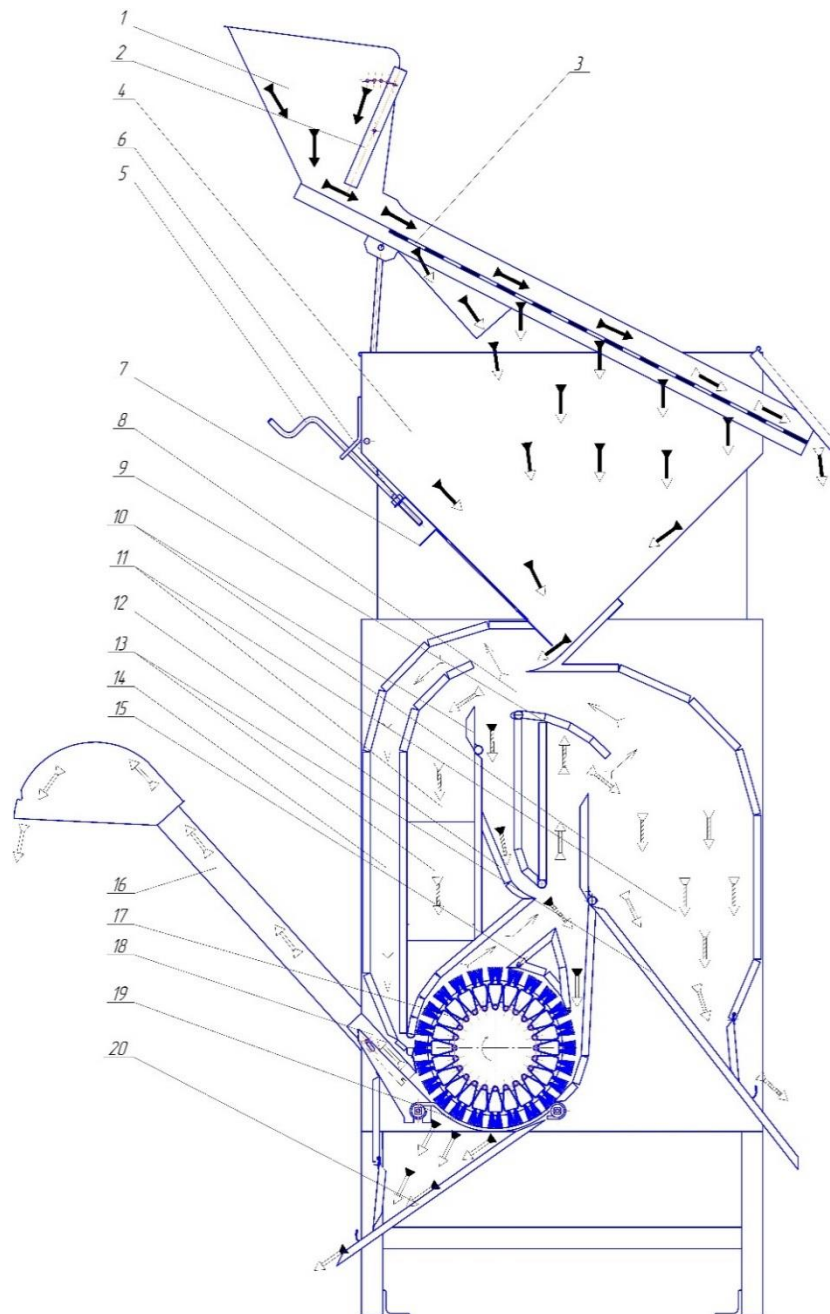


Рис. 2.1. Функціональна схема прямооточного сепаратора зерна ПС-2:

- 1 – бункер зерна; 2 – заслінка регулювання подачі; 3 – решітка крупних домішок; 4 – бункер; 5 – важіль регулювання подачі зернового матеріалу;
 6 – фіксатор заслінки; 7 – заслінка подачі матеріалу;
 8 – живильний лоток; 9 – пневмосепаруючий канал;
 10 – центральний сектор; 11 – заслінка регулювання якості поділу домішок;
 12 – осадові камери для легких фракцій; 13 – живильний лоток вертикального каналу; 14 – приймальний лоток легкої фракції; 15 – ежекційна канал;
 16 – сектор повітря розділюючий; 17 – приймальник чистого зерна;
 18 – щітковий ротор; 19 – короб для очищеного зерна;
 20 – пруткове підсівне решето; 21 – приймальник дрібної фракції.

При очищенні зерна сепаратор працює таким чином. Зерновий матеріал, який надходить на очищення шнековим завантажувачем направляє його на колосове решето крупних домішок 3. При цьому зерновий матеріал на розділення подається через бункер 1, і заслінку 2, що регулює подачу зерна і вирівнює потік на решітці 3. Тут відбувається виділення крупної фракції, яка виводяться самопливом за межі пневмосепаратора, а зерновий матеріал проходить до бункера 4. В цьому бункері зерновий матеріал, який потребує очищення, накопичується і через дозуючу заслінку направляється до пневмосистеми сепаратора. В пневмосистемі машини відбувається очищення легких домішок від основного зерна, причому пневмосистема має два пневмоканали, які послідовно задіяні в роботу. Спочатку вихідний матеріал продувається в похилому повітряному потоці в пневмоканалі першої сепарації 9, з якого легкі домішки виводяться повітряним потоком в осадовий пристрій 12 і видаляються із сепаратора через приймальник 14. Очищене у першому пневмоканалі насіння напрямним лотком 13 подається до другого пневмо каналу, де він обробляється вертикальним потоком, а легка фракція виносяться в осадову камеру 12 з протилежної сторони пневмосепаратора. Якість та повнота розділення домішок повітряним потоком та регулюється зміною швидкістю повітря в перерізах каналу, що забезпечується заслінками 11.

Джерелом повітря є щітковий ротор 18, що є багатофункціональним робочим органом, який не тільки утворює щітками повітряний потік, а й захвачує ними зерно, розтягує в один зерновий шар та пересуває по прутковому підсівному решету 20. Під час пересування насіння по підсівному решету 20 щіточками барабану 18 відбувається виділення дрібних домішок, що потрапляють у приймальник дрібної фракції 21. Зазори між сусідніми прутками решета 20 регулюються сектором, який знаходиться у нижній частині сепаратора, змінюючи мінімальні розміри прохідних фракцій. Функцію, яку також виконує барабан, це захоплення насіння під час його просування по нижньому решету, та за рахунок прискорення зерна та інерційних сил, при відвантаженні зерна в короб відділення очищеного насіння 19, з наступним транспортуванням очищеного зерна до приймальника 17.

					ОПЗМ 00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		13

Прямоточний сепаратор працює по принципу замкненої схеми циркуляції повітря, і в загальній схемі машини, крім обох робочих пневмо каналів та інших повітропроводів створює ежекційний канал 15. Робота замкненої схеми сепаратора полягає в наступному. Через різницю тисків, відпрацьоване повітря ежектором спрямовується до щіток барабану, які обертаючись знову захоплюють повітря і спрямовують в робочу зону пневмоканалів.

Загальне навантаження зернового матеріалу регулюють заслінкою 7 в бункері 4. Для покращення умов введення зерна на очищення в активну зону пневмоканалів використовується живильний лоток, що вводить зерновий матеріал горизонтально, чим збільшуючи струмінь розсіювання зерна.

Сепаратор прямоточного типу ППС використовується в господарських умовах для попереднього та первинного очищення зернових та круп'яних культур та технічних культур.

Незважаючи на те, що в машині використана раціональна послідовність технологічних операцій, а також схема двократної обробки зернового матеріалу замкнутим повітряним потоком в похилому і вертикальному повітряному каналі, одним із суттєвих недоліків є досить незначний об'єм осадової камери. Це створює негативні умови для зменшення осідання легких домішок та циркуляції пилоподібних часток в пневмосистемі машини, що суттєво знижує ефективність розділення зерна.

2.3. Пропозиції по вдосконаленню пневмосистеми інерційного сепаратора.

На основі аналізу конструкції інерційного прямоточного сепаратора та протоколів випробувань можна стверджувати, що одним з основних недоліків сепаратора є недостатня ефективність повітряної сепарації, в першу чергу через досить незначні габарити машини. Внаслідок цього є певні обмеження окремих її вузлів, а саме осадового пристрою. Враховуючи те, що в сепараторі використана замкнена система циркуляції повітряного потоку, значна частина

легких та пилоподібних часток не потрапляють в приймальник легких фракцій через значну швидкість повітряного потоку в осадовому пристрої і продовжують циркулювати в пневмосистемі. Це створює негативні умови для подальшої роботи повітряного потоку, оскільки насиченість повітря домішками не дозволяє ефективно виконувати роботу їх видалення при наступному потраплянні в зону сепарації. Через це зменшується якість розділення легких домішок, що впливає на загальну технологічну ефективність роботи сепаратора.

Тому, для покращення якості осідання легких часток нами запропоновано вдосконалити конструкцію пневмосистеми сепаратора шляхом встановлення додаткової пластини в нижній частині осадової камери (рис. 2.2). А також для більш якісного вловлювання пилоподібних часток встановити жалюзійну стінку в ежекційному каналі. Такі зміни дозволить покращити вловлювання легких домішок в осадовій камері та пилоподібних часток в ежекційному каналі. Це створить сприятливі умови для ефективної роботи повітряного потоку та дозволить підвищити якісні показники пневмосепарації.

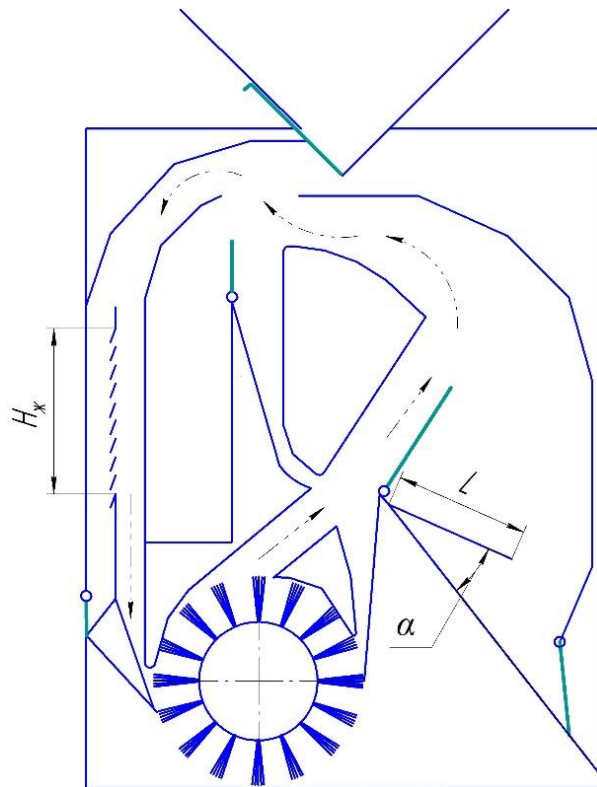


Рис. 2.2 Схема вдосконаленого пневмоканалу:

Така конструкція пневмосистеми сепаратора дозволить значно покращити структуру повітряного потоку та можливість проводити розділення навіть досить дрібного зернового матеріалу. Крім того, вказані сприятимуть суттєвому зменшенню запилення робочої зони сепаратора.

Задачею конструкторської розробки є удосконалення конструкції пневмосистеми інерційного сепаратора шляхом установки жалюзійної стінки та додаткової пластини.

2.4. Загальна характеристика роботи

Метою роботи є вдосконалення конструкції пневмосистеми сепаратора ПС та обґрунтування основних параметрів жалюзійної стінки та похилої пластини для підвищення виділення легких домішок та пилоподібних часток з зерна.

Задачі досліджень:

- дослідити режимні характеристики пневмосистеми сепаратора;
- обґрунтувати параметри жалюзійної стінки та похилої пластини та визначити їх вплив на якість очищення зерна.

Предмет досліджень – параметри жалюзійної стінки та похилої пластини замкненої пневмосистеми інерційного прямооточного сепаратора зерна.

Об'єкт дослідження - процес пневмосепарації пневмосистеми інерційного прямооточного сепаратора зерна з жалюзійною стінкою та похилою пластиною.

2.4.1. Програма і методика експериментальних досліджень інерційного прямооточного сепаратора.

1. Дослідити аеродинамічну характеристику пневмосистеми каналу та режими повітряного потоку.

2. Обґрунтувати основні параметри вдосконаленої пневмосистеми та визначити їх вплив на якість виділення легких домішок.

2.5. Обґрунтування раціональної швидкості повітряного потоку в пневмосистемі сепаратора.

До повітряного середовища, що рухається в пневмосканалі, можна застосувати закон збереження енергії, згідно до якого енергія потоку, що протікає за одиницю часу через переріз 0-0 (рис. 2.3), дорівнює сумі енергії потоків, що протікають за одиницю часу в послідовних відрізках каналу по перерізах 1-1 і 2-2, і дорівнює енергії потоку за цей же відрізок часу в перерізі 3-3, плюс втрати теплової та механічної енергії на ділянках між цими перерізами [11], тобто маємо рівняння:

$$N_0 = N_1 + N_2 + \Delta N_{M_{0-1}} + \Delta N_{T_{0-1}} + \Delta N_{M_{0-2}} + \Delta N_{T_{0-2}} = N_3 + \Delta N_{M_{0-3}} + \Delta N_{T_{0-3}}, \quad (2.1)$$

де N_0, N_1, N_2, N_3 – відповідно енергія потоку в перерізах 0-0, 1-1, 2-2, 3-3;

ΔN_M і ΔN_T – втрати механічної і теплової енергії потоку в каналі.

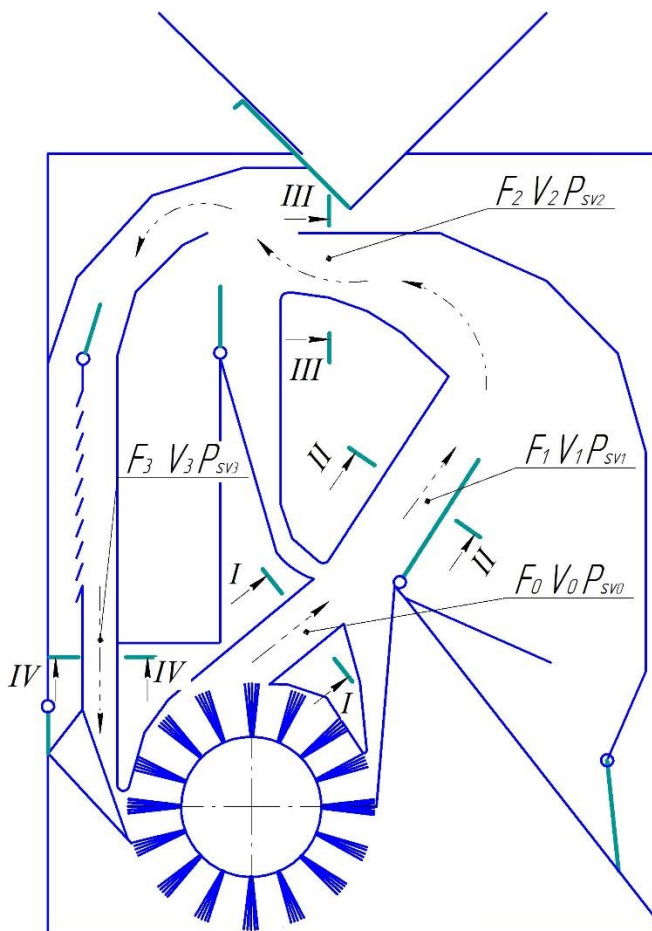


Рис. 2.3. Схема для визначення швидкості повітряного потоку в пневмосистемі сепаратора.

В загальному випадку для потоку непружної рідини (яка не стискається) з нерівномірним розподілом швидкостей і тисків по перерізам каналу відповідне рівняння має вигляд:

$$\begin{aligned} \int_{F_0} \left(P_{SV_0} + \frac{\rho_0 \cdot V_0^2}{2} + \rho_0 \cdot g \cdot z_0 + \rho_0 \cdot U_0 + \right) \cdot V_0 \cdot dV &= \int_{F_1} \left(P_{SV_1} + \frac{\rho_1 \cdot V_1^2}{2} + \rho_1 \cdot g \cdot z_1 + \rho_1 \cdot U_1 + \right) \cdot V_1 \cdot dV + \\ &+ \Delta N + \int_{F_2} \left(P_{SV_2} + \frac{\rho_2 \cdot V_2^2}{2} + \rho_2 \cdot g \cdot z_2 + \rho_2 \cdot U_2 + \right) \cdot V_2 \cdot dV + \Delta N_2 = \\ &= \int_{F_3} \left(P_{SV_3} + \frac{\rho_3 \cdot V_3^2}{2} + \rho_3 \cdot g \cdot z_3 + \rho_3 \cdot U_3 + \right) \cdot V_3 \cdot dV + \Delta N_3, \end{aligned} \quad (2.2)$$

де z_i – геометрична висота центра тяжіння відповідного перерізу, м;

P_{SV_i} - статичний(абсолютний) тиск в точці відповідного перерізу, Па;

U_i – питома теплота в потоці газу, Дж/кг;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

ρ_i - щільність середовища, кг/м³ ;

F_0, F_1, F_2, F_3 - відповідно площі перерізів 0-0, 1-1, 2-2, 3-3;

V_i – швидкість повітряного потоку, м/с;

ΔN_i – потужність повітряного потоку, що втрачається на ділянках між перерізами.

Статичний тиск в плоско паралельному потоці, що створюється щітковим ротором, в більшості практичних випадків постійний по перерізу навіть при значній нерівномірності розподілення швидкостей повітря [12].

Якщо прийняти, що щільність повітряного середовища, яка не змінюється вздовж всього потоку, то отримаємо:

$$\rho_0 = \rho_1 = \rho_2 = \rho_3 = \rho \quad (2.3)$$

Отже, можна припустити, що величина потенційної енергії також буде постійною, а з урахуванням того, що величина перепаду по висоті в замкнутій пневмосистемі незначна, то вираз (2.2) можна записати слідуючим чином:

$$\begin{aligned} P_{SV_0} \cdot V_0 \cdot F_0 \cdot \int_{F_0} \frac{\rho \cdot V_0^2}{2} \cdot dF_0 + U_0 \cdot \rho \cdot V_0 \cdot F_0 &= P_{SV_1} \cdot V_1 \cdot F_1 + \int_{F_1} \frac{\rho \cdot V_1^2}{2} \cdot dF_1 + \\ &+ U_1 \cdot \rho \cdot V_1 \cdot F_1 + \Delta N_1 + P_{SV_2} \cdot V_2 \cdot F_2 + \int_{F_2} \frac{\rho \cdot V_2^2}{2} \cdot dF_2 + U_2 \cdot \rho \cdot V_2 \cdot F_2 + \Delta N_2 \end{aligned} \quad (2.4)$$

При будь-якій формі розподілення швидкостей повітряного потоку по перерізу пневмоканалу рівняння нерозривності для перерізів, що досліджується можна записати рівнянням:

$$\int_{F_0} \rho \cdot V_0 \cdot dF = \int_{F_1} \rho \cdot V_1 \cdot dF + \int_{F_2} \rho \cdot V_2 \cdot dF = \int_{F_3} \rho \cdot V_3 \cdot dF = \int_F \rho \cdot V \cdot dF \quad (2.5)$$

З урахуванням того, що щільність повітря по перерізам постійна, можна записати:

$$V_0 \cdot F_0 = V_1 \cdot F_1 = V_2 \cdot F_2 = V_3 \cdot F_3, \quad (2.6)$$

або
$$Q_0 = Q_1 + Q_2 = Q_3, \quad (2.7)$$

де Q_i - витрати в i -му перерізі пневмосистеми.

Підставляючи вираз (2.7) в (2.4), отримаємо:

$$\left(P_{sv_0} + h_0 \cdot \frac{\rho \cdot V_0^2}{2} + \rho \cdot U_0 \right) \cdot Q_0 = \left(P_{sv_1} + h_1 \cdot \frac{\rho \cdot V_1^2}{2} + \rho \cdot U_1 \right) \cdot Q_1 + \Delta N_1 + \left(P_{sv_2} + h_2 \cdot \frac{\rho \cdot V_2^2}{2} + \rho \cdot U_2 \right) \cdot Q_2 + \Delta N_2 \quad (2.8)$$

де h_i - коефіцієнт кінетичних енергій (коефіцієнт Коріоліса) для відповідних перерізів, який обчислюється за формулою [12]:

$$h_i = \frac{1}{F_i} \cdot \int_{F_i} \left(\frac{V_H}{V_i} \right)^3 \cdot dF, \quad (2.9)$$

де V_H і V_i - швидкість повітряного потоку в початковому та i -му перерізах каналу.

Зміна теплової енергії залежить від того термодинамічного процесу, який створює повітря на шляху від перерізу 0-0 до 1-1, 2-2 і 3-3. В загальному

випадку це політропний процес, при якому стан змінюється по співвідношенню [12]:

$$\frac{P_{SV_0}}{\rho_0^n} = \frac{P_{SV_1}}{\rho_1^n} = \frac{P_{SV_2}}{\rho_2^n} = \frac{P_{SV_3}}{\rho_3^n} = \frac{P_{SV_i}}{\rho_i^n}, \quad (2.10)$$

де n - показник політропи.

При відсутності підводу теплоти можна прийняти, що стан потоку змінюється по ізотермі, при якій тиск пропорційний щільності газу.

Результати експериментальних досліджень [13] показали, що стан газу на обмеженій ділянці змінюється по політропі, більш близькій до ізотерми с показником політропи $n \approx 1$. В такому випадку справедливі наступні вирази:

$$\frac{P_{SV_0}}{\rho_0} = \frac{P_{SV_1}}{\rho_1} = \frac{P_{SV_2}}{\rho_2} = \frac{P_{SV_3}}{\rho_3} = \frac{P_{SV_i}}{\rho}, \quad (2.11)$$

$$\text{І відповідно,} \quad P_{SV_0} = P_{SV_1} = P_{SV_2} = P_{SV_3} = P_{SV}. \quad (2.12)$$

Віднесемо потужність потоку до об'ємної витрати повітря через переріз 0-0, тоді вираз (2.8) прийме вигляд:

$$P_{SV_0} + h_0 \cdot \frac{\rho \cdot V_0^2}{2} + P_{SV_1} \cdot \frac{Q_1}{Q_0} + h_1 \cdot \frac{\rho \cdot V_1^2}{2} \cdot \frac{Q_1}{Q_0} + \Delta e_1 + P_{SV_2} \cdot \frac{Q_2}{Q_0} + h_2 \cdot \frac{\rho \cdot V_2^2}{2} \cdot \frac{Q_2}{Q_0} + \Delta e_2, \quad (2.13)$$

де Δe_1 і Δe_2 - питомі втрати потужності в перерізі, що розглядається.

Приймаємо, що величину статичних тисків в перерізах 1-1 і 2-2 можна замінити виразом $P_{SV_{1,2}} = (P_{SV_1} + P_{SV_2}) / 2$, тоді :

$$P_{SV_0} + h_0 \cdot \rho \frac{V_0^2}{2} = P_{SV_{1,2}} + h_1 \cdot \frac{\rho \cdot V_1^2}{2} \frac{Q_1}{Q_0} + \Delta e_1 + h_2 \cdot \frac{\rho \cdot V_2^2}{2} \cdot \frac{Q_2}{Q_0} + \Delta e_2, \quad (2.14)$$

Підставивши в вираз (2.14) величину витрати повітря $Q = V_i \cdot F_i$, отримуємо:

$$P_{SV_0} + h_0 \cdot \rho \frac{V_0^2}{2} = P_{SV_{1,2}} + \frac{h_1 \cdot \rho \cdot V_1^3}{2 \cdot b_0 \cdot V_0} + \Delta e_1 \cdot \frac{h_2 \cdot \rho \cdot V_2^3 \cdot b_2}{2 \cdot b_0 \cdot V_0} + \Delta e_2, \quad (2.15)$$

де b_0 – глибина каналу в відповідному перерізі.

Для визначення факторів, які впливають на процес зміни швидкості повітряного потоку, виконавши ряд перетворень виразу (2.15), отримаємо:

$$V_2 = \sqrt{\left(P_{SV_0} + h_0 \cdot \frac{\rho \cdot V_0^2}{2} - P_{SV_{1,2}} - h_1 \cdot \frac{\rho \cdot V_1^3 \cdot b_1}{2 \cdot b_0 \cdot V_0} - \Delta e_1 - \Delta e_2 \right) \cdot \frac{2 \cdot b_0 \cdot V_0}{h_2 \cdot \rho \cdot b_2}}. \quad (2.16)$$

Аналізуючи вираз (2.16), можна зробити висновок, що збільшення швидкості повітря на вході в вертикальний канал призводить до збільшення швидкості на виході, що впливає на швидкісний режим пневмосистеми сепаратора. Отримані рівняння дозволяють визначити швидкість повітряного потоку в будь якому перерізі виходячи з конструктивних параметрів сепаратора.

2.5.1. Опис експериментальної установки інерційного пневмосепаратора зерна

Для проведення експериментальних досліджень і обґрунтування параметрів використовувалась експериментальна установка, загальний вигляд якої зображені на рис. 2.4. Установка дозволяє змінювати основні параметри та режими роботи в потрібних діапазонах. Бокова стінка пневмосистеми виготовлена прозорою із оргскла, що й забезпечує можливість візуально спостерігати за процесом. Основними складовими частинами пневмосистеми є: бункер, живильник, пневмосепаруючі канали, щітковий ротор, осадова камера, ежекційний канал 8, приймальники легких фракцій.



Рис. 2.4. Експериментальна установка інерційного сепаратора

Регулювання величини питомого зернового навантаження регулюється за допомогою заслінки бункеру.

Швидкість повітря на вході в пневмосистему регулюють зміною кількості обертів щіткового ротора.

Для визначення впливу параметрів похилого лотка та жалюзійної стінки на якість виділення легких домішок були проведені наступні досліді.

Зерно пшениці, в кількості 10 кг завантажували в бункер. Величину питомого навантаження визначали шляхом зважування відповідної зернової маси m , яка пропускалаь через одиницю ширини B за проміжок часу t [13]:

$$q_{b_i} = \frac{m}{B \cdot t}, \quad (2.17)$$

Для цього здійснювали тарування заслінки бункеру для забезпечення продуктивності сепаратора, що відповідало вторинному очищенню - $q_{B \min}$, первинному - $q_{B \text{сер}}$ та попередньому - $q_{B \max}$.

Послідовність проведення дослідів була наступною. Встановивши загальну заслінку на позначку навантаження $q_{B \min}$, змінюючи положення заслінки регулювали кількість зернової суміші, яка потрапляла в пневмоканал.

Величину питомого навантаження змінювали в межах $q_b = 500 \dots 2200$ кг/дм·год. Швидкість введення зерна в горизонтальний пневмоканал встановлювали в межах від 0,4 до 0,6 м/с. Швидкість повітряного потоку в на вході в пневмосистему, змінювали в діапазоні $V = 6 \dots 9$ м/с за допомогою зміни частоти обертання щіткового ротора. В осадовій камері швидкість повітряного потоку змінювалась залежно від вхідної швидкості.

Оцінку аеродинамічної характеристики пневмосистеми виконували за допомогою мікроманометра ММН-1 (рис. 2.5) в зоні осадової камери та ежекційного каналу п'яти точках поперечного перерізу.

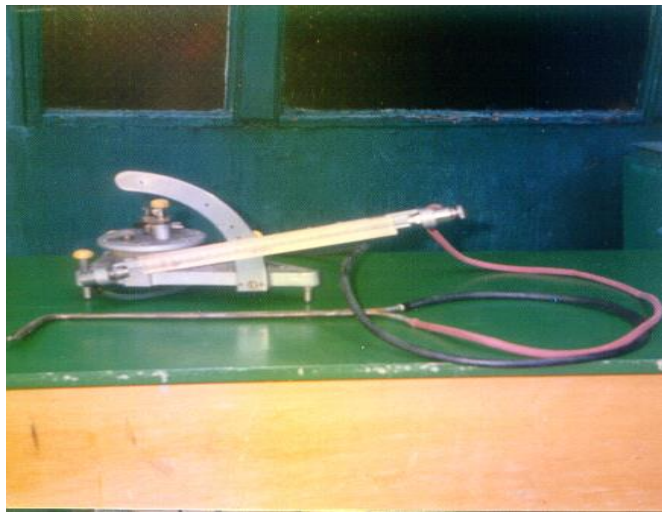


Рис. 2.5. Загальний вигляд мікроманометра ММН-1

Визначення динамічного тиску P_δ , виконували за формулою [15]:

$$P_\delta = \gamma_p \cdot \sin \alpha_m \cdot (h_k - h_n), \quad (2.18)$$

де $(h_k - h_n)$ – кінцеві та початкові покази вимірів мікроманометра, мм вод ст;

α_m – кут нахилу трубки мікроманометра, град;

γ_δ – питомої вага робочої рідини (спирту), кг/м³.

Швидкості повітряного потоку в поперечному перерізі пневмосистеми сепаратора розраховували за формулою:

$$V_{ni} = 4,04 \sqrt{P_{\delta i}}, \quad (2.20)$$

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

Для дослідження впливу параметрів жалюзійної стінки та похилої пластини на розподіл швидкостей повітряного потоку в осадовій камері та ежекційному каналі та обґрунтування раціонального значення параметрів було проведено серію дослідів.

Параметри похилого лотка змінювали в межах $L=150\ldots250$ мм, та кут нахилу $\alpha = 15\ldots30^\circ$. Висоту жалюзійної стінки варіювали в межах $H_{жс} = 200\ldots400$ мм та кількість жалюзей від 5 до 9 шт. вимірюючи при цьому динамічний тиск в перерізах пневмосистеми II-II та IV-IV (рис. 2.6), розташовуючи трубку мікроманометра на відстані 30 мм від верхнього зернового шару матеріалу.

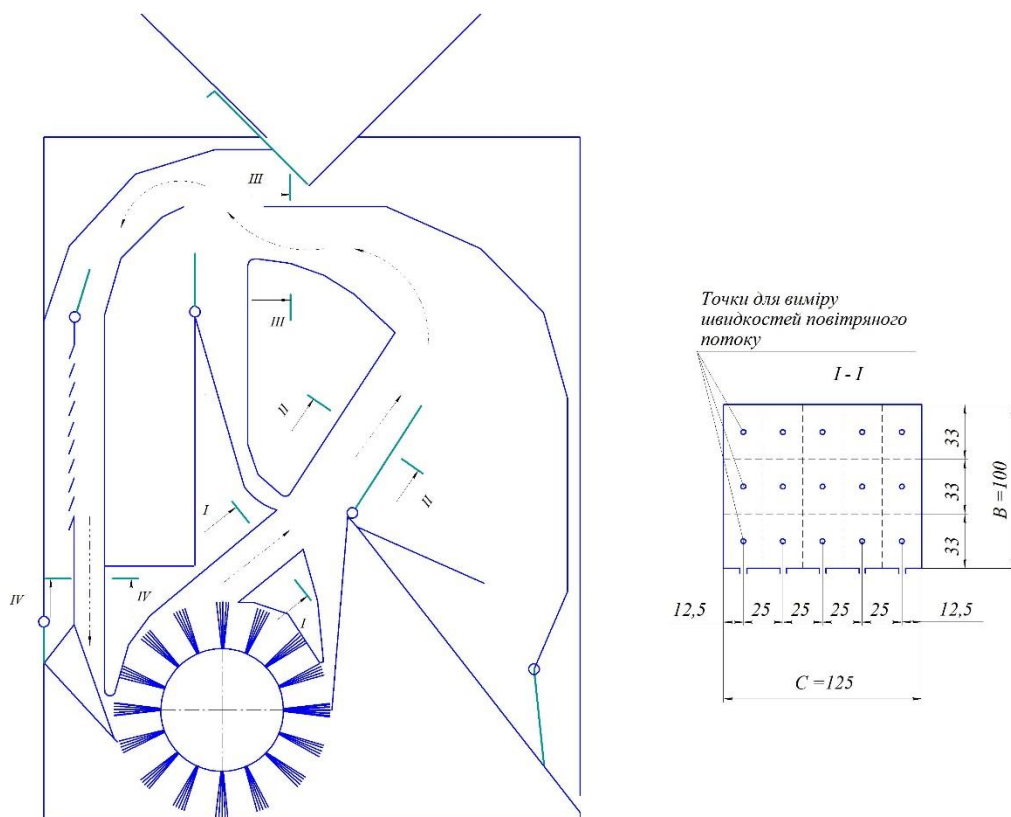


Рис. 2.6. Схема пневмосистеми при дослідженні аеродинамічної характеристики.

Аеродинамічну характеристику пневмосистеми сепаратора спочатку визначали без зернового навантаження, а потім змінюючи параметри і режими його роботи.

Визначення швидкості повітряного потоку виконували через 5 с, після початку подачі зернового матеріалу з бункеру. Повторюваність експериментальних дослідів була трьохкратною.

Середню швидкість повітряного потоку в пневмосистемі розраховували як середнє арифметичне значень швидкості повітряного потоку на кожній i - й ділянці перерізу:

$$V_n = \sum_{i=1}^m \frac{V_{n_i}}{m}, \quad (2.21)$$

де V_{n_i} – величина середньої швидкості потоку на i -й ділянці, м/с;

m – кількість ділянок в перерізі пневмосистеми сепаратора.

При проведенні експериментальних досліджень в якості оброблюваного матеріалу використовувати зерно пшениці, з вологістю 16% та засміченістю 12%. Дослідний зерновий матеріал складався із дрібних, битих зерен пшениці, а також з інших домішок зерна, що отримані з комбайна після збирання.

Якість показники очищення зерна пшениці оцінювали повнотою розділення домішок:

$$\varepsilon = \frac{G_{\text{вид}}}{G_{\text{заг}}} \cdot 100\%, \quad (2.22)$$

де $G_{\text{вид}}$ – маса легких домішок, що виділились повітряним потоком в приймальники легких фракцій, кг;

$G_{\text{заг}}$ – маса легких домішок в вихідному зерновому матеріалі, кг;

Результати досліджень аеродинамічної характеристики пневмосистеми сепаратора.

Одним з важливих показників якості очищення від легких домішок є рівномірність поля швидкостей повітряного потоку. Тому, для обґрунтування параметрів пневмосистеми, які досліджуються необхідно отримати епюри швидкостей в тих місцях сепаратора, де відбувається виділення легких домішок.

За результатами визначення аеродинамічної характеристики пневмосистеми сепаратора було отримано епюри швидкостей (рис. 2.7). при різних параметрах жалюзійної стінки та похилого лотка.

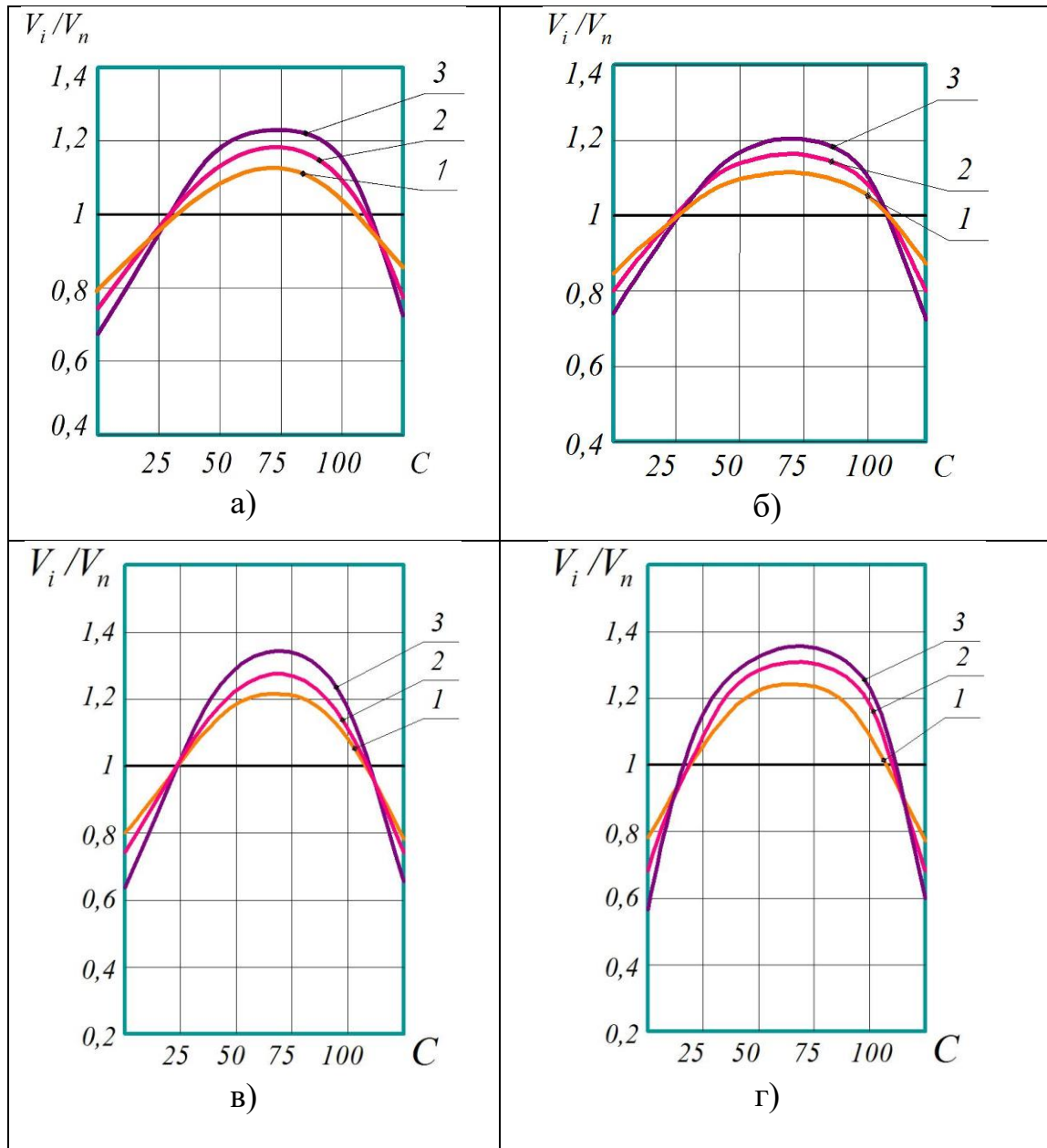


Рис. 2.7 Епюри швидкостей повітряного потоку в пневмосистемі сепаратора: 1 – $H_{жс} = 400$; $n = 9$; $L = 300$; 2 – $H_{жс} = 300$; $n = 7$; $L = 250$; $H_{жс} = 200$; $n = 5$; $L = 200$; в), г) – в перерізі II-II; а), б) – в перерізі III-III.

За результатами визначення аеродинамічної характеристики встановлено, що найбільш вирівняне поле швидкостей повітряного потоку спостерігається при наступних параметрах пневмосистеми: висота жалюзійної стінки $H_{жс} = 400$ мм; кількість жалюзей, $n = 9$ шт; довжина похилої пластини $L = 250$ мм;

Для оцінки якісних показників видалення легких домішок та пилоподібних часток були проведені дослідження з використанням зернового матеріалу пшениця, засміченість 12% (рис. 2.8).

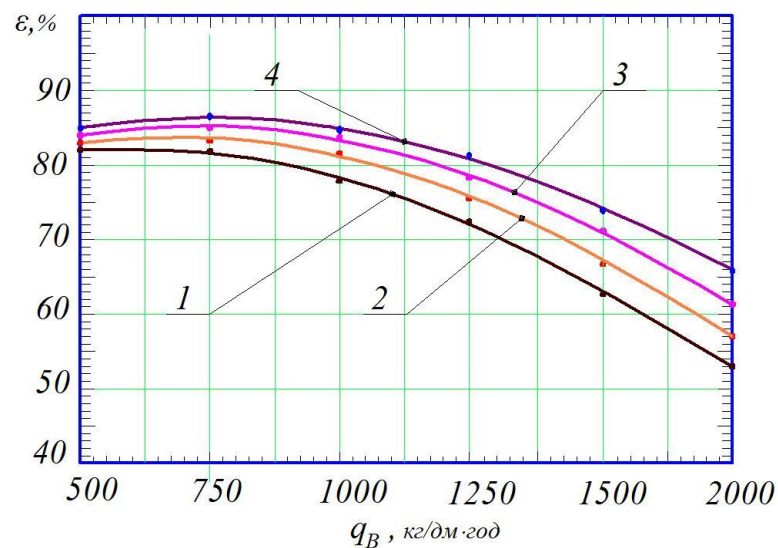


Рис. 2.8. Залежність повноти виділення легких домішок в пневмоситемі сепаратора при параметрах $\varepsilon = f(q_B)$:

1 – базовий сепаратор; 2 – з похилою планкою; 3 – з жалюзійною стінкою; 4 – з похилою планкою та жалюзійною стінкою

За результатами експериментальних досліджень встановлено, що раціональні значення параметрів жалюзійної стінки знаходяться в межах $H_{жс} = 400$ мм; при кількості жалюзей $n = 9$ шт; та з довжиною похилої пластини $L = 300$ мм;

Для перевірки досліджених параметрів пневмосистеми та роботоздатності сепаратора з запропонованим вдосконаленням виконуємо інженерні розрахунки.

3.ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок параметрів повітряної системи сепаратора ІПС-2

Інерційний сепаратор прямооточного типу ІПС-2 розділює зерновий матеріал від крупних домішок, легких і дрібних домішок. Розділення за аеродинамічними властивостями відбувається послідовно в двох пневмо каналах, що взаємопов'язані між собою в пневмосистемі машини замкнутого типу. Відповідно, циркулюючи в межах однієї повітряної системи, повітряний потік працює відповідно до законів нерозривності потоку. Враховуючи закон збереження енергії можемо записати для будь-якого перерізу повітряної системи сепаратора:

$$\begin{aligned} W_1 &= W_2 = \dots = W_n = W, \\ \text{або} \quad S_1 V_1 &= S_2 V_2 = \dots = S_n V_n = S V, \end{aligned} \quad (3.1)$$

де W , W_1 , W_2 , W_n – витрати повітряного потоку по перерізам повітряної системи сепаратора замкнутого типу, м³/год.

За таких умов приймемо, що W – витрати повітря в початковій зоні пневмосистеми, що знаходиться біля виходу повітряного потоку з щіткового барабану, W_1 – дійсні витрати повітря в горизонтальному пневмо каналі другого очищення, W_2 – дійсні витрати повітря в пневмо каналі першого очищення;

S , – площа поперечного перерізу в конкретній робочій зоні пневмо системи сепаратора, м²;

V – середня швидкість повітря в певному робочому перерізі пневмо системи сепаратора, м/с.

Для створення умов якісної та стабільної роботи пневмосистеми сепаратора та ефективного виділення легких домішок з урахуванням конструктивних змін осадового пристрою необхідно забезпечити швидкість повітря, що враховує середню швидкість витання повноцінного зерна (пшениці):

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

$$V_1 = 0,7 \cdot V_{\text{внт}}, \quad (3.2)$$

де $V_{\text{внт}}$ – швидкість витання, м/с, для насіння пшениці прийmemo $V_{\text{внт}} = 12$ м/с.

$$V_1 = 0,7 \cdot 12 = 8,4 \text{ м/с.}$$

Відповідну робочу швидкість для ефективного розділення легких домішок в горизонтальному пневмо каналі другої аспірації знаходимо аналогічно:

$$V_2 = 0,9 \cdot V_{\text{внт}} = 0,9 \cdot 12 = 10,8 \text{ м/с.}$$

Для того, щоб відбувалось ефективне осідання легких домішок, швидкість повітряного потоку в осадовій камері повинна бути меншою ніж в пневмосепараційних каналах мінімум в 2,5 ...3 рази [15].

Виходячи з цього, приймаємо швидкість повітряного потоку в осадовій камері $V_3 = 10,8/3 = 3,6$ м/с;

З урахуванням того фактору, що пневмосистема прямооточного сепаратора працює разом з решітною частиною, то з конструктивних міркувань потрібно встановити, що ширина обох пневмосепараційних каналів відповідає ширині пруткового решета, тобто $B = 100$ мм.

Для конструктивного обґрунтування глибини пневмосепаруючих каналів використовуємо формулу [15]:

$$C = \frac{q_b + 1350 \cdot \eta - 1135}{22,7 - 27 \cdot \eta}, \quad (3.3)$$

де q_b – питоме навантаження насіння пшениці при очищенні на одиницю ширини пневмо каналу, кг/дм·год;

η – повнота розділення легких домішок з вихідного матеріалу, що потрапляє на очистку, приймається виходячи з того, яке очищення зерна проводиться. З урахуванням вдосконалення осадового пристрою, ефективність очищення підвищиться на 2...5%.
Приймаємо, $\eta = 0,73$.

Виходячи з цього, розрахункове значення питомого навантаження при первинному очищенні зерна пшениці з урахуванням загальної продуктивності сепаратора, може бути визначене таким чином [17]:

$$q_b = \frac{Q}{B \cdot i} = \frac{2000}{1 \cdot 2} = 1000 \text{ кг/дм} \cdot \text{год},$$

де Q – експлуатаційна годинна продуктивність сепаратора, кг/год;

i – кількість пневмосепаруючих каналів, які послідовно працюють в пневмосистемі сепаратора.

За даними численних експериментальних досліджень величина питомого навантаження, при якій якісні показники очищення відповідають агротехнічним вимогам не повинна перевищувати 1300...1500 кг/дм·год.

Розраховане значення питомого навантаження в інерційному сепараторі дозволяє зробити висновок, що зернове навантаження не перевищує максимально допустиме, а отже пневмосепаратор може виконувати поставлені задачі, а створені умови виділення легких домішок повітряним потоком є цілком сприятливими.

Після зроблених розрахунків та припущень, розрахункова величина глибини пневмосепаруючого каналу:

$$C = \frac{1000 + 1350 \cdot 0,73 - 1135}{22,7 - 27 \cdot 0,73} = 283 \text{ мм.}$$

Для зручного компоновання пневмо системи з іншими елементами сепаратора, глибину каналу приймаємо трохи більшою за розрахункову, $C = 280$ мм.

Виходячи з того, що даною інерційним сепаратором можна очищувати значний спектр зернових та технічних культур, повітряна система сепаратора повинна забезпечувати суттєвий діапазон швидкостей повітря в робочому перерізі пневмосепаруючих каналів. Виходячи з того, що нами пропонується встановити в осадовій камері додаткову перегородку для більш ефективного вловлювання легких домішок та жалюзійну стінку в пиловловлюючій камері, необхідно врахувати зміну швидкості повітряного потоку в цих вузлах та робочій зоні сепарації.

Після визначення робочої швидкості повітряного потоку в пневмосистемі та осадовому пристрої можна визначити загальні витрати повітря за формулою:

$$W_1 = 3600 \cdot B \cdot C \cdot V_1 \quad (3.4)$$

$$W_1 = 3600 \cdot 0,1 \cdot 0,28 \cdot 8,4 = 846,72 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Враховуючи те, що повітряна система пневмосепаратора працює за умови нерозривності повітряного потоку і з врахуванням закону збереження енергії розраховуємо параметри горизонтального пневмосепаруючого каналу другої аспірації, при цьому маємо на увазі, що розрахункова робоча швидкість у ньому повинна бути $V_2 = 10,8 \text{ м/с}$, а отже

$$W_1 = W_2 = S_1 V_1 = S_2 V_2 = 3600 \cdot B_1 C_1 V_1 = 3600 \cdot B_2 C_2 V_2$$

Виконавши перетворення попереднього рівняння отримаємо:

$$W_1 = 3600 \cdot B_2 C_2 V_2 \rightarrow C_2 = \frac{W_1}{3600 \cdot B_2 \cdot V_2} = \frac{846,72}{3600 \cdot 0,1 \cdot 10,8} = 0,217 \text{ мм.}$$

Виходячи з проведених розрахунків можна обґрунтувати певні конструктивно-технологічні параметри замкненої пневмосистеми прямооточного сепаратора, а саме:

- пневмосепараційний канал першої сепарації) буде мати розміри 100 мм × 280 мм;
- горизонтальний пневмосепараційний канал другої сепарації має переріз 100 мм × 150 мм;
- питома навантаження при очищенні пшениці – 1000 кг/дм·год;
- повнота розділення повітряною системою сепаратора – не менше 73%;
- швидкість повітряного потоку при очищення пшениці в пневмосепараційному каналі першої аспірації – $V_1 = 8,4 \text{ м/с}$;

- швидкість повітряного потоку при розділенні в горизонтальному пневмосепаруючому каналі другої сепарації– $V_2 = 10,8$ м/с.;
- швидкість повітряного потоку в осадовій камері $V_1 = 3,6$ м/с.;
- загальні витрати повітряного потоку через пневмосистему сепаратора – $W = 846,72$ м³/год.

3.2. Визначення витрат повітряного потоку в осадовій камері та обґрунтування параметрів жалюзійної стінки пиловловлювача.

Витрата повітря на вході в осадову камеру:

$$W = S_1 \cdot V_{\text{пов}} \quad (3.5)$$

де S_1 – поперечна площа перерізу осадової камери

$$S_1 = B_1 \cdot C_1, \text{м}^2 \quad (3.6)$$

$$S_1 = 0,1 \cdot 0,645 = 0,0645, \text{м}^2$$

Відповідно,

$$W_1 = 0,645 \cdot 3,5 = 0,225 \text{ м}^3/\text{с}$$

Розраховуємо коефіцієнт вагової концентрації зернової суміші:

$$\mu = \frac{Q_z}{3,6 \cdot W \cdot \gamma_{\text{в}}}, \quad (3.8)$$

де Q_z - продуктивність інерційного пневмосепаратора, т / год;

$\gamma_{\text{в}}$ - питома вага повітря, $\gamma_{\text{в}} = 1,24$ кг / м³.

$$\mu = \frac{2,2}{3,6 \cdot 0,225 \cdot 1,24} = 0,71$$

Динамічний напор перерізі визначаємо за формулою:

$$H_{\text{дин}} = \gamma_{\text{в}} \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot (1 + \mu \cdot \frac{v^2}{v_{\text{в}}^2}), \quad (3.9)$$

Співвідношення швидкості переміщення легких домішок до швидкості руху повітряного потоку необхідно приймати $v_2 \div v_6 = 0,75$ [15].

$$H_{\text{дин}} = 1,24 \cdot \frac{8,4^2}{2 \cdot 9,81} \cdot (1 + 0,71 \cdot 0,75^2) = 12 \text{ кг / м}^2$$

Визначаємо тиск на піднімання легких домішок за формулою:

$$H_{\text{под}} = (1 + \mu) \cdot \gamma_6 \cdot h, \quad (3.10)$$

де h - висота піднімання легких домішок, 0,6 м.

$$H_{\text{под}} = (1 + 0,71) \cdot 1,24 \cdot 0,6 = 1,27, \text{ кг / м}^2$$

Гідравлічний коефіцієнт опору руху повітряного потоку розраховуємо за формулою:

$$\lambda_6 = 0,0124 + \frac{0,0011}{d}, \quad (3.11)$$

$$\gamma_6 = 0,0124 + \frac{0,0011}{0,1} = 0,0234$$

Розраховуємо коефіцієнт опору руху легких домішок за формулою:

$$\lambda_{\text{см}} = 1,3 \cdot \lambda_6, \quad (3.12)$$

$$\gamma_{\text{см}} = 1,3 \cdot 0,0234 = 0,03$$

Визначаємо тиск при подоланні тертя легких домішок в осадовій камері за формулою:

$$H_{\text{тр}} = \lambda_{\text{см}} \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v_6^2}{2g} (1 + \mu) \cdot \gamma_6, \quad (3.13)$$

$$H_{\text{тр}} = 0,03 \cdot \frac{12}{0,1} \cdot \frac{8,4^2}{2 \cdot 9,81} (1 + 0,71) \cdot 1,24 = 26,9 \text{ кг / м}^2$$

Визначаємо тиск при подоланні місцевого опору при русі домішок:

$$H_{\text{м}} = \sum \varepsilon \cdot \frac{\gamma_{\text{в}} \cdot v_{\text{в}}^2}{2g}, \quad (3.14)$$

Розраховуємо коефіцієнт опору інжектора сепаратора [15], при $F : f = 2$
і при $\alpha = 20^\circ$:

$$\varepsilon_7 = 0,1$$

Розраховуємо коефіцієнт опору після ротора:

$$\varepsilon_8 = \varepsilon_7 + \varepsilon_{\text{дон}}, \quad (3.15)$$

$$\varepsilon_8 = 0,1 + 0,26 = 0,36$$

Тоді, сума коефіцієнтів всіх місцевих опорів пневмосепаратора:

$$\sum \varepsilon = 2,48$$

Визначаємо втрати тиску повітря в елементах, що створюються в
місцевих опорах (жалюзійна стінка та похила пластина):

$$H_{\text{м}} = 2,48 \cdot \frac{8,4^2 \cdot 1,24}{2 \cdot 9,81} = 9,06 \text{ кг / м}^2$$

Розраховуємо статичний тиск за формулою:

$$H_{\text{ст}} = H_{\text{под}} + H_{\text{тр}} + H_{\text{м}}, \quad (3.16)$$

$$H_{\text{ст}} = 1,27 + 26,9 + 9,6 = 37,7 \text{ г / м}^2$$

Розраховуємо повний тиск пневмосистеми:

$$H_{\text{пол}} = H_{\text{дин}} + H_{\text{ст}}, \quad (3.17)$$

де $H_{\text{пол}}$ - повний тиск повітря в пневмосистемі, кг / м²;

$H_{дин}$ - динамічний тиск повітря в пневмосистемі, кг /м²;

$H_{ст}$ - статичний напір в пневмосистемі, кг /м².

$$H_{пов} = 12 + 37,7 = 49,7 \text{ кг / м}^2$$

Розраховуємо необхідну кількість жалюзей стінки виходячи з висоти ежекційного каналу $H_{ежс}$, приймаючи їх ширину та відстань між ними близько 12 мм і 24 мм згідно з [15].

$$n_p = \frac{H_{ежс}}{b_p + k_p} \quad (3.18)$$

де b_p – ширина жалюзей, мм;

k_p – відстань між жалюзями, мм;

$$n_p = \frac{328}{12 + 24} = 9_{шт}$$

Приймаємо кількість жалюзей – 9 шт, кожен з яких шириною 12 мм, при відстані між ними – 24 мм.

3.3. Технологічний розрахунок джерела повітряного потоку (щіткового ротора)

Повітряний потік у прямоточній зерноочисній машині створює щітковий ротор 18 (рис. 2.2), який є багатофункціональним робочим органом і забезпечує пересування зерна по підсівному решету та її розділення від дрібних домішок та транспортування очищеного насіння і їх його вивантаження за межі сепаратора. Тому, визначаючи параметри щіткового ротору необхідно враховувати всі функції, що він виконує в межах одного пневмосепаратора.

Як джерело повітряного потоку ротор сепаратора повинен нагнітати в пневмосистему необхідну кількість повітря з рівномірною структурною характеристикою. Масу повітря, яку витісняє щітковий ротор щітками при обертанні може бути визначена за формулою [16]:

$$m_n = \gamma \cdot S_{\text{лн}} \cdot i \cdot V_{\text{л}},$$

де γ – щільність повітря, (можна прийняти, що $\gamma = 1,2 \text{ кг/м}^3$);

$S_{\text{лн}}$ – робоча площа перетину щітки щіткового ротору, м^2 ;

i – необхідна кількість щіток на барабані, шт.;

$V_{\text{л}}$ – лінійна швидкість лобової поверхні щіток ротора, м/с .

Для розрахунку параметрів однієї щітки (рис. 2.9) ротора, розрахуємо площу перетину:

$$S_{\text{лн}} = a \cdot b,$$

де a – довжина щіток ротору, м , яка є загальною довжиною ротора, а отже дорівнює ширині пневмоканалу.

$$a = B = 0,1 \text{ м}$$

b – висота щіток щіткового ротору, вибирається конструктивно, з урахуванням умов забезпечення якісних показників роботи решітної частини пневмосепаратора. За експериментальними даними, які отримані дослідниками [10], та геометричними розрахунками рис. 3, $b = 0,05 \text{ м}$.

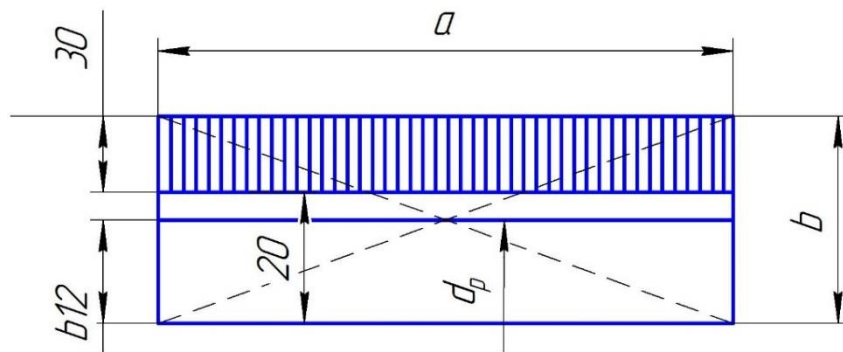


Рис. 2. 9. Основні конструктивні параметри щітки щіткового ротору

Тому,

$$S_{\text{лн}} = 0,1 \cdot 0,05 = 0,005 \text{ м}^2.$$

Для якісної роботи ротора при виділенні дрібних домішок на прутковому решеті та необхідності забезпечення достатніх інерційних сил для транспортування очищеного зерна з пневмосепаратора та створення задовільної рівномірності поля швидкостей повітряного потоку на виході в зону пневмосепарації, кількість щіток на роторі повинна бути $i = 24$ шт. [18].

Для отримання значень швидкісних параметрів повітряного потоку, що нагнітається щітками ротора знаходимо кутову частоту обертання:

$$\omega_p = \frac{\pi \cdot n_p}{30} = \frac{3,14 \cdot 1400}{30} = 146,5 \text{ рад/с}$$

Визначаємо радіус лобової площини щіток ротора (рис. 2.9):

$$r_l = \frac{d_l}{2} = \frac{1}{2} \cdot (D_p - b) = \frac{1}{2} \cdot (0,25 - 0,05) = 0,1 \text{ м}$$

Отже, лінійна швидкість лобової площини щіток ротора рівна:

$$V_l = \omega_p \cdot r_l = 146,5 \cdot 0,1 = 14,65 \text{ м/с}$$

З врахуванням розрахунків знаходимо масу повітря, яку будуть витісняти щітки щіткового ротору при його обертанні:

$$m_n = 1,2 \cdot 0,005 \cdot 24 \cdot 14,65 = 2,11 \text{ кг.}$$

Для якісної роботи ротора та забезпечення усталеного режиму руху повітряного потоку визначаємо його кінематичний режим роботи [18]

$$K = \frac{\omega^2 \cdot R_p}{g} = \frac{146,5^2 \cdot 0,125}{9,81} = 273,5$$

Швидкість руху повітря в пневмосистемі сепаратора після його нагнітання щітками ротора пов'язана із швидкістю руху щіток ротора, що визначається залежністю:

$$V_{нов} = \xi \cdot V_l,$$

де ξ – коефіцієнт пропорційності, що пов'язаний з показником кінематичного режиму ротора сумарної кількості щіток, які створюють повітряний потік. Визначено, що для $K = 273,5$ та $i = 24$ шт., коефіцієнт пропорційності становить $\xi = 0,82$ [16].

Отже, маємо:

$$V_{нов} = 0,82 \cdot 14,65 = 12,013 \text{ м/с}$$

Отже, за результатами проведених розрахунків основних конструктивно-технологічних параметрів щіткового барабану, можна стверджувати, що при діаметрі ротора 250 мм, кількості щіток 24 шт та

					ОПЗМ 00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		37

робочій частоті обертів 1400 об/хв., він може створити повітряний потік, який на вході в пневмосистему сепаратора має швидкість 12 м/с. Що абсолютно достатньо для розділення зерна повітряним потоком, $V_{нов} = V_2 > V_1$. Тобто, щітковий ротор з щітками висотою 50 мм і довжиною 100 мм може забезпечувати роботу пневмосистеми сепаратора.

3.4. Розрахунок потужності яка необхідна для створення повітряного потоку

Для ефективної роботи щіткового ротора необхідна потужність, яка розраховується за формулою:

$$N = N_1 + N_2,$$

де N_1 – потужність, що необхідна для створення потоку повітря та для подолання шкідливих опорів пневмосистеми;

N_2 – потужність, що витрачається на рух зерна по підсівному решету та вивантаження чистого зерна за рахунок сил інерції;

Потужність на створення повітряного потоку і подолання шкідливих опорів в пневмосистемі може бути визначена наступним чином:

$$N_1 = A \cdot \omega + B \cdot \omega^3.$$

В цій формулі $A \cdot \omega$ і є потужністю, що витрачається на подолання шкідливих опорів пневмо системи, а $B \cdot \omega^3$, потужність, яка необхідна для створення повітряного потоку.

Визначаємо, чому дорівнює коефіцієнт A , який можна розрахувати за в формулою:

$$A = R \cdot \psi \cdot \rho,$$

де R – сума реакцій в опорах щіткового ротору, Н;

ρ – радіус цапфи ротору, м;

ψ – коефіцієнт тертя.

Опорами щіткового ротору в конструкції пневмосепаратора є підшипники кочення. тому, враховуючи це, можемо прийняти $\rho \cdot \psi = 0,00015$ м. Крім того, сума реакцій R , складає $R = 400$ Н. Враховуючи це

$$A = 0,00015 \cdot 400 = 0,06 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Також розраховуємо коефіцієнт B , що пов'язаний із характеристиками повітряного потоку і параметрами щіткового барабану, за співвідношенням:

$$B = \frac{\gamma_{II} \cdot F \cdot i \cdot \varepsilon^2 \cdot r_{II}^3}{2g} = \frac{1,2 \cdot 0,055 \cdot 24 \cdot 0,58^2 \cdot 0,1^3}{2 \cdot 9,81} = 2,7 \cdot 10^{-5}$$

Взявши до уваги проведені розрахунки, перша складова сумарної потужності дорівнює:

$$N_1 = 0,06 \cdot 146,5 + 2,7 \cdot 10^{-5} \cdot 146,5^3 = 94 \text{ Вт.}$$

Потужність N_2 , що витрачається на пересування зерна при її сепарації на прутковому решеті та інерційного вивантаження очищеного зерна за межі пневмосепаратора визначали експериментально [18].

Тому, якщо пневмосепаруючий канал має $L = 100$ мм, при питомому навантаженні зерна $q = 1000 \text{ кг/дм} \cdot \text{год}$ і кінематичному режимі ротора $K = 273,5$ необхідна потужність $N_2 = 830 \text{ Вт.}$

Загальна потужність для приводу щіткового ротора складає:

$$N = N_1 + N_2 = 94 + 830 = 924 \text{ Вт} = 0,924 \text{ кВт.}$$

Вибираючи електродвигун для приводу щіткового ротора пневмосепаратора користуємося стандартною методикою і виберемо трьохфазний асинхронний двигун 4А ГОСТ 19523-81. Вибір електродвигуна проводимо за номінальною та потрібною потужністю:

$$N_{ДВ} \geq N_H.$$

Отже, вибираємо двигун 4А80В4У3 [19], потужність якого $N_{ДВ} = 1,1 \text{ кВт}$, частота обертання $n_C = 1500 \text{ об/хв.}$, номінальна частота обертання двигуна $n_H = 1420 \text{ об/хв.}$

На основі проведених розрахунків визначені основні параметри пневмосистеми сепаратора, зроблено обґрунтування вдосконалених параметрів осадової камери та розрахунок щіткового ротора, розраховані основні режими роботи зам пневмосистеми та вибрано електродвигун, який є достатнім для створення необхідної потужності.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Заходи по створенню безпечних умов праці з пневмосепаратором.

«Механізми приводу сепаратора і самопересування, з метою унеможливлення травмування робітників, закрити захисними огороженнями, пофарбованими кольором контрастним до загального кольору сепаратора (у даному випадку – синім), допускається замість суцільного фарбування нанесення 3-4 смуг сигнального кольору під кутом 45°».

«Перед початком роботи ввімкненню робочих органів передуює звуковий сигнал. Для подачі звукового сигналу встановлена сигнальна сирена СС-143 220В 50 Гц ТУ25-00.1044-76. Електрообладнання захищено температурним захистом УВТЗ-5» [20].

Категорично забороняється використовувати сепаратор, що не пройшов обкатку та технічний огляд.

«Шафа управління сепаратором виконана з пилевологозахищеного матеріалу, який би виключав потрапляння пилю і вологи на струмоведучі частини. Дверцята шафи управління сепаратора закриваються на ключ, на її внутрішній стороні приведена принципова електрична схема, нанесений знак електричної напруги згідно ГОСТ 12.2.026-76».

«Для попередження попадання пилю в підшипники, більшість їх в машині закритого типу, в решти підшипників зі сторони внутрішньої частини корпусів встановлені гумові ущільнення з прижимним фланцем».

В конструкції завантажувального модуля пневмосепаратора передбачено запобіжну муфту, яка розміщена на верхньому валу механізму приводу, яка спрацьовує в випадку заклинювання робочих органів завантажувального транспортера або упору сепаратора в перешкоду.

Механізм самопересування дозволяє змінювати швидкість пересування машини без її зупинки, при цьому перемикий ричаг винесено на безпечну відстань і від коліс сепаратора, і від механізму передач.

«Переносний шланговий дріт не треба вкладати на шляху пересування машин, тракторів і іншої техніки. Для достатньо надійного кріплення шлангового проводу до корпусу сепаратора необхідно керуватися

					ОПЗМ 00.000 ПЗ	Лист
						40
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

спеціальними засобами або скобами; не підключати кінці провода до електромережі внакрутку».

Для прибирання зерна та відходів від робочої зони сепаратора необхідно використовувати спеціальні щітки з довгими ручками.

«Транспортування зерноочисної машини здійснюється у відповідності з Загальними правилами перевезення вантажів автотранспортом».

«При роботі з зерноочисною машиною ПС необхідно систематично (через 8-10 годин роботи) проводити огляд та перевірку всіх робочих органів на наявність пошкоджень. Робоча зона, де працює машин, повинна бути огорожена» [21].

Під час роботи сепаратора як правило виділяється значна кількість пилу. Тому необхідною умовою при експлуатації є наявність системи пилозбирання і фільтрування. Наявність пилу при роботі сепаратора в робочій зоні може призвести до досить тяжких хронічних захворювань горла, бронхів, зору, та ураження шкіри [22]. Тому в таких випадках передбачають регулярне очищення пилозбірників. При цьому очищення потрібно проводити лише після повної зупинки сепаратора, оскільки в протилежному випадку це може призвести до збільшення запиленості робочої зони машини.

«При виконанні очищенні необхідно дотримуватися таких вимог:

1. Використовувати щітки з довгою ручкою для прибирання зерна і відходів з-під сепаратора;
2. При експлуатації технологічного обладнання забороняється відкривати люки, кожухи та ін. елементи;
3. Заборонено залишати без нагляду працюючі механізми;
4. Технічне обслуговування, ремонт, технологічне налагодження можна виконувати лише при вимкненому електропостачанні двигуна та лише після повної зупинки робочих органах;
5. Обов'язкове дотримання правил пожежної безпеки.
6. До роботи з машиною, проведення ТО і ремонтів допускається лише персонал, який пройшов інструктаж з ОП та ознайомлений з правилами експлуатації машини».

5. ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ РОЗРОБКИ

В процесі модернізації пневмосистеми інерційного сепаратора ІПС було встановлено жалюзійну стінку в ежекційний канал та додаткову пластину в осадову камеру.

Застосування запропонованого вдосконалення дозволяє підвищити ефективність виділення легких домішок та якість очищення зерна, що дасть змогу збільшити продуктивність пневмосепарації з 2 до 2,2 т/год.

Для визначення та порівняння техніко-економічних показників вдосконаленого пневмосепаратора, відповідно до представлених даних (табл. 5.1), використовували стандартну методику [23]. Розрахунки виконували за допомогою пакету програми «Mathcad 15» (Додаток А).

таблиця 5.1.

Техніко-економічні показники сепараторів, які порівнюються

№ п.п.	Показники	Одиниця виміру	ІПС-2	Вдосконалена
1	2	3	4	5
1	Маса машини	кг	165	167
2	Маса покупних виробів	кг	75	72
3	Ціна машини	грн.	38250	39200
4	Собівартість машини	грн.	22800	23400
5	Вартість покупних виробів	грн.	3850	3100
6	Продуктивність	т/год	2	2,2
7	Потужність електродвигуна	кВт	0,5	0,5
8	Коефіцієнт використання часу зміни: робочого експлуатаційного	—	0,82 0,76	0,83 0,78
9	Кількість обслуг. персоналу	чол.	1	1

За результатами розрахунків визначено наступне – підрахований економічний ефект з модернізації пневмосепаратора складає для споживача машини – 10973 грн;

6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. За результатами огляду пневмосистем зерноочисних машин визначено, що для ефективного виділення легких та пилоподібних часток з зерна використовуються додаткові елементи, які створюють сприятливі умови осідання чи затримування часток суміші.

2. Запропоновано встановити жалюзійну стіну в ежекційному каналі пневмосепаратора для ефективного вловлювання пилоподібних часток зернової суміші, а також додаткову пластину в нижній частині осадової камери.

3. Теоретично обґрунтовано режимні характеристики пневмосистеми та отримано залежність для визначення швидкості повітряного потоку в будь якому перерізі сепаратора.

4. Експериментально встановлені раціональні параметри жалюзійної стінки, саме висота $H=400$ мм та кількість жалюзей $n=9$ шт, а також довжина похолої пластини $L=300$ мм.

5. В результаті експериментальних досліджень визначено, що внесені зміни в конструкцію сепаратора дозволяють підвищити повноту виділення легких домішок до $\varepsilon \geq 73\%$.

6. На основі виконаних змін в конструкцію пневмосистеми інерційного сепаратора проведені відповідні технологічні, енергетичні та силові розрахунки і доведено роботоздатність конструкції пневмосепаратора.

7. В розділі «Охорона праці» проведено аналіз небезпечних та шкідливих факторів при роботі з пневмосепаратором ІПС-2.

8. В економічній частині обґрунтовано доцільність внесених змін в конструкції сепаратора позитивним економічним ефектом для споживача в розмірі 10973 грн за рік.

Список використаної літератури

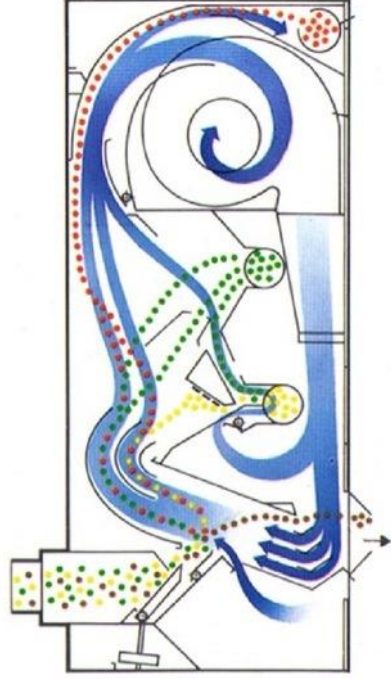
1. Материнська О.А. Виробництво та експорт зерна в Україні. / О. А. Материнська // Економіка АПК. 2013. № 10. С. 49-53.
2. Котов Б.І. Перспективи розвитку конструкцій зернонасібноочисної техніки / Б.І. Котов, М.І. Волошин // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Загальнодерж. міжвідомч. наук.-техн. зб. Кіровоград, 2001. Вип. 31. С. 110–111.
3. Васильковський О.М. Підвищення ефективності повітряного очищення зерна / О. М. Васильковський, Д. І. Петренко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : Загальнодерж. міжвідомч. наук.-техн. зб. Кіровоград: КНТУ, 2005. Вип. 35. С. 286–288.
4. Комаристов В.Ю. Довідник з механізації післязбиральної обробки зерна / В.Ю. Комаристов, М.М. Петренко. – К.: Урожай, 1990. – 184 с.
5. <https://ismgrain.com.ua/ru/goods/vozdushniy-separator-ism-40-4560761/>
6. Проспект фірми «Petkus». Машины предварительной и интенсивной очистки К-527, К-526, К-560.
7. Clarke B. Cleaning seeds by fluidiration / J. agr. engg. Res; 1985, Vol 31, №3, p.231-242.
8. 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.
9. Котов Б.І. Тенденції розвитку конструкцій машин та обладнання для очищення і сортування зерно матеріалів / Б.І. Котов, С.П. Степаненко, М.Г. Пастушенко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Загальнодерж. міжвідомч. наук.-техн. зб. Кіровоград, 2003. Вип. 33. С. 53-59.
10. Васильковський М.І. Обґрунтування основних параметрів замкненої двохступеневої пневмосепаруючої системи ЗОМ / М.І. Васильковський, О.М. Васильковський, С.М. Лещенко // Вісник Харківського національного технічного університету ім. П. Василенка. – Харків, 2007. – Вип. 59 – С. 177–186.

					ОПЗМ 00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		44

11. Идельчик И.Е. Аэродинамика технологических аппаратов. – М.: Машиностроение 1983.
12. Гинзбург И.П. Аэрогазодинамика / И.П. Гинзбург. – М.: Высшая школа, 1966. – 406 с.
13. Гукасов Н.А. Механика жидкости и газа: Учебное пособие для студентов СП. 12.11. / Н.А. Гукасов. – М.: УМК ВО, 1992. – 378 с.
14. П'ятницька-Позднякова І.С. Основи наукових досліджень у вищій школі: Навч. посібник. К.: Центр навчальної літератури, 2003. 116 с.
15. Кожуховский И.Э. Зерноочистительные машины. М.: Машиностроение, 1965. 220 с.
16. Нелюбов А.И., Ветров Е.Ф. Пневмосепарирующие системы сельскохозяйственных машин. – М.: Машиностроение, 1977. – 190 с.
17. Бурков А.И. Зерноочистительные машины. Конструкция, исследование, расчет и испытание / А.И. Бурков, Н.П. Сычугов – Киров: изд-во НИИСХ Северо-Восток, 2000. – 258 с.
18. Розробка нової конструкції пневморешітної зерноочисної машини. Том. 1. Обґрунтування параметрів транспортера-сепаратора. Монографія / В.М. Сало, С.М. Мороз, О.М. Васильковський, С.М. Лещенко, Д.І. Петренко – Кіровоград: Видавець Лисенко В.Ф., 2014 – 108 с.
19. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин: Підручник. – К.: Вища школа, 1993. – 556 с.
20. Основи охорони праці: Підручник / М.С. Одарченко, А.М. Одарченко, В.І. Степанов, Я.М. Черненко. – Х.: Стиль-Издат, 2017. – 334 с.
21. Пістун І.П., Хом'як Й.В., Хом'як В.В. Охорона праці в галузі сільського господарства: Навчальний посібник. – Суми: Університетська книга, 2009. – 365 с.
22. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник. – Львів: Афіша, 2002.– 320 с.
23. Нелеп В. М. Планування на аграрному підприємстві: Підручник. – 2-ге вид., перероб. та доп. — К.: КНЕУ, 2004. — 495 с.

ДОДАТКИ

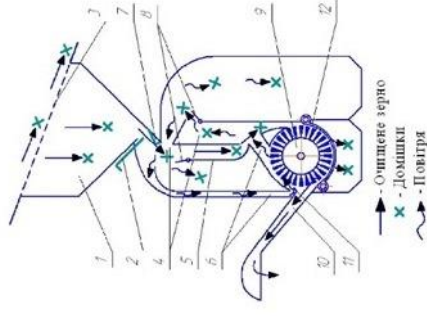
Огляд пневмосистем ЗОМ з замкнутим циклом повітряного потоку



Пневмосистема сепаратора К-560 фірми "Реткус"



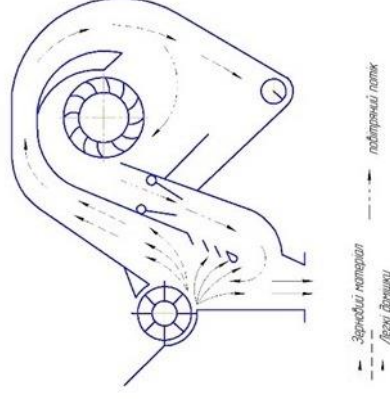
Повітряний сепаратор СОК



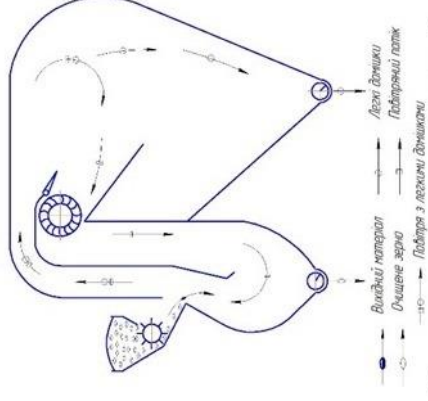
Повітряно-решітний модуль ІПС



Пневмосистема сепаратора ICM-5

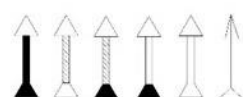


Пневмосистема ЗОМ МПО-100



Пневмосепаратор «Carter Day»

[illegible]



повітряний потік

[illegible]

0173M 00.000 C2

Об'єкт досліджень

Мета роботи: є вдосконалення конструкції пневмосистеми сепаратора ІПС та обґрунтування основних параметрів жалюзійної стінки та похилої пластини для підвищення виділення легких домішок та тилоподібних часток з зерна.

Предмет досліджень - параметри жалюзійної стінки та похилої пластини замкненої пневмосистеми інерційного прямооточного сепаратора зерна.

Об'єкт дослідження - процес пневмосепарації пневмосистеми інерційного прямооточного сепаратора зерна з жалюзійною стінкою та похилою пластиною.

Задачі досліджень:

- дослідити аеродинамічну характеристику пневмосистеми каналу та режими повітряного потоку.
- обґрунтувати основні параметри вдосконаленої пневмосистеми та визначити їх вплив на якість виділення легких домішок

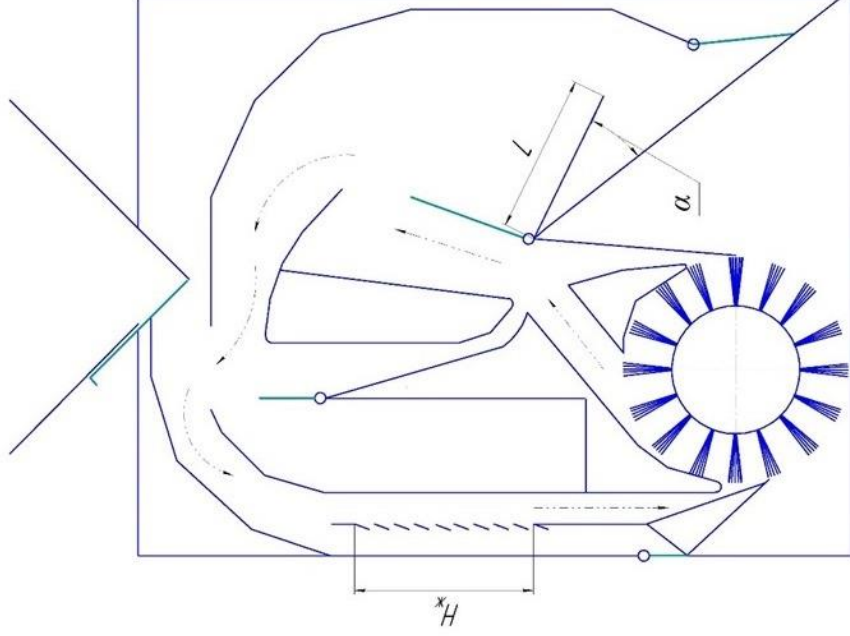
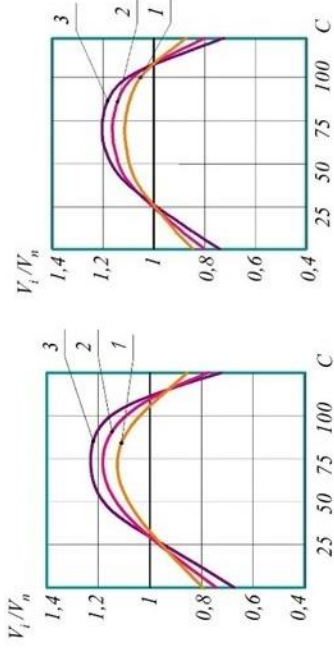


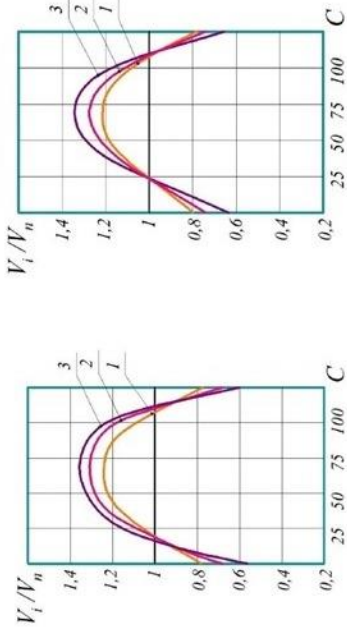
Схема пневмосистеми сепаратора ІПС

ОПЗМ 00.002 НЧ									
№ п/п	№ документації	№ п/п	№ п/п	№ п/п	№ п/п	№ п/п	№ п/п	№ п/п	№ п/п
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Об'єкт досліджень									
—									
Лист 1 з 1									

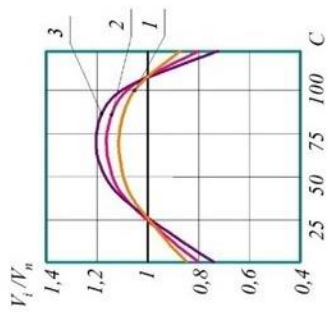
Результати експериментальних досліджень



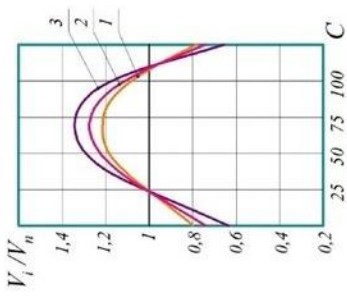
а)



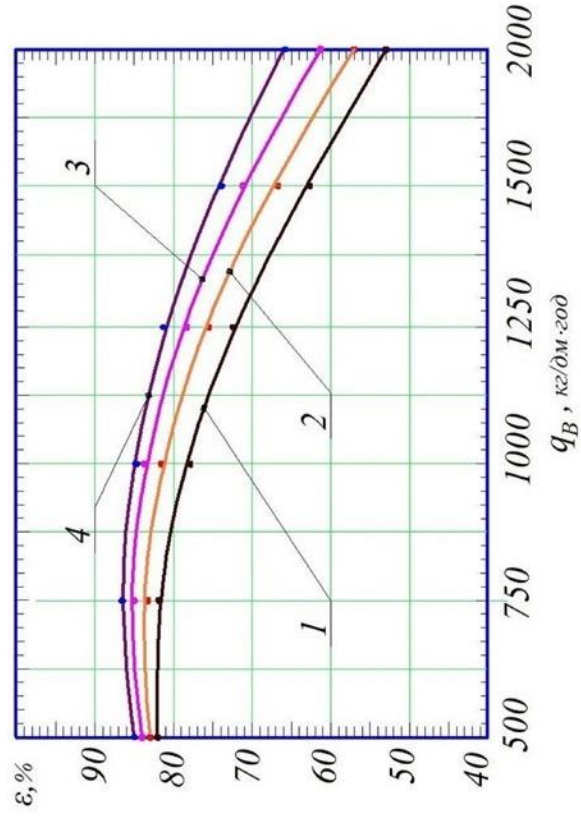
б)



в)



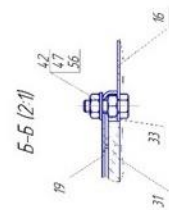
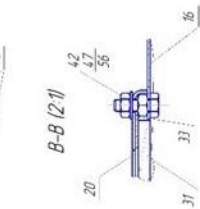
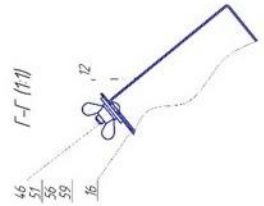
г)



Порівняльна оцінка вдосконаленої та базової пневмосистеми:
:1- базова пневмосистема сепаратора ІПС;
2 - з похилою планкою; 3 - з жалюзійною стінкою;
4 - з похилою планкою та жалюзійною стінкою

Епюри швидкостей повітряного потоку в пневмосистемі сепаратора:
1- $H_{жс} = 400$; $n = 9$; $L = 300$; 2- $H_{жс} = 300$; $n = 7$; $L = 250$;
3- $H_{жс} = 200$; $n = 5$; $L = 200$; в), г) - в перерізі ІІ-ІІ; а), б) - в перерізі ІІІ-ІІІ.

ОПЗМ 00.003 НЧ			
Результати експериментальних досліджень			
№ з/п	№ з/п	№ з/п	№ з/п
1	2	3	4
5	6	7	8
9	10	11	12
13	14	15	16
17	18	19	20
21	22	23	24
25	26	27	28
29	30	31	32
33	34	35	36
37	38	39	40
41	42	43	44
45	46	47	48
49	50	51	52
53	54	55	56
57	58	59	60
61	62	63	64
65	66	67	68
69	70	71	72
73	74	75	76
77	78	79	80
81	82	83	84
85	86	87	88
89	90	91	92
93	94	95	96
97	98	99	100
101	102	103	104
105	106	107	108
109	110	111	112
113	114	115	116
117	118	119	120
121	122	123	124
125	126	127	128
129	130	131	132
133	134	135	136
137	138	139	140
141	142	143	144
145	146	147	148
149	150	151	152
153	154	155	156
157	158	159	160
161	162	163	164
165	166	167	168
169	170	171	172
173	174	175	176
177	178	179	180
181	182	183	184
185	186	187	188
189	190	191	192
193	194	195	196
197	198	199	200
201	202	203	204
205	206	207	208
209	210	211	212
213	214	215	216
217	218	219	220
221	222	223	224
225	226	227	228
229	230	231	232
233	234	235	236
237	238	239	240
241	242	243	244
245	246	247	248
249	250	251	252
253	254	255	256
257	258	259	260
261	262	263	264
265	266	267	268
269	270	271	272
273	274	275	276
277	278	279	280
281	282	283	284
285	286	287	288
289	290	291	292
293	294	295	296
297	298	299	300
301	302	303	304
305	306	307	308
309	310	311	312
313	314	315	316
317	318	319	320
321	322	323	324
325	326	327	328
329	330	331	332
333	334	335	336
337	338	339	340
341	342	343	344
345	346	347	348
349	350	351	352
353	354	355	356
357	358	359	360
361	362	363	364
365	366	367	368
369	370	371	372
373	374	375	376
377	378	379	380
381	382	383	384
385	386	387	388
389	390	391	392
393	394	395	396
397	398	399	400
401	402	403	404
405	406	407	408
409	410	411	412
413	414	415	416
417	418	419	420
421	422	423	424
425	426	427	428
429	430	431	432
433	434	435	436
437	438	439	440
441	442	443	444
445	446	447	448
449	450	451	452
453	454	455	456
457	458	459	460
461	462	463	464
465	466	467	468
469	470	471	472
473	474	475	476
477	478	479	480
481	482	483	484
485	486	487	488
489	490	491	492
493	494	495	496
497	498	499	500
501	502	503	504
505	506	507	508
509	510	511	512
513	514	515	516
517	518	519	520
521	522	523	524
525	526	527	528
529	530	531	532
533	534	535	536
537	538	539	540
541	542	543	544
545	546	547	548
549	550	551	552
553	554	555	556
557	558	559	560
561	562	563	564
565	566	567	568
569	570	571	572
573	574	575	576
577	578	579	580
581	582	583	584
585	586	587	588
589	590	591	592
593	594	595	596
597	598	599	600
601	602	603	604
605	606	607	608
609	610	611	612
613	614	615	616
617	618	619	620
621	622	623	624
625	626	627	628
629	630	631	632
633	634	635	636
637	638	639	640
641	642	643	644
645	646	647	648
649	650	651	652
653	654	655	656
657	658	659	660
661	662	663	664
665	666	667	668
669	670	671	672
673	674	675	676
677	678	679	680
681	682	683	684
685	686	687	688
689	690	691	692
693	694	695	696
697	698	699	700
701	702	703	704
705	706	707	708
709	710	711	712
713	714	715	716
717	718	719	720
721	722	723	724
725	726	727	728
729	730	731	732
733	734	735	736
737	738	739	740
741	742	743	744
745	746	747	748
749	750	751	752
753	754	755	756
757	758	759	760
761	762	763	764
765	766	767	768
769	770	771	772
773	774	775	776
777	778	779	780
781	782	783	784
785	786	787	788
789	790	791	792
793	794	795	796
797	798	799	800
801	802	803	804
805	806	807	808
809	810	811	812
813	814	815	816
817	818	819	820
821	822	823	824
825	826	827	828
829	830	831	832
833	834	835	836
837	838	839	840
841	842	843	844
845	846	847	848
849	850	851	852
853	854	855	856
857	858	859	860
861	862	863	864
865	866	867	868
869	870	871	872
873	874	875	876
877	878	879	880
881	882	883	884
885	886	887	888
889	890	891	892
893	894	895	896
897	898	899	900
901	902	903	904
905	906	907	908
909	910	911	912
913	914	915	916
917	918	919	920
921	922	923	924
925	926	927	928
929	930	931	932
933	934	935	936
937	938	939	940
941	942	943	944
945	946	947	948
949	950	951	952
953	954	955	956
957	958	959	960
961	962	963	964
965	966	967	968
969	970	971	972
973	974	975	976
977	978	979	980
981	982	983	984
985	986	987	988
989	990	991	992
993	994	995	996
997	998	999	1000

[illegible]

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
				<u>Документація</u>		
A1			ОПЗМ 01. 000 СБ	Складальне креслення	2	
				<u>Складальні одиниці</u>		
A4	1		ОПЗМ 01. 010 СБ	Стояк передній	1	
A3	2		ОПЗМ 01. 020 СБ	Стояк задній	1	
A3	3		ОПЗМ 01. 030 СБ	Люк	1	
A3	4		ОПЗМ 01. 040 СБ	Барабан	1	
A4	5		ОПЗМ 01. 050 СБ	Сектор	1	
A4	6		ОПЗМ 01. 060 СБ	Заслінка	1	
A4	7		ОПЗМ 01. 070 СБ	Заслінка	1	
A4	8		ОПЗМ 01. 080 СБ	Пластина	1	
A4	9		ОПЗМ 01. 090 СБ	Клапан	1	
A3	10		ОПЗМ 01. 100 СБ	Решітка	1	
A3	11		ОПЗМ 01. 110 СБ	Лоток	1	
*	12		ОПЗМ 01. 120 СБ	Сектор	1	*А4×3
A3	13		ОПЗМ 01. 130 СБ	Дільник	1	
A3	14		ОПЗМ 01. 140 СБ	Розподільник	1	
				<u>Деталі</u>		
A2	15		ОПЗМ 01. 401	Стінка задня	1	
A2	16		ОПЗМ 01. 402	Стінка передня	1	
A3	17		ОПЗМ 01. 403	Короб	1	
A3	18		ОПЗМ 01. 404	Короб	1	
A4	19		ОПЗМ 01. 405	Рамка	1	
A4	20		ОПЗМ 01. 406	Рамка	1	
A4	21		ОПЗМ 01. 407	Лоток	1	
				ОПЗМ 01.000		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Модуль повітряно-решітний	
Розроб.	Гнилиця					
Перевір.	Мороз					
Н. контр.	Мачок					
Затв.	Лещенко				Літ. Аркцих Аркцихів 1 3	
					ЦНТУ, гр. ГМ 21 М (1,9)	
					Формат А4	

Формат Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
A3	22	ОПЗМ 01. 408	Напрячник	1	
A4	23	ОПЗМ 01. 409	Напрячник	1	
A4	24	ОПЗМ 01. 411	Баковина клапана	1	
A4	25	ОПЗМ 01. 412	Жалюзійна стінка	1	
A3	26	ОПЗМ 01. 413	Напрячник	1	
A3	27	ОПЗМ 01. 414	Кожух	1	
A4	28	ОПЗМ 01. 415	Канал	1	
A4	29	ОПЗМ 01. 416	Лоток	1	
A4	30	ОПЗМ 01. 417	Кронштейн	1	
A4	31	ОПЗМ 01. 001	Вікно	2	
A3	32	ОПЗМ 01. 418	Короб	1	
A4	33	ОПЗМ 01. 002	Прокладка	2	
A4	34	ОПЗМ 01. 601	Вісь	2	
A4	35	ОПЗМ 01. 605	Вісь	1	
A4	36	ОПЗМ 01. 606	Вісь	1	
A4	37	ОПЗМ 01. 607	Вісь	3	
A4	38	ОПЗМ 01. 419	Шайба	1	
A4	40	ОПЗМ 01. 420	Шайба	1	
A4	41	ОПЗМ 01. 701	Кутик	2	
			Стандартні вироби		
			Болти ГОСТ 7805-70		
	42		M4-6g×12.66.019	8	
	43		M6-6g×12.66.019	2	
	44		M8-6g×12.66.019	1	
	45		M10-6g×12.66.019	8	
	46		Болт M6-6g×12.66.019 ГОСТ 7802-81	2	
			Гайки ГОСТ 5927-70		
	47		M4-7H.019	16	
	48		M6-7H.019	2	
ОПЗМ 01. 000					Арх.
Зм.	Арх.	№ док.ум.	Підп.	Дата	2

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
		49		М8-7Н.019	2	
		50		М10-7Н.019	8	
				Гайки ГОСТ 3032-76		
		51		М6-7Н.019	2	
		52		М8-7Н.019	3	
				Шайби ГОСТ 6402-70		
		53		4.65Г.019	4	
		54		8.65Г.019	1	
		55		10.65Г.019	4	
				Шайби ГОСТ 6402-70		
		56		4.01.10.019	6	
		57		6.01.10.019	4	
		58		8.01.10.019	4	
		59		10.01.10.019	10	
				Заклепки ГОСТ 10302-80		
		60		4×8	79	
		61		4×10	14	
		62		Шпилька М4×110 ГОСТ 22032-76	1	
		63		Електродвигун АИ2М80А4 ГОСТ 19523-81	1	
		64		Шпанка 6×6 ГОСТ 10748-79	1	
			ОПЗМ 01. 000			Арх.
Зм.	Арх.	№ док.м.	Підп.	Дата	3	

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №					Документація			
					Заново розроблена			
				ОПЗМ 01.060 СБ	жалюзійна			
					стінка	1		
					Деталі			
		1	ОПЗМ 01.060.404	Жалюзь	1			
		2	ОПЗМ 01.060.401	Планка	2			
		3	ОПЗМ 01.060.406	Баковина	2			
Підп. и дата					Стандартні вироби			
		4			Болт М8-6dх12.12.66.019	18		
		7			Гайка М8-7Н.019 ГОСТ 5927-70	18		
		8			Шайба 4.01.10.019			
Взам. инв. №					ГОСТ 6402-70	18		
Підп. и дата								
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ОПЗМ 01.060 СБ		
	Разработ.	Гнилуша				Жалюзійна стінка		
Пров.	Мороз							
Н.контр.	Мачок							
Утв.	Леценко							
						Лит.	Лист	Листов
						A	1	1
						ЦНТУ, гр. ГМ-21М (1,9)		

Копировал

Формат A4