

Центральноукраїнський національний технічний університет

ЦЗДО

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

Зав. кафедрою СГМ

к.т.н., доцент

_____Сергій ЛЕЩЕНКО

“___” _____2024 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

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

**«Механізація післязбирального обробітку зерна пшениці з
дослідженням пневматичного каналу»**

Виконав здобувач вищої освіти __П__ курсу,
групи АІ-22МЗ(1,4)

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____Терещук Віталій Вікторович

«___» _____2024 р.

Керівник проекту

доцент, канд.техн.наук

_____Володимир ОНОПА

«___» _____2024 р.

Рецензент доцент ДБУ, канд.техн.наук

_____Вадим БРЕДИХІН

«___» _____2024 р.

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет ЦЗДО

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти магістр

Галузь знань 20 Аграрні науки та продовольство

Спеціальність 208 Агроінженерія

Освітньо-професійна програма Агроінженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

к.т.н., доцент

_____ Сергій ЛЕЩЕНКО

«___» _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Терещук Віталій Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **Механізація післязбирального обробітку зерна пшениці з дослідженням пневматичного каналу**

2. Керівник роботи Онопа Володимир Анатолійович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту до 20 січня 2024 року

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності очищення зерна пшениці від рослинних домішок за рахунок удосконалення пневматичного каналу. Враховуючи виробничі потреби ПП "ПСГП "Чечеліївське" Кіровоградська обл., Кропивницький р-н, с. В. Чечеліївка.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-3	Онопа В.А.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	До 1.12.23 р.	
2	Технологічна частина	20.12.2023 р.	
3	Наукова частина	27.12.2023 р.	
4	Охорона праці	28.12.2023 р.	
5	Економічна частина	28.12.2023 р.	
6	Висновок	28.12.2023 р.	
7	Виконання графічної частини роботи	Після виконання відповідних розділів	
8	Нормоконтроль	Згідно графіку захисту	
9	Захист роботи		

Дата видачі завдання

«___» _____ 202_ р.

Підпис керівника _____

Онопа В.А.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«___» _____ 202_ р.

Підпис здобувача _____

Терещук В.В.

(прізвище та ініціали)

[illegible]

ВСТУП

Очищення зерна пшениці є важливим етапом обробки зерна перед його подальшою переробкою. Тут важливо видалити небажані домішки, які можуть вплинути на якість та безпеку харчових продуктів.

Основні причини актуальності очищення зерна пшениці:

Якість продукції: Видалення домішок дозволяє зберегти високу якість пшениці та її продуктів переробки, таких як борошно та булочки.

Безпека харчових продуктів: Очищення зерна дозволяє видалити забруднення, які можуть містити шкідливі мікроорганізми або хімічні речовини, що можуть бути шкідливими для здоров'я людини.

Ефективність виробництва: Чисте зерно легше переробляти, що може підвищити продуктивність та знизити витрати на обробку.

Загалом, очищення зерна пшениці є важливим етапом у виробництві харчових продуктів і впливає на якість, безпеку та ефективність виробництва.

Пневматичні канали використовуються для ефективного очищення зерна пшениці від домішок. Вони працюють на основі різниці у вагах та розмірах зерна та домішок, що дозволяє відокремлювати їх за допомогою повітряного потоку. Ось деякі важливі аспекти пневматичних каналів для очищення зерна пшениці:

Принцип роботи: Пневматичні канали використовують потік повітря для відокремлення легкого зерна від важких домішок. Зерно та домішки розділяються за допомогою різниці у вагах, що дозволяє видаляти небажані домішки.

Ефективність очищення: Пневматичні канали здатні ефективно видаляти домішки, такі як пил, солома, насіння бур'янів тощо, що дозволяє забезпечити високу якість очищеного зерна.

					ПСК 00.000 ПЗ							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка				Літ.	Аркуш	Аркушів	
Розроб.	Терещук										5	
Перевір.	Онопа								ЦНТУ, гр. АІ22МЗ(1.4)			
Н. контр.	Мачок											
Затв.	Лещенко											

Автоматизація процесу: Використання пневматичних каналів дозволяє автоматизувати процес очищення зерна, зменшуючи людський вплив та забезпечуючи більшу точність та ефективність.

Застосування в сучасних обладнаннях: Пневматичні канали широко використовуються в сучасних лініях обробки зерна, що свідчить про їх ефективність та актуальність.

Отже, пневматичні канали є важливою технологією для ефективного очищення зерна.

Метою дипломної роботи є удосконалення пневматичного каналу очищувача зерна.

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

Початкові умови

Культура - пшениця озима

Технологія - інтенсивна

Агротехнічні вимоги

1. Сорти

Харківська 105, Донецька 48, Харус, Одеська 267, Подолянка, Крижинка.

2. Обробіток ґрунту

Услід за збиранням кукурудзи на силос проводять дискування важкими дисковими боролами на глибину 6-8 см. Після внесення основного добрива дискування повторюють на глибину 8-10 см під кутом до першого обробітку. Перед сівбою озимої пшениці поле обробляють комбінованими агрегатами на глибину 5-7 см.

3. Удобрення

а) основне: нітрофоска у нормі 400 кг/га;

б) припосівне: гранульований суперфосфат - 50 кг/га;

в) прикореневе підживлення у фазу весняного куціння аміачною

					ПСК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		5

селітрою у нормі 150 кг/га.

г) позакореневе підживлення у фазу молочної стиглості карбамідом 50 кг/га.

4. Сівба

За 1-15 днів до сівби насіння протруюють препаратом Максим ХЕ 1,5 л/кг або Дивіденд стар, 036 Г8 т.к.с. 1,0 л/т. Сівбу здійснюють на початку оптимальних строків.

Норма висіву - 4,5 млн шт. схожого насіння на 1 га.

Глибина загортання насіння - 5-7 см.

5. Захист посівів від шкідників, хвороб і бур'янів

Навесні у фазу кущіння при забур'яненості однорічними дводольними бур'янами посіви обприскують розчином гербіциду Діален супер у нормі 0,6 л/га або Луварам, в.р.к. у нормі 2,0 л/га. У фазу виходу в трубку за наявності в посівах 2-4 екз./м² клопів-черепашок застосовують інсектицид Актара 0,12 кг/га або Сумітіон, 50 % к.е. 1,0 л/га.

6. Збирання врожаю

Виконують прямим комбайнуванням у фазу повної стиглості при вологості зерна не більше 15-18 %.

Таблиця 2.1.

Витрати на підживлення та догляд за посівами

№	Тип	Назва	Норма, т/га	Вартість, тис. грн/т	Вартість всього, тис.грн
1	Насіння	Оз. пшениця	0,2	5	1,00
2	Мін. добрива	Нітрофоска	0,4	6	2,40
3	Мін. добрива	Суперфосфат	0,05	3,5	0,18
4	Мін. добрива	Аміачна селітра	0,15	4,5	0,68
5	Мін. добрива	Карбамід	0,15	5,5	0,23
6	Протравлювачі	Максим ХГ	0,0027	320	0,86
7	Інсектициди	Актара в.г.	0,00012	2400	0,29
8	Гербіциди	Діален супер, в.р.к.	0,0006	142	0,085
9	Основна продукція	Зерно	8	2,5	20,0
10	Вода		0,2	0,003	0,0006

За визначеною послідовністю виконання технологічних процесів і операцій та обґрунтованими засобами механізації розробляємо операційну карту на вторинного очищення озимої пшениці (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Операційна карта вторинного очищення озимої пшениці

№	Назва операції	Обсяг робіт		Машина		Технологічні умови	Тривалість операції, хв.	Виконавці
		одиниці виміру	кількість	марка	Кількість			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Підготовка зерноочисної машини до роботи. Налагоджування подачі і дозування сировини. Проведення технічного обслуговування			Петкус-Гігант K531A	1	Провести щозмінне ТО зерноочисної машини, перевірити натяг пасів, справність заземлення і надійність кріплення вузлів. Відхилення дозування матеріалу $\pm 3\%$	40	Оператор
2	Завантаження матеріалу	т/год	20	2НЗ-20	11	Мінімальне пошкодження зерна 0,2 %, продуктивність 20т/год	3370	Оператор

3	Очищення матеріалу	т/зм	140	Петкус-Гігант К531А	12	Вміст повноцінного зерна у відходах не повинен перевищувати 0,2 %. Засміченість очищеного зерна не повинна перевищувати 1 %. Вологість сировини повинна становити не більше 16 %	3370	Оператор
4	Контроль якості продукції	Кількість проб за зміну	3	Комплект обладнання і приборів для визначення якості продукції в лабораторії	11	Насіннева маса повинна відповідати ГОСТ 10467 -76	110	Лаборант
5	Вимкнення агрегату. Очищення робочих органів			Щітка	11	Робочі отвори решіт не повинні бути забиті зерном та зерновими домішками	25	Оператор
6	Прибирання робочого місця. Передача зміни. Проведення ТО			Комплект інструменту оператора	11	Провести технічне обслуговування машини. Усунути всі несправності (якщо вони є)	35	Оператор

За прийнятими засобами комплексної механізації і автоматизації технологічних процесів і проведеними розрахунками їх потреби розроблено технологічну карту виробництва запланованої продукції з визначеними затратами праці (табл. 2.3).

Визначаємо річний обсяг роботи кожного виду обладнання за наступною формулою:

$$Q^{ptq}_j = Q_j \cdot T_{зм} \cdot n \cdot D_j,$$

де Q_j – годинна продуктивність машини, т/год;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, год;

n – кількість змін;

D_j – кількість днів, протягом яких повторюється j -та операція.

На току підприємства очисні машини, транспортуючі та дозуючі пристрої для очищення працюють одну зміну, а для ті, що використовуються для забезпечення протікання процесу сушіння – цілодобово.

При виборі технологічного та енергетичного обладнання перевагу віддаємо тим технічним засобам, які найякісніше забезпечують виконання заданої роботи у повній відповідності до агротехнічних вимог даного процесу (операції); мають достатню продуктивність і можливість використання не лише як окремої машини, а й у складі потокових технологічних ліній, пристосованих до умов автоматизованого управління; відрізняються відносно низькими метало- та енергоємністю, вищою надійністю і довговічністю, простотою конструкції в процесі експлуатації, а також кращою ремонтоздатністю.

Тривалість роботи кожного технічного засобу t_o протягом доби дорівнює

$$t_o = \frac{Q^{доб}}{Q_e}.$$

Годинну експлуатаційну продуктивність засобу Q_e визначаємо за формулою:

$$Q_e = \frac{Q_M \cdot t_p}{t_{сум}}.$$

де Q_M — нормативна продуктивність засобу (відповідно до технічної характеристики); t_p — час операційної роботи, год.

Наведена розроблена технологічна карта.

ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА

Культура: Пшениця озима

Площа, га: 100

Відстань до бригади, км: 5

Технологія: Інтенсивна

№ п/п	Найменування робіт	Днів	Одиниця виміру	Обсяг робіт		Склад агрегату		Норма виробітку	Кількість нормо-дин	Витрати праці		Витрати пального		Тарифний фонд, грн.	
				факт од.	шт га	енергозасб	с/г машина			мех.	ручн.	на од. кг	всього, т	мех.	доп.
1	Боронування дисковими боронами	3	га	100	41,09	ХТЗ-17021	БДВ-4.2	29	3,45	24,17		6,02	0,602	326,32	326,32
2	Навантаження мінеральних добрив	4	т	40		Пв-0,5		262,2	0,14	0,99	0,99	0,29	0,012	13,39	9,52
3	Висівання мінеральних добрив	4	га	100	46,87	ХТЗ-17021	МВУ-16	25,4	3,94	27,57		4,65	0,465	496,31	496,31
4	Боронування дисковими боронами	10	га	100	40,29	4-ХТЗ-16131	БДВ-4.2	27,6	3,60	25,16		5,77	0,577	339,93	339,93
5	Судилона культивіація	3	га	100	14,31	4-ХТЗ-17021	КПС-4 (2)	83,2	1,20	8,42		1,92	0,192	113,61	113,61
6	Протрушування насіння	3	т	0,15		ПС-10А		145,8	0,00	0,01	0,02			0,1	0,21
7	Судилона культивіація	3	га	100	13,55	4-ХТЗ-17021	КПС-4 (2)	87,8	1,14	7,97		1,81	0,181	107,6	107,6
8	Навантаження мінеральних добрив	3	т	5		Пв-0,5		282,2	0,02	0,12	0,12	0,29	0,001	1,67	1,19
9	Транспортування добрив	3	т	5		ГАЗ-САЗ-3507		343,9	0,01	0,1		0,37	0,002	1,37	1,37
10	Навантаження насіння	3	т	16		Пв-0,5		262,2	0,06	0,45	0,45	0,29	0,005	6,03	4,29
11	Транспортування насіння	3	т	16		ГАЗ-САЗ-3507		343,9	0,05	0,37		0,37	0,007	4,95	4,95
12	Сівба зернових	3	га	100	45,61	МТЗ-80	СЗ-6,4	10,7	9,31	65,16		5,33	0,533	879,67	625,56
13	Прикошування	3	га	100	14,60	4-ХТЗ-17021	ЗКШ-6А (2)	81,5	1,23	8,59		1,96	0,196	115,93	115,93
	Разом за період	32			216,32				24,16	169,1	66,75		2,772	2406,88	640,75
14	Навантаження мінеральних добрив	3	т	15		Пв-0,5		262,2	0,05	0,37	0,37	0,29	0,004	5,02	3,57
15	Транспортування добрив	3	т	15		ГАЗ-САЗ-3507		343,9	0,04	0,31		0,37	0,006	4,12	
16	Прикоронування підживлення	3	га	100	59,46	МТЗ-80	СЗ-3,6	6,2	12,13	84,94	84,94	6,58	0,658	1148,74	815,46
17	Транспортування води	2	т	20		ГАЗ-САЗ-3507		343,9	0,06	0,41		0,37	0,007	5,5	5,5
18	Обприскування	2	га	100	12,32	МТЗ-80	ОП-2000	39,8	2,51	17,6		1,24	0,124	316,8	316,8
19	Транспортування води	3	т	20		ГАЗ-САЗ-3507		343,9	0,06	0,41		0,37	0,007	5,5	5,5
20	Обприскування	3	га	100	12,32	МТЗ-80	ОП-2000	39,8	2,51	17,6		1,24	0,124	316,8	316,8
21	Транспортування води	3	т	20		ГАЗ-САЗ-3507		343,9	0,06	0,41		0,37	0,007	5,5	5,5
22	Обприскування	3	га	100	12,32	МТЗ-80	ОП-2000	39,8	2,51	17,6		1,24	0,124	316,8	316,8
23	Збирання зернозбиранними комбайнами	10	га	100		Джон Дір		9	11,06	77,39	77,39	12,11	1,211	1392,99	959,62
24	Транспортування зерна	10	т	800		ГАЗ-САЗ-3507		343,9	2,33	16,29		0,37	0,293	219,98	219,98
	Разом за період	34			96,42				33,33	233,32	162,7		2,567	3735,63	1776,65
	Разом	66			312,74				57,49	402,41	229,45		5,339	6142,51	2419,4

Сумарний час зайнятості машини $t_{\text{сум}}$, год, який розраховуємо так:

$$t_{\text{сум}} = t_p + t_n,$$

де t_n — тривалість простоїв через технічні несправності та час, що затрачається на технічне обслуговування, год, становить для зернопереробної галузі приблизно 15—20 % t_p .

Отже експлуатаційну продуктивність стаціонарних засобів механізації визначаємо за формулою:

$$Q_c = (0,8 - 0,85) Q_m.$$

Затрати праці за добу, (люд.-год.) визначаємо за формулою:

$$\dot{O}_{\text{пр } j} = \frac{G_e \cdot q_j}{D_j},$$

де q_j — питома річна трудомісткість роботи j -того обладнання на виконання основних операцій віднесена до одиниці продукції, люд.-год/т-рік.

3. НАУКОВА ЧАСТИНА

3.1. Огляд конструкцій засобів переробки або виробництва обраної продукції.

«Післязбиральна обробка є обов'язковою ланкою процесу виробництва зерна, задача якої — одержання встановлених стандартом кондицій по чистоті та вологості зернового матеріалу» [1].

Зерновий матеріал, який потрапляє на післязбиральну обробку, являє собою суміш повноцінного, щуплого і пошкодженого зерна основної культури, насіння різноманітних культурних рослин і бур'янів, а також домішок органічного (частки рослин, соломи, колосків, полови) і мінерального (пісок, частки ґрунту і ін.) походження.

Післязбиральна обробка зерна вирішує дві основні взаємопов'язані задачі: підвищення якості одержаного врожаю та забезпечення сприятливих умов для тривалого зберігання.

«За своїм цільовим призначенням і технічним засобам, які для цього використовуються, очистка зерна поділяється на попередню, первинну та

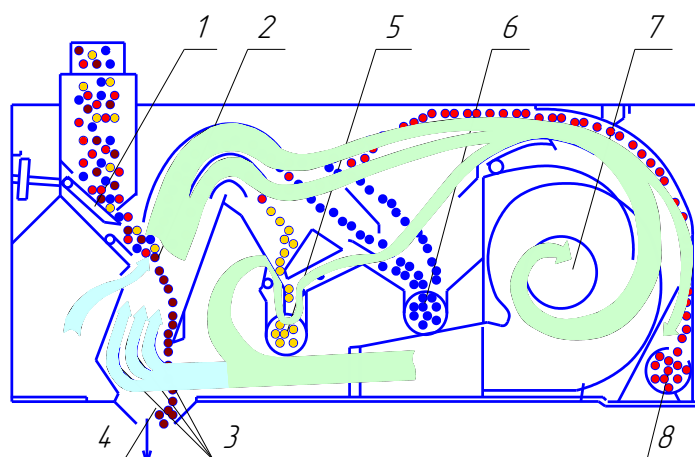
вторинну. Задачею попередньої очистки зерна є швидка обробка свіжозібраного врожаю з метою забезпечення умов його тимчасового зберігання для подальшого очищення і сушіння до кондицій, передбачених стандартом. Задачею первинного і вторинного очищення є отримання відповідних кондицій продовольчого і насіннєвого зерна з чистотою та вологістю, що забезпечують його тривале зберігання. Згідно з вимогами до попередньої очистки повнота розділення повинна бути не меншою 60 %, при цьому втрати зерна не повинні перевищувати 0,2 %; повнота розділення при первинній очистці має бути більшою 70 % з втратами повноцінного зерна не більше 0,5 %; при вторинній очистці повнота розділення не менше 80 %, з втратами не більше 3,0 % » [17].

Найбільш поширеними ОЗС на вітчизняних сільськогосподарських підприємствах є повітряно-решітні машини: ЗД-10.000, МПО-50, ОВС-25 – для попереднього очищення; ЗАВ-10.30.000, ЗВС-20А, МЗП-50-1 – для первинного очищення; СМ-4, СВУ-5А, МВО-20 – для вторинного очищення [131]. У більшості з цих машин застосовується традиційна схема очищення, у якій поєднуються плоскі коливальні решета та вертикальні пневмосепаруючі канали. Крім цього, широкого застосування набули пневматичні машини: відцентрово-пневматичний сепаратор ЗАВ-40.02.000, сепаратор пневматичний СП-5, пневмосепаратор А1-БДЗ та ін. [1, 6, 7, 96].

В таблицю 3.1 зведені найбільш характерні повітряні системи зерноочисних машин (ОЗС) з відміченими перевагами і недоліками, та їх аналоги.

Найбільш сучасні пневмосистеми ОЗС [1]

Функціональна схема повітряної системи	Основні переваги та недоліки	Аналогіч - ні схеми
1	2	3
ОВС-25 1 – приймальна камера; 2 – ПК; 3 – повітропровід; 4 – регулювальна заслінка; 5 – вентилятор; 6 – осадова камера; 7 – пиловловлювач.	Переваги: - має два ПК, що обробляють матеріал паралельно до решіт, за рахунок чого підвищена продуктивність пневмосистеми. Недоліки: - складність регулювання пневмосистеми, так як збільшення опору в одному ПК призводить до різкого збільшення швидкості в другому; - суттєво знижується продуктивність пневмосистеми при обробці більш вологої та засміченої зернової маси.	ЗМП-50 [64]; К-527A10 «Petkus» (Німеччина) [17]; SM-120 «Camas», C800D «Ab Line Machiner» (Швеція) [10]; Hance 100, Hance 36 «I.W. Hance Manufact u-ring Ci» [40], Clipper Super X297D, Super X29-X «A.T. Ferrell and Co» (США) [121, 155]



- - Повноцінне зерно • - Легкі домішки
- - Частково пошкоджене зерно • - Фуражна фракція
- ➔ - Повітряний потік

К-560 «Petkus»

1 – живильник; 2 – ПК; 3 – напрямник повітряного потоку; 4 – приймач очищеного зерна; 5 – приймач пошкодженого зерна; 6 – приймач фуражного зерна; 7 – вентилятор; 8 – приймач дрібних домішок.

Переваги:

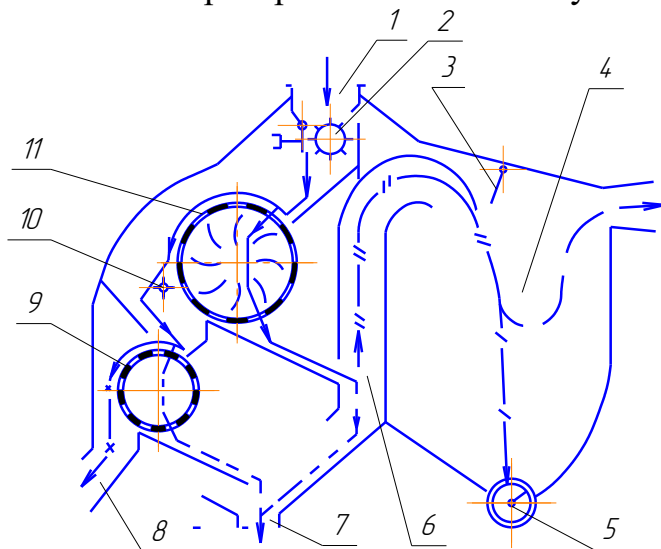
- інтенсифіковано введення матеріалу в ПК;
- конструкція нижньої частини каналу забезпечує дворазове продування матеріалу;
- машина має замкнену схему циркуляції повітряного потоку.

Недоліки:

- складність в переналагодженні на очистку різних культур;
- висока енерго- та мета-лоємність при низькій повноті розділення (50%).

Модифікації машин фірми «Petkus» К-523 – додатково встановлені стержні для розрихлення матеріалу в зоні введення [17, 51]

Скальператор 34x60 «Carter Day»



- ➔ - Зерновий матеріал
- ✕➔ - Крупні домішки
- ➔ - Повітря з легкими домішками
- ➔ - Легкі домішки
- ➔ - Очищене повітря

1 – завантажувальний бункер; 2 – живильний валець; 3 – регулятор витрат

Переваги:

- матеріал, що потрапляє на обробку повітряним потоком попередньо очищається від крупних домішок циліндричними решетами;
- за рахунок живильного вальця матеріал більш рівномірно потрапляє на очистку.

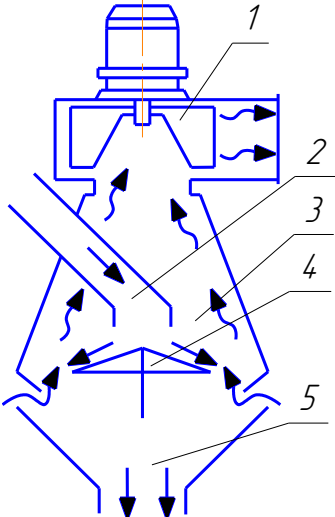
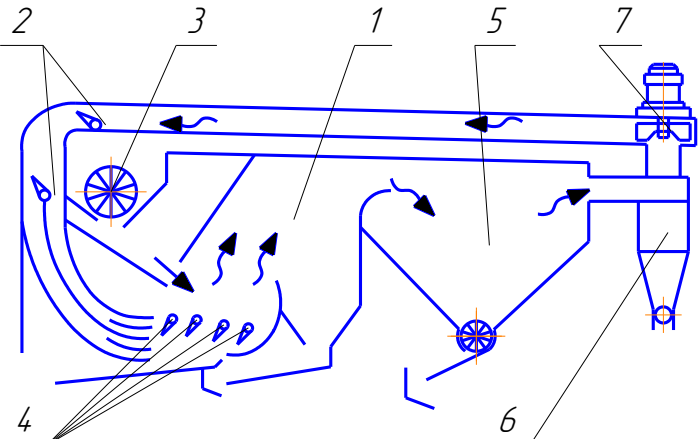
Недоліки:

- значне запилення робочої зони;
- обмеження продуктивності

Скальпери різних фірм «Carter» (США) [154], «Shule» (Німеччина), «AB Linde Maskiner» (Швеція), «Heid» (Австрія), «Cimbria»

повітря; 4 – осадова камера; 5 – шнек легких відходів; 6 – ПК; 7 – приймач очищеного зерна; 8 – приймач крупних домішок; 9, 10 – бітер; 11 – циліндричні решета.	через необхідність забезпечення руху зернового матеріалу по циліндричному решеті в один шар; - складність регулювання продуктивності та ефекту очищення.	(Данія), «Cheros» (Чехія) і ін. [152].
Пневмосепаратор А1-БДЗ-6 → - Зерновий матеріал → - Повітряний потік 1 – пристрій введення зерна; 2 – ПК; 3 – приймально-розподільчий пристрій; 4 – приймальний патрубок; 5 – вентилятор; 6 – дросельна заслінка; 7 – осадова камера; 8 – повітропідвідний канал; 9, 10 – пристрої виведення відходів та чистого зерна.	Переваги: - використання замкненого повітряного потоку та діаметрального вентилятора; - дворазове продування матеріалу в зоні введення та в нижній частині каналу; - значно знижена металоємність – в 1,3...1,6 разів та енергоємність – в 2 рази в порівнянні з звичайними пневмосепараторами . Недоліки: - пристрій введення зернового матеріалу такого типу не здатний забезпечити рівномірної подачі матеріалу.	пневмосе па- ратори фірм «Carter» (США) [17], «Simon» (Англія) [117] та ін.

1	2	3
МПО-50 (СПО-50) 1, 14 – підпружинені клапани; 2 – нагнітальний канал; 3 – ПК; 4 – скатні дошки; 5 – підбивач; 6 – соломоприжими; 7 – сітчатий транспортер; 8 – шнек завантажувальний; 9 – клапан; 10 – діаметральний вентилятор; 11 – дросельна заслінка; 12 – осадова камера; 13 – шнек легких домішок. → - Зерновий матеріал - - - Повітряний потік # - Повітря з легкими домішками + - Легкі домішки	Переваги: - зерновий матеріал перед потраплянням в ПК очищається від крупних домішок; - матеріал в ПК вводиться по скатних дошках на двох рівнях; - конструкція нижньої частини ПК забезпечує дворазове продування матеріалу; - замкнена схема циркуляції повітряного потоку. Недоліки: - невисокий ефект очищення, особливо підвищеної вологості і засміченості через обмежені можливості застосування властивостей повітряного потоку.	МПО-50Ф, МПО - 100 [30, 116].

1	2	3
Турбінний сепаратор SP-68 «Dauet» (Франція)  ➡ - Зерновий матеріал ~➡ - Повітряний потік 1 – вентилятор; 2 – живильник; 3 – ПК; 4 – розподільчий конус; 5 – приймальник очищеного зерна.	Переваги: - найбільш сприятливі умови введення матеріалу (від центру до периферії), що покращує умови очистки; - висока продуктивність при низькій встановленій потужності. Недоліки: - незручна компоновка 3 решітними сепараторами.	DA-67 «Dauet» (Франція), та турбінні сепаратори фірм «Oscim» (Італія), «Forsberg» (США), «Damos» (Данія) [155, 156].
АКН-200 «Naple» (Німеччина)  ➡ - Зерновий матеріал ~➡ - Повітряний потік 1 – пневмосепаруюча камера; 2 – дросельні заслінки; 3 – живильний валець; 4 – лопатки; 5 – осадова камера; 6 – циклон; 7 – відцентровий вентилятор	Переваги: - застосовується фракційна технологічна схема процесу очистки; - направляючі лопатки створюють додаткове розрихлення матеріалу в зоні пневмосепарації. Недоліки: - висока метало- та енергоємність повітряної частини машини; - характерне забивання лопаток в пневмосепаруючій камері соломистими домішками.	Сепаратори фірм: «МСК Maschinenbau» (Німеччина); «Cimbria» (Данія); «Kamas» (Швеція) та ін. [68, 152].

На практиці найбільшого розповсюдження для попереднього і первинного очищення зерна знайшли повітряно-решітні ОЗС, при цьому стримує ріст продуктивності таких машин повітряна частина, оскільки ефективність роботи пневмосепарації залишається низькою.

Найбільшого поширення в сучасних ОЗС загального призначення одержала схема очищення зернового матеріалу, в якій пневмосепарація здійснюється перед решітною очисткою [56]. Відомі також технологічні схеми очищення зерна, в яких ПК розміщені після решітних частин. Така схема застосовується в машинах або ж малої продуктивності, наприклад, в машинах SAAT 6 австрійської фірми «Haid», або ж в машинах попереднього очищення, в яких застосовуються решета з великими отворами, наприклад в машинах фірми «Karter» (США). Застосовуються і технологічні схеми дворазового очищення зерна повітрям – до решета і після нього, наприклад, в машинах К-531 фірми «Petkus» (Німеччина), СВУ-5.

Класифікацію повітряних систем ОЗС наведено на рис. 3.5 [1].

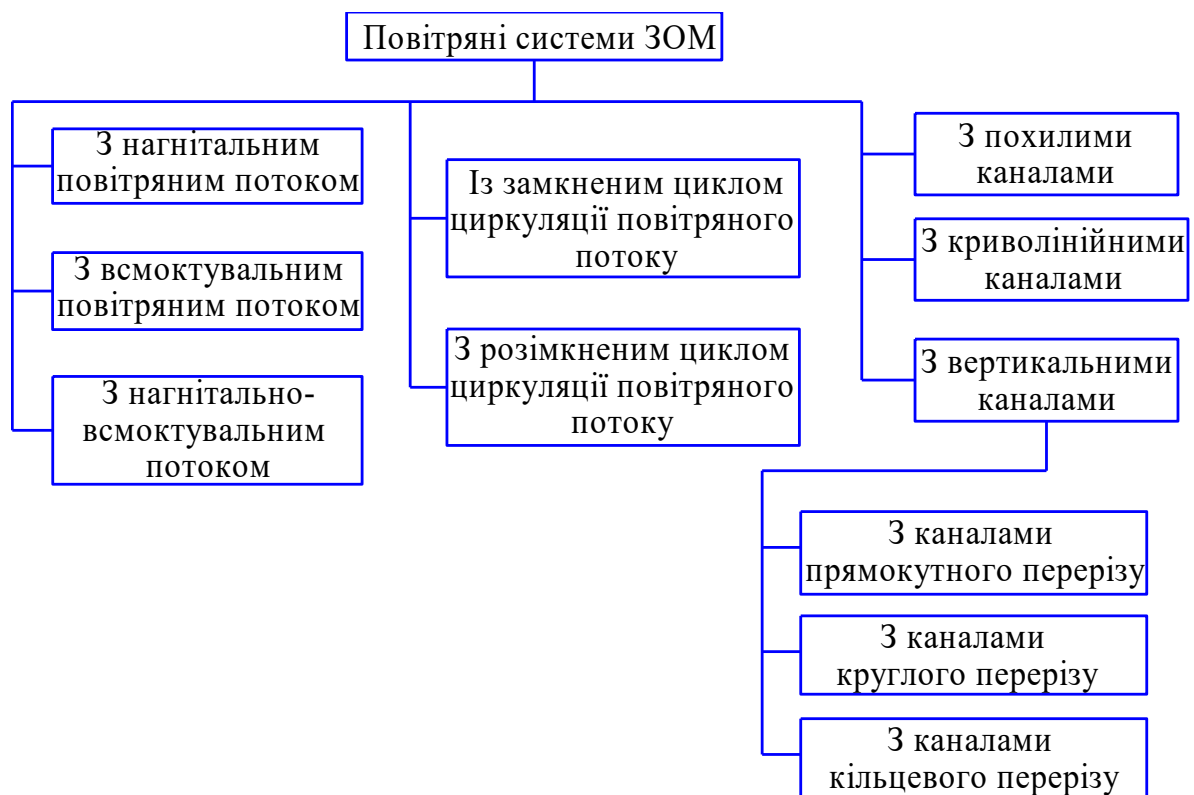


Рис. 3.5. Класифікація повітряних систем ОЗС

Більшість ОЗС мають розімкнену повітряну систему. В системах із замкненим циклом повітряного потоку в машині циркулює один і той-же об'єм повітря, що покращує умови експлуатації машин в закритих приміщеннях і знижує витрати енергії [38]. Теоретичні і експериментальні дослідження Г.Ф. Костюка [70], Г.А. Гриднєвой [38], С. Н. Патякіной [105], Н.П. Сичугова [130], В.Є. Саїтова [125] і інших доводять, що застосування для очищення зернового матеріалу пневмосепараторів із замкненим циклом роботи повітряного потоку має ряд переваг у порівнянні з пневмосепараторами розімкненого типу. До таких переваг слід віднести:

- обмежений повітрообмін між ОЗС і приміщенням, що знижує потрапляння запиленого повітря в атмосферу робочої зони;
- менша енергоємність створення необхідного повітряного потоку і його подачі;
- більш компактне поєднання робочих органів та зменшення габаритів машин за рахунок оптимізації роботи осадкових пристроїв.

Ефективність роботи пневмосистем зерноочисних машин залишається низькою, тому з метою усунення вказаного недоліку в конструкціях однієї машини часто поєднують кілька ПК, хоча це не лише підвищує ефективність очистки повітряним потоком, а й суттєво підвищує енергоємність процесу.

Основні якісні та техніко-економічні показники ПК повітряно-решітних та повітряних сепараторів наведена в таблиці 3.2.

Із таблиці 3.2 видно, що повнота розділення деяких машин не відповідає агротехнічним вимогам, крім того, енергоємність та металоємність машин, а особливо самопересувних є високою при низькій продуктивності.

Підвищення продуктивності машин традиційно здійснювалося за рахунок збільшення питомого зернового навантаження, що сприяє різкому зниженню якості розділення та збільшенню втрат повноцінного зерна у відходах.

Таблиця 3.2.

Якісні та техніко-економічні показники ПК ОЗС [1]

Марка машини	Тип	Форма каналу	Питоме навантаження, q кг/дм·год.	Повнота розділення , ε, %	Енергоємність, кВт/т·год;	Металоємність, кг/ т·год;
1	2	3	4	5	6	7
Машини попереднього очищення						
К-560	стац.	прям.	6000	50	0,21	62,54
МПО-50	стац.	прям.	3333	49,6	0,15**	20,82
К-527А	стац.	прям.	3289	48,6	0,26	46
ЗД-10.000	стац.	прям.	2083	40-50	0,2**	35,15
Carter day М-60	стац.	прям.	-	40-45	0,11**	42,82
ОВС-25	пер.	прям.	2604	48,2	0,38	78,27
ОВП-20	пер.	прям.	2083	50	0,35	98,5
Машини первинного очищення						
МЗП-50-1 (Р8-БЦС-50)	стац.	кільц.	2654	60	0,09*	50
ЗАВ-10.30.000	стац.	прям.	1920	до 60	0,05*	51
ЗВС-20А	стац.	прям.	1785	60	0,3	78,8
СВС-15	пер.	кільц.	1295	до 60	0,83	153,5
Машини вторинного очищення						
МВО-20Д	стац.	прям.	1428	70	0,93	130
ПС-15	стац.	прям.	1071	70	0,57	62
СВУ-5А	стац.	прям.	600	70	1,25	186,7

* - повітря подається з пневмомагістралі; ** - без врахування завантаження.

За даними наведеними в [40], більше 80% зібраного зерна проходить поетапну багаторазову обробку з великою кількістю завантажувально-розвантажувальних операцій, що обумовлюється неможливістю одержання матеріалу заданих кондицій за один прохід через робочі органи існуючих ОЗС. В наслідок чого, не лише збільшуються витрати праці та енергії, але і значно збільшується травмування зерна, та його втрати у відходи.

В результаті аналізу технічного рівня існуючої зерноочисної техніки відзначимо високу енергоємність повітряної сепарації, а значна різниця у енерговитратах пневмосепаруючого процесу в існуючих ОЗС свідчить про нерациональне використання повітряного потоку. Серед основних недоліків повітряних систем існуючих ОЗС слід відмітити:

- невідповідність агротехнічним вимогам;
- відсутність операцій відокремлення дрібних або крупних домішок;
- неузгодженість питомої продуктивності ПК з решітною сепарацією.

Останнє, насамперед, відноситься до ОЗС нового покоління з прямоточно-інерційною решітною сепарацією, продуктивність якої значно вища за продуктивність існуючих пневмосистем. Тому одним із перспективних напрямків підвищення ефективності очищення зерна є створення нових повітряно-решітних ОЗС, робота яких базується на оптимізації послідовності виконання технологічних операцій, а також суміщення операцій, тобто можливості виконання одним робочим органом двох і більше технологічних операцій [49].

3.3. Аналіз результатів теоретичних та експериментальних досліджень робочого органу обраної машини.

Проведені теоретичні та експериментальні дослідження дозволяють виділити основні фактори, які є визначальними при ПСП [1]:

- технологічні: аеродинамічні властивості компонентів зернової суміші, питоме навантаження на канал і умови введення зернової суміші ($V_K, k_{II}, q_B, q_F, \alpha, V_0$);

- аеродинамічні: кількісні і якісні показники повітряного потоку ($V_{II}, \frac{V_{II}}{V_{cp}}$);

- конструктивні: форма поперечного перерізу, конструкція та геометричні параметри каналів.

Основи теоретичного вивчення ПСП були започатковані академіком В.П. Горячкиним [37], який узагальнив методику визначення критичних швидкостей падаючих тіл в середовищі, яке чинить опір, та знайшов залежність для визначення швидкості повітряного потоку, необхідного для розділення суміші.

Значний вклад у розвиток теорії сепарування у повітряних потоках внесли вчені: І.П. Безручкін [13, 14], М.А. Дементьев [43], А.І. Нелюбов, Є.Ф. Ветров [94], А.С. Матвеев [87, 88, 89], В.Л. Злочевський [55], А.Я. Маліс, А.Р. Демидов [83, 84], З.Л. Тіц [90], З.Х. Іцексон [60], М.П. Сичугов [130], А.І. Бурков [18, 19], Н.Г. Гармаш [32], А.Г. Демский [44], Г.Ф. Костюк [70], М.М. Петренко [10], Б.І. Котов [71, 73, 74], М.В. Бакум [11], Л.М. Тищенко [43, 144], В.П. Єрмак [53], Ю.О. Манчинський [85], С.П. Степаненко [35], В.М. Дринча [49], И.Ш. Тавтилов [37-38] С.С. Ямпілов [51, 52, 53] та інші.

Якісними показниками процесу пневмосепарації є ефект очистки ε і чіткість сепарації z [90]. Ефект очистки і чіткість сепарації в більшості

визначають за методикою запропонованою А.Я. Малісом та А.Р. Демидовим [83]:

$$\varepsilon = \frac{A - B}{B} \cdot 100\%; \quad z = \frac{B}{A} \cdot 100\%,$$

де A – кількість виділеної повітряним потоком легкої фракції, кг;

B – кількість легкого компоненту у вихідному матеріалі, кг;

B – вміст важкого компоненту у виділеній повітряним потоком легкій фракції, кг.

Взаємодія зернини з повітряним потоком характеризується швидкістю витання, яка є функцією від маси зернини, коефіцієнта аеродинамічного опору, форми поверхні, розмірів і орієнтації в просторі. Прагнення дослідників врахувати ті чи інші фактори, що впливають на швидкість витання частин, призвело до великої різноманітності теоретичних висновків, які вірні лише для певних конкретних умов [38, 53, 55, 70, 87, 89].

В різні роки дослідженням аеродинамічних властивостей зерна займалися В.Я. Гіршсон [91], Бренер [26], І.П. Безручкін [13, 14], М.А. Дементьєв [43] та ін.

М.А. Дементьєв [43] визначаючи швидкість витання V_{vit} і коефіцієнт опору k зерен у вертикальному повітряному потоці з розширенням вгору встановив, що ПСП базується не на різниці фізичних властивостей зерен, а на їх аеродинамічних властивостях, які характеризуються швидкістю витання.

В.Я. Гіршсон [9] вважав, що аеродинамічні властивості однієї зернини визначають процес розділення зернової маси повітряним потоком. При цьому були одержані значення швидкостей витання для основних зернових культур.

В роботах І.П. Безручкіна [13, 14] обґрунтовується можливість розділення похилим повітряним потоком зерна не лише за вагою, а і за розмірами.

Здатність розділення зернової суміші похилим повітряним потоком була теоретично вивчена Г.Д. Терсковим [142], яким було розглянуто рух компонентів в повітряному потоці без врахування їх взаємодії між собою.

Більш досконало до теоретичного обґрунтування пневмосепарації підійшов А.С. Матвеев. Своїм циклом робіт [87, 88, 89] він вперше підійшов до вивчення процесу пневмосепарації в усій її сукупності і складності з врахуванням нерівномірності повітряного потоку та ударів частин суміші об стінки. Крім цього, А.С. Матвеевим було встановлено, що дійсна швидкість повітряного потоку в міжзерновому просторі завжди більша швидкості потоку у вільному від матеріалу каналі. Згідно з рівнянням Дюпюї середня швидкість в міжзерновому просторі рівна:

$$V_{\delta} = \frac{V_{cp}}{\delta}, \quad (3.1)$$

де V_{δ} – дійсна середня швидкість потоку в міжзерновому просторі, м/с;

V_{cp} – середня швидкість потоку в вільному від матеріалу каналі, м/с;

δ – коефіцієнт пористості.

Основним критерієм можливості розділення зернової суміші повітряним потоком являється відмінність швидкостей витання основного зерна та сторонніх домішок. Швидкість витання у вертикальному потоці визначається з виразу

$$V_{\kappa} = \sqrt{\frac{2G}{kF\rho}}. \quad (3.2)$$

де G – сила ваги частинки, Н;

k – коефіцієнт опору;

F – мідалевий переріз частинки, м².

На ефект очистки суттєво впливає ступінь засміченості легкими домішками 3. Це пояснюється тим, що при однакових умовах повітряної сепарації потрібно виділити і транспортувати більшу кількість матеріалу.

Дослідження А.Я. Маліса, А.Р. Демидова [83], А.С. Матвєєва [87, 89] та ін. показують, що величина питомого навантаження q_B зернового матеріалу на одиницю ширини ПК, має один із найвагоміших впливів на ефективність ПСП. До того ж збільшення питомого навантаження негативно впливає на такі аеродинамічні показники, як швидкість повітря в каналі та на його рівномірність.

Як відзначає Пальцев В.С. [100], «...збільшення навантаження призводить до стиснення повітряного потоку в наслідок зміни «скважності» зернової маси». Це пояснюється збільшенням товщини і опору шару оброблюваного матеріалу, що негативно впливає на рівномірність поля швидкостей повітряного потоку, в наслідок чого погіршуються і умови виділення частинок домішок, які знаходяться в нижніх шарах зернового потоку.

Суттєве значення для ефективності сепарації має рівномірність подачі зернового матеріалу в канал. При її значному дизбалансі спостерігається зростання нерівномірності поля швидкостей повітря в робочому перерізі ПК.

Результати досліджень [50] свідчать, що рівномірність розподілення зерна в каналі збільшується з ростом середньої швидкості повітряного потоку і зменшується з підвищенням навантаження.

В канали сучасних пневмосистем ОЗС зернову суміш вводять за допомогою пасивних або активних пристроїв (рис. 3.6). Значна частина світових досліджень в напрямку вдосконалення процесу пневмосепарації присвячена саме способу введення матеріалу в ПК [17, 44, 122].

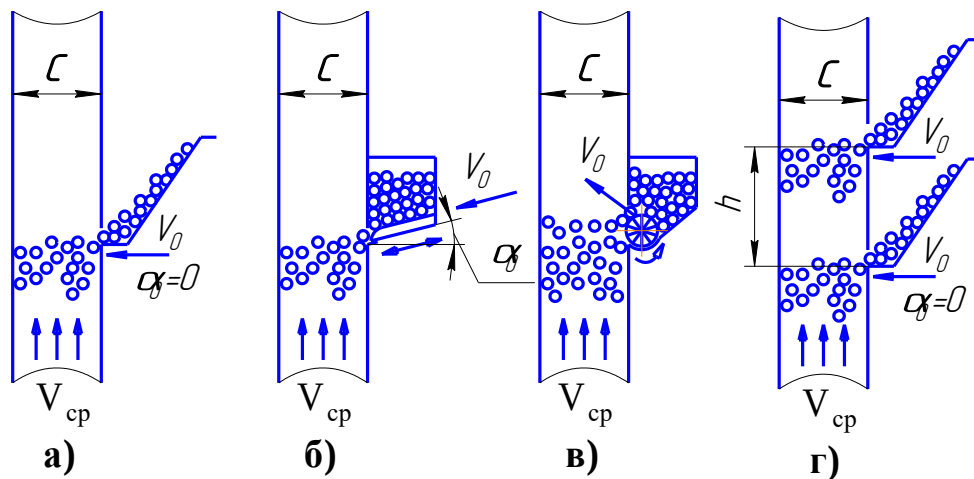


Рис. 3.6. Способи введення зернового матеріалу в ПК [1]:

- а) самопливом по похилій площині (скатній дошці); б) вібролотком;
в) рифленим живильним вальцем; г) двома паралельними потоками

Автори праць [44, 88] вважають, що вводити зерновий матеріал в канал доцільно під кутом $\alpha = 0...10^\circ$, зі швидкістю $V_0 = 0,2...0,5$ м/с. Однак введення зернового матеріалу за допомогою похилої площини не дозволяє забезпечити ці рекомендовані значення кута α_0 . Тому в деяких машинах похила площина закінчується горизонтальною ділянкою.

Одним із варіантів підвищення ефективності пневмосепарації при високих питомих навантаженнях є введення зернового матеріалу в канал двома паралельними потоками (рис. 3.6. г) [2, 47, 122]. При експериментальних дослідженнях такого способу введення зерна встановлено, що при $q = 2...4$ кг/(с·м) відстань між введеними зерновими потоками має суттєвий вплив на якість очистки. Так, при глибині каналу $C = 0,13$ м і питомому навантаженні $q = 4$ кг/(с·м) при збільшенні h до $2C$ ефект очищення зерна підвищується на 12,5 %.

Оскільки в ПК зерновий матеріал вводиться з певною товщиною h_3 , яка в поєднанні з концентрацією зернової суміші створює опір повітряному

потоків, то увесь процес повітряної сепарації похилим потоком (по аналогії з вертикальним [45, 53]) можна поділити на дві фази:

-перша – шар зернової суміші рухається під дією похилого повітряного потоку, в той час як повітря намагається його продути і розшарувати (відфільтрувати);

-друга – фаза безпосередньої сепарації, коли відстань l між частинками в потоці перевищує п'ятикратний розмір самих частин [77], що сприяє їх вільному продуванню і виносу.

Для цих двох фаз сепарації похилим повітряним потоком в залежності від середньої швидкості V_{cp} повітряного потоку, змінюється висота h_z , концентрація m (відношення ваги зерна до всього об'єму зерноповітряної суміші) і перепад тиску ΔP зернового шару. Опір зернового шару, що відповідає першій фазі має лінійну залежність із швидкістю повітряного потоку і виходячи з рівняння Дарсі [53] можна записати у вигляді

$$\Delta P_I = \frac{V_{cp} \cdot \mu \cdot h_z}{k}, \quad (3.3)$$

де: μ – в'язкість потоку, кг/с/м;

k – проникність зернового шару (має розмір квадрату довжини)

Під час другої фази перепад тиску визначається з рівняння Дарсі-Вейсбаха [45, 84] і практично залишається постійним

$$\Delta P_{II} = \lambda \cdot \frac{h_z}{R_r} \cdot \frac{\rho \cdot V_{cp}^2}{2} = \frac{G}{S} = const, \quad (3.4)$$

де λ – коефіцієнт гідравлічного опору;

R_r – гідравлічний радіус, м;

ρ_{Π} – густина повітря, кг/м³;

G – маса зернового шару, кг;

S – площа перерізу каналу, м².

Коефіцієнт аеродинамічного опору в інженерних розрахунках можна визначити за емпіричною формулою А.Д. Альтшуля [111]

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{K_e}{d_e} + \frac{68}{\text{Re}} \right)^{0,25}, \quad (3.5)$$

де K_e – абсолютна еквівалентна шорсткість поверхні ПК (для ПК з листової

сталі приймають $K_e = 0,0001 \dots 0,00015$;

d_e – еквівалентний діаметр ПК, м;

Re – число Рейнольдса $\text{Re} = \frac{V_{cp} \cdot d_e}{\nu}$;

ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості, м²/с.

З врахуванням цього перепад тиску, що відповідає другій фазі процесу можна записати так

$$\Delta P_{II} = 0,11 \left(\frac{K_e}{d} + \frac{68 \cdot \nu}{V_{cp} \cdot d_e} \right)^{0,25} \cdot \frac{h_3}{R_{\Gamma}} \cdot \frac{\rho_{\Pi} \cdot V_{cp}^2}{2}. \quad (3.6)$$

Тоді загальний перепад тиску по перерізу похилого ПК напряму залежить від того, в якій частині ПК відбувається фаза фільтрації, в якій фаза сепарації. Під впливом компонентів зернової суміші та зміною опору повітряного потоку, особливо в зоні введення, і відбувається перерозподіл швидкостей. Теоретично одержати залежності перепаду тиску по площі перерізу каналу та

закономірності зміни швидкостей неможливо, дослідження цих факторів можливе експериментальним шляхом.

Згідно рівняння Бернуллі [3, 90]

$$P_n = P_{cm} + P_o = const. \quad (3.7)$$

Після зіткнення повітряного потоку з зерною сумішшю, величини статичного та динамічного тиску різко змінюються. Статичний – збільшується по мірі збільшення опору зернового струменя, динамічний збільшується в зонах найменшої концентрації зернового матеріалу, і діє тільки в напрямку повітряного потоку. Його величина залежить від швидкості потоку

$$P_o = \frac{\rho \cdot V_{cp}^2}{2}. \quad (3.8)$$

Отже, при введенні зернового матеріалу в канал, в зоні його введення створюється перепона повітряному потоку, при цьому статичний тиск P_{cm} різко збільшується, величина якого буде майже рівна повному, а динамічний буде наближатися до нуля. Потім матеріал розсівається і створюється простір повітряному потоку, при цьому, в цій зоні збільшується величина динамічного тиску P_o , який витрачається на створення швидкості потоку.

Звідси випливає, що в зонах, де концентрація зернового матеріалу висока, буде збільшуватись статичний тиск P_{cm} , що відповідно зменшить величину P_o , і продуваємість в цих зонах буде відповідно низькою.

Лещенком С.М. [1] у співавторстві запропонований багатоструменевий спосіб введення матеріалу в ПК [61, 79]. При встановленні багатоструменевих ділильників, величина статичного тиску в зонах зернового струменя достатня для того, щоб виштовхнути легкі домішки в повітряні проміжки із зоною дії

підвищеного динамічного тиску, що буде сприяти пневмосепараційному процесу вже в зоні введення матеріалу.

До активних пристроїв введення суміші в ПК за [17] відносяться вібротолки, живильні рифлені вальці, розкидні диски і т.д., які не лише забезпечують необхідні умови введення зерна в канал, але й викликають підвищене травмування зерна, ускладнюють конструкцію машини та призводять до збільшення енерговитрат.

Значно різняться думки дослідників відносно швидкості введення, так одні дослідники [33, 90] вважають, що швидкість введення матеріалу повинна бути мінімальною. З іншої сторони відомо, що умова зменшення початкової швидкості не дозволяє збільшити продуктивність машини, оскільки подача матеріалу також буде зменшуватись.

Проведені дослідження [36] підтверджують, що горизонтальний напрямок введення матеріалу дозволяє підвищити ефективність сепарації на 15-20%, оскільки спостерігається зменшення щільності зернового потоку і послаблюється взаємодія часток між собою, це наближує умови руху потоку до умов незалежного руху окремих часток. І навпаки, для кутів $\alpha_0 > 0^\circ$ щільність зернового потоку збільшується, а розрихлення спостерігається лише біля протилежної стінки каналу. Крім цього в роботі [36] вказано, що «зменшення кута введення зерна в ПК до 0° і далі, в область від'ємних значень сприяє розділенню частинок в обмеженому по розмірам ПК». Інший висновок зроблено стосовно введення матеріалу в похилий ПК [1, 130, 153] де зазначено, що кут введення має незначний вплив на ефективність сепарації, а впливає лише на віддаленість віяла розсіювання від місця введення.

Ефективність роботи ПК залежить як від їх конструкції, форми поперечного перерізу, так і від співвідношення деяких конструктивних розмірів, способу завантаження, режиму роботи та ін. Досить важко виділити і віддати перевагу якомусь конкретному типу ПК, оскільки кожен має свої переваги і недоліки. Дослідники цього питання З.Л. Тіц [90], А.Я. Маліс та

А.Р. Демидов [83] вважають, що в каналах з прямокутною формою поперечного перерізу (рис. 3.4 а), б), в)) найскладніше досягти високого ефекту очистки. В таких каналах важко рівномірно розподілити зерно по їх глибині, особливо в машинах з великою продуктивністю. В кутах прямокутних каналів створюються застійні зони і матеріал тут не очищається. В роботах цих авторів акцентується увага на суттєвий недолік каналів циліндричної форми перерізу (рис. 3.4 а)), в яких зерно, переміщуючись по похилій сітці, проходить різні шляхи: максимальний – в центральній частині каналу, а мінімальні – по краях, а отже і час, відведений на ПСП частин, різний. Протилежної точки зору А.Я. Маліс та З.Л. Тіц дотримуються стосовно каналів кільцевої форми (рис. 3.7 г)), на їхню думку в таких каналах можна порівняно легкими способами досягнути рівномірного розподілу зерна і вирівняного поля швидкостей повітряного потоку, хоча при цьому виникають ускладнення з завантажувальними пристроями, які створюють перешкоду повітряному потоку.

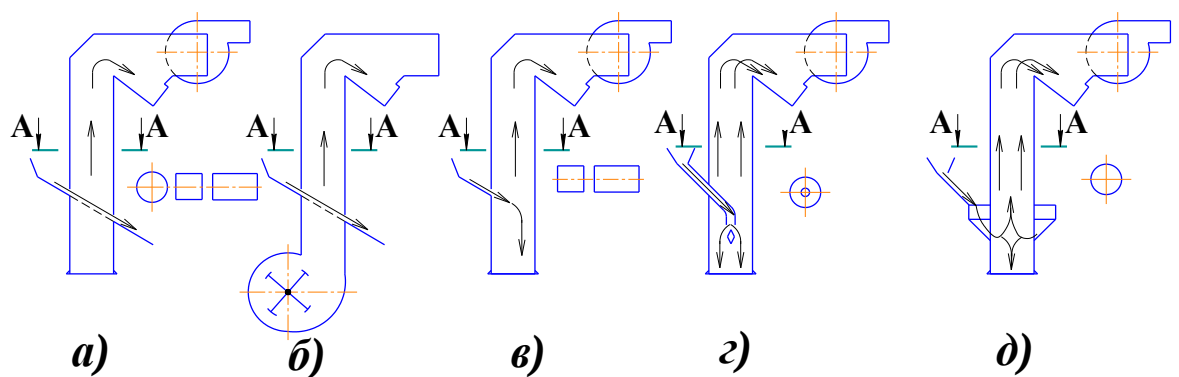


Рис. 3.7. Схеми ПК з різними формами перерізу і різними способами введення матеріалу [1]:

а) і б) – круглий, квадратний і прямокутний переріз; в) – квадратний і прямокутний переріз; г) – кільцевий переріз; д) – круглий переріз.

Таким чином, форма каналу безпосередньо впливає на ефективність його роботи. Найбільшого розповсюдження в сучасних ОЗС знайшли вертикальні повітряні канали з прямокутною формою поперечного перерізу, які

незважаючи на відомі недоліки, мають простоту конструкцію, легко виготовляються та зручні у компонуванні з решітними робочими органами ОЗС. Крім цього, за результатами ряду досліджень [17, 88] встановлено, що в таких каналах досягається задовільний ефект сепарації при нижчих енерговитратах в порівнянні з іншими ПК. Це підтверджує необхідність їх подальших досліджень і вдосконалення конструкції з метою підвищення загальної технологічної ефективності.

Серед конструктивних параметрів найбільш суттєвий вплив на ефективність роботи ПК мають глибина C і висоти H_1 і H_2 над і під зоною введення матеріалу в канал (рис. 3.8).

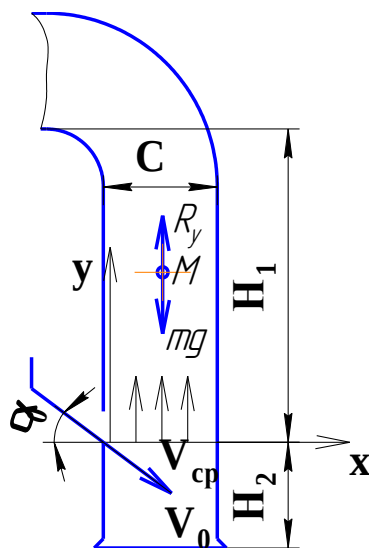


Рис. 3.8. Схема вертикального ПК [1]

Встановлено, що із збільшенням глибини каналу C до певного значення ефект очистки ε зростає, а потім знижується. Величина раціонального значення C , для якого ефект досягає максимального значення, насамперед залежить від навантаження q_B [12, 52] рис. 3.9. Така закономірність пояснюється збільшенням часу взаємодії повітряного потоку з зерновою сумішшю, що створює кращі умови для видалення легких домішок і захоплення повітряним потоком частин повноцінного зерна. Для підтримання необхідної чіткості сепарації при збільшенні глибини каналу середню

швидкість повітряного потоку знижують, в результаті ефект очистки знижується.

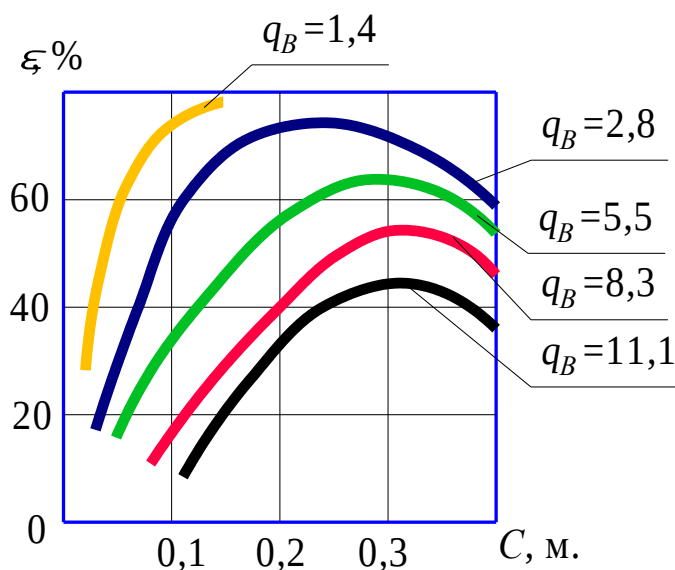


Рис. 3.9. Залежність ефекту очистки ε від глибини C ПК при різних питомих навантаженнях q_B , кг/с·м, при $H_1 = 0,8$ м, початковій швидкості зернової суміші $V_0 = 0,3$ м/с і куті введення суміші в канал $\alpha = 35^\circ$ та чіткості сепарації $z = 2\%$ [1]

Висота H_1 верхньої частини каналу (рис. 3.7) також має суттєвий вплив на ефект очистки. Це пов'язано насамперед із чіткістю сепарації. При малих значеннях H_1 , відбувається винос повноцінного зерна в осадову камеру. Особливо це проявляється при високих питомих навантаженнях і незначній глибині каналу. Для усунення цього недоліку доводиться знижувати середню швидкість повітряного потоку, в результаті чого знижується ефект очистки.

Вагомо впливає на ефективність процесу висота H_2 нижньої частини каналу (рис. 3.7). Дослідженнями [83] встановлено, що із збільшенням H_2 , наприклад від 0,23 до 0,43 м, ефект очистки ε підвищується на 5...8%. Для каналів глибиною 0,1...0,2 м оптимальна висота $H_2 = 0,13...0,18$ м. Рекомендується приймати $H_2 \geq (1,5...2,0)C$.

В.Л. Злочевський [55], також виділив середню зону сепарації, в місці подачі зернового матеріалу, як окрему і зазначив, що «збільшення висоти ПК веде до підвищення ефективності розділення, однак цей процес можна підсилити за рахунок стабілізації руху зернових часток в середній зоні». Виділення середньої зони сепарації в самостійну зону ставить задачу дослідження її значимості і можливості інтенсифікації з метою підвищення ефективності роботи всього пневмосепаратора, зазначає автор.

Невирішеною задачею залишається обґрунтування ПСП замкненим повітряним потоком. Дослідженнями в цьому напрямку займалися: А.І. Бурков [18], Г.Ф. Костюк [70], Н.І. Одінцов, С.Н. Пяткіна [15], Г.А. Гриднєва [38], В.Е. Саїтов [15], С.М. Карташевич [63], С.В. Корнєєв [69] та ін. В своїй сукупності їх роботи зводилися до експериментального підбору параметрів таких пневмосепараторів та теоретичного дослідження енергетичних витрат, осадових пристроїв і діаметральних вентиляторів, що в більшості випадків служать для створення повітряного потоку в таких схемах [1].

Так, в роботі В.Е. Саїтова [25] складено математичну модель розділення відходів повітряним потоком в осадовій камері. Ним одержані параметричні рівняння траєкторії руху частин (1.9), які дозволяють спрогнозувати політ частин зернового матеріалу в осадовій камері залежно від коефіцієнту парусності [1].

$$\begin{cases} x(t) = V_0 \sin \alpha \cdot t + k_{\pi} \cdot \sqrt{V_0^2 - 2V_0 \cdot V_b \sin(\alpha + \beta) + V_b^2} (V_b \cos \beta - V_0 \sin \alpha) \frac{t^2}{2} \\ y(t) = V_0 \cos \alpha \cdot t + \left[g + k_{\pi} \cdot \sqrt{V_0^2 - 2V_0 \cdot V_b \sin(\alpha + \beta) + V_b^2} (V_b \sin \beta - V_0 \cos \alpha) \frac{t}{2} \right] \end{cases} \quad (2.9)$$

де V_0 – початкова швидкість подачі частинки в боковий повітряний потік, м/с;

V_b – швидкість бокового повітряного потоку, м/с;

α – кут між віссю y і напрямком швидкості потрапляння частинки в боковий повітряний потік, град;

β – кут між віссю x і напрямком швидкості бокового повітряного потоку, град;

k_{Π} – коефіцієнт парусності частинки, m^{-1} .

Дослідження А.С. Матвєєва [87, 89], А.Г. Демського [44], А.Я. Маліса [83, 84], В.Л. Злочевського [55] та ін. присвячені встановленню закономірностей впливу аеродинамічних факторів на ефективність пневмосепарації. Дослідженнями А.Я. Маліса встановлено [83], що збільшення середньої швидкості повітряного потоку підвищує ефект сепарації, та її збільшення доцільне в незначних межах. Збільшення швидкості за граничне значення переводить зернову суміш в зоні сепарації в стан «кипіння», погіршуючи умови виділення домішок та збільшуючи винос повноцінного зерна в відходи [44, 83].

На рис 3.10 приведені залежності ефекту очистки ε та чіткості сепарації z зерна пшениці від середньої швидкості повітряного потоку, отримані відповідно А.Я. Малісом (ε_1, z_1) та А.Г. Демським (ε_2, z_2) [44, 83].

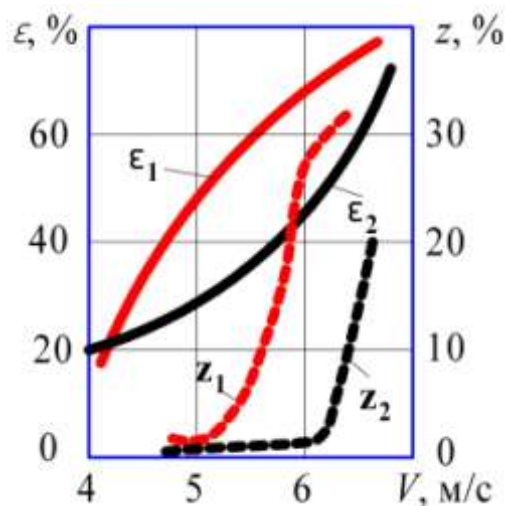


Рис. 3.10. Залежність ефекту очистки ε та чіткості сепарації z , від середньої швидкості повітряного потоку V , м/с

Із графіка 3.10 видно, що використання в процесі повітряної сепарації режимів з підвищеними швидкостями повітряного потоку сприяє збільшенню втрат повноцінного зерна у відходи, хоч і підвищує загальну ефективність розділення. Тому вибір середньої швидкості повітряного потоку в кожному конкретному випадку повинен базуватися на умовах забезпечення заданого ефекту очистки з мінімальними втратами повноцінного зерна [1].

Багаточисельні дослідження [16, 54, 59, 66, 80] підтвердили, що ефективність пневмосепарації в значній мірі залежить від рівномірності повітряного потоку по поперечному перерізу каналу. Чисельно ступінь рівномірності повітряного потоку прийнято оцінювати за коефіцієнтом варіації Φ :

$$\Phi = \frac{\sigma}{V_{cp}} \cdot 100\%, \quad (3.10)$$

де σ – середнє квадратичне відхилення швидкостей в окремих точках від середньої швидкості повітряного потоку, м/с.

На рівномірність повітряного потоку впливають ряд факторів [83, 129], серед яких слід відмітити режим повітряного потоку, який залежить від в'язкості повітря, його швидкості, розмірів повітряного каналу та способу і величини завантаження каналу зерновим матеріалом. Як показує графік (рис. 1.8), при збільшенні останнього відбувається різке зменшення швидкості біля внутрішньої та зовнішньої стінки каналу, хоча в центральній частині каналу швидкості зростають, що пояснюється створенням додаткового опору повітряному потокові в зонах введення та виведення матеріалу.

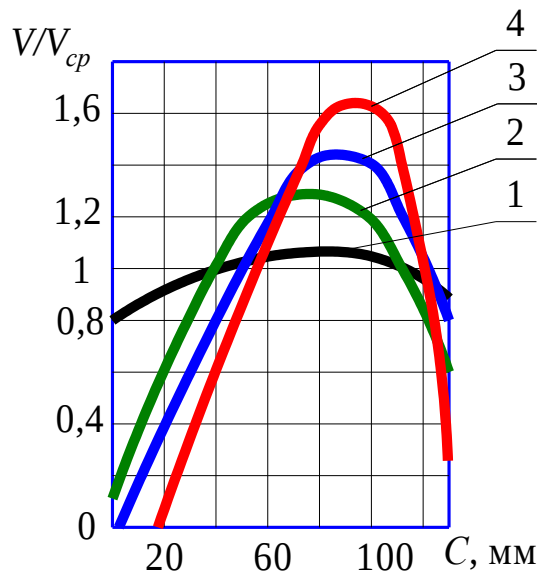


Рис. 3.11. Поле швидкостей повітряного потоку в ПК при
різному зерновому навантаженні: 1 – $q_B = 0$ кг/см·год;

2 – $q_B = 50$ кг/см·год; 3 – $q_B = 100$ кг/см·год; 4 – $q_B = 200$ кг/см·год

В результаті проведення швидкісної зйомки ПСП [44] встановлено, що в зонах зменшення швидкісного поля спостерігається погіршення виділення легких домішок, що призводить до зниження ефекту очистки.

Проведені дослідження [17, 23, 62, 66, 91, 94] підтверджують, що одним із найбільш впливових факторів на ефективність ПСП є питоме зернове навантаження. А.Б. Демський [44] на основі експериментальних даних побудував модель пневмосепарації вертикального ПК з врахуванням п'яти основних факторів: питомого навантаження, швидкості повітряного потоку, кута введення зернового матеріалу в ПК, швидкості витання та глибини каналу. При аналізі коефіцієнтів регресії отриманої моделі стало очевидно, що найбільш значимими є три фактори, а саме: питоме навантаження q_B , швидкість повітряного потоку V_{cp} та глибина ПК C .

Ефективність роботи пневмосистем з замкненим повітряним потоком обґрунтовується в роботах А.І. Буркова [18], Г.Ф. Костюка [70], С.Н.

Патякиної [105], Г.А. Гриднєвої [38], В.Е. Саїтова [125], С.С. Ямпилова [151, 153]. В них відмічається, що замкнений повітряний потік сприяє не лише зменшенню запиленості робочої зони, а й зниженню енерговитрат на створення повітряного потоку та більш рівномірній повітряній структурі.

Ряд робіт присвячений зменшенню взаємодії компонентів зернової суміші в ПК безпосередньо перед її введенням. Так, В.Ф. Веденсьєв [26] пропонує попереднє розшарування матеріалу перед його введенням в ПК за допомогою аеролотка, С.В. Корнєв та В.Є. Саїтов [69, 25] звертають увагу на необхідність не лише попередньої підготовки зернового матеріалу повітряним потоком, а і його подальше фракціонування. А.К. Туров [46] рекомендує проводити попереднє розшарування зернової суміші перед її введенням в ПК зустрічним повітряним потоком з допоміжного повітряного каналу, при цьому швидкість повітряного потоку встановлювалася в 1,5 рази вище швидкості витання компонентів зернової суміші, що сприяє більш інтенсивному винесенню легких домішок у верхні шари. В.А. Сабашкін [24] відмічає необхідність не лише розрихлення та часткового розшарування зернового матеріалу перед введенням в ПК, а й введення його з різними швидкостями та під різними кутами. В.Л. Злочевский [55], пропонує інтенсифікувати процес аеродинамічного розділення матеріалу за рахунок закрутки зернівок в полі повітряного потоку зі стаціонарною періодичною нерівномірністю. При попередній очистці головною умовою є розшарування зернового матеріалу і управлінням руху центра мас, а при сортуванні – управлінням руху навколо центра мас. Закрутка зернівок дозволяє звузити пучок траєкторій визначеного класу і виділити його із зернової суміші.

Вищенаведені напрями інтенсифікації ПСП є досить ефективними, та їх практичне використання залишається обмеженим, оскільки в одних випадках це призводить до підвищеної витрати повітря, в інших – значної конструктивної складності. В той же час, напрямки інтенсифікації ПСП

доводять необхідність вдосконалення не лише умов введення зернового матеріалу в ПК, а й функціональної схеми ОЗС в цілому [1].

3.4. Постановка мети і задач досліджень

В результаті проведеного аналізу стану техніки для очищення зерна і існуючих результатів досліджень процесу розділення зернових матеріалів повітряним потоком можна зробити наступні висновки:

- існуючі повітряні системи ОЗС, незважаючи на їх широке застосування, не відповідають вимогам до якості очищення, а їх питома продуктивність роботи знаходиться на рівні 800...1000 кг/дм·год і є нижчою у порівнянні з решітними частинами, а тому питання підвищення ефективності функціонування ПК є актуальною задачею;
- недостатньо уваги приділено сепарації зернових матеріалів в похилому ПК, незважаючи на те, що такий спосіб очистки часто використовуються в існуючих пневмосистемах;
- однією із головних причин низької ефективності пневмосепарації є нерівномірність повітряного потоку в робочому перерізі каналу, особливо в зонах введення та виведення матеріалу;
- для інтенсифікації ПСП необхідно створити умови для більш ефективної взаємодії повітря з зерновим матеріалом, чого можна досягти як за рахунок раціонального способу введення матеріалу в ПК, так і за рахунок вирівнювання повітряного потоку по перерізу каналу;
- практично доведена ефективність застосування замкнутих схем циркуляції повітря в ОЗС, хоча теоретично це питання вивчено недостатньо.

Для вирішення питання підвищення технологічної ефективності очищення зерна в пневмосепаруючий системі поставлені наступні **задачі досліджень**:

- обґрунтувати параметри багатоструменевого ділильника та дослідити вплив особливостей введення зернового матеріалу в похилий пневмосепаруючий канал насіннєочисної машини Пткус-Гігант К 571;
- встановити залежності ефективності очищення зерна від фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу та параметрів замкненої інерційної пневмосепаруючої системи;
- розробити методику інженерного розрахунку параметрів інерційних прямоточних пневмосепараторів;
- провести техніко-економічну оцінку ефективності впровадження результатів досліджень.

3.5. Визначення форми гравітаційної напрямної кривої живильного пристрою насіннєочисної машини Пткус-Гігант

Швидкість та напрям введення зернового матеріалу в пневмосепаруючий канал мають важливе значення як з точки зору продуктивності так і енергозатрат [21].

Експериментальними дослідженнями визначено, що введення зерна в пневмосепаруючий канал горизонтально, або з від'ємним кутом приводить до збільшення ефекту очищення та зменшення втрат повноцінного зерна у відходи [32].

Для забезпечення швидкості введення зерна в пневмосепаруючий канал аналогічній швидкості, з якою він потрапляє на направляючу поверхню живильного пристрою необхідно, щоб насіння переміщувалось по його поверхні з постійною швидкістю.

Таким чином для забезпечення визначеного швидкісного режиму руху

зерна виникає необхідність знаходження форми підтримуючої направляючої - підтримуючої гравітаційної кривої.

При у рахуванні сили тертя та опору середовища (в нашому випадку повітря) рух зерна, як окремої частинки по гравітаційній кривій, рис. 3.12,

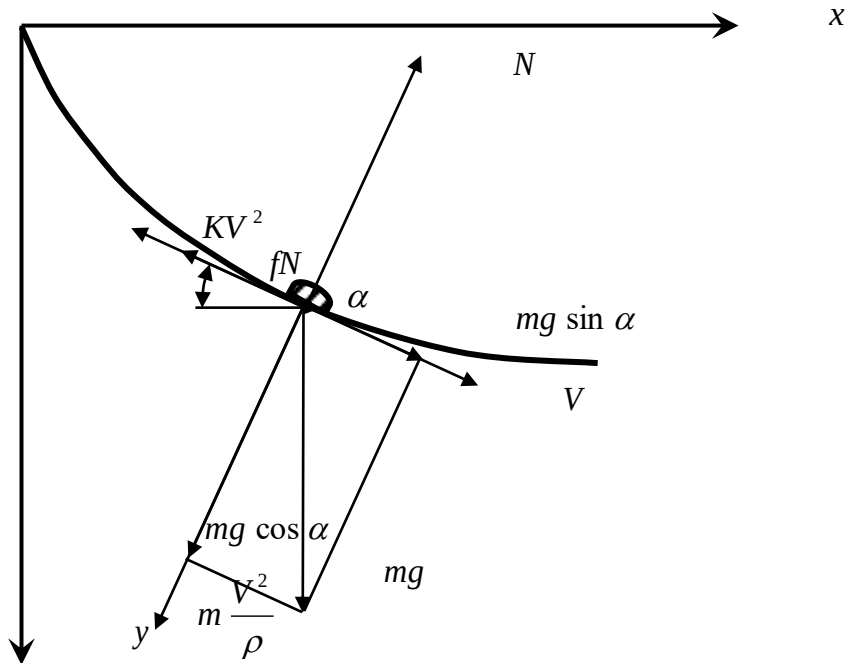


Рис. 3.12. Розрахункова схема

описує рівняння [3]:

$$\frac{dV}{dt} = g (\sin \alpha + f \cos \alpha) - f \frac{V^2}{\rho} - k_0 V^2, \quad (3.1)$$

де V - швидкість руху частинки, окремої зернини;

g - прискорення вільного падіння;

f - коефіцієнт тертя зернини та поверхні живильного пристрою;

k_0 - парусність зернини;

ρ - радіус кривизни;

α - кут між напрямом вектора швидкості та віссю ОХ;

t - час протікання процесу.

Враховуючи, що

$$\cos \alpha = \frac{dx}{ds}; \quad \sin \alpha = \frac{dy}{ds}; \quad \rho = \frac{ds}{da}; \quad d\alpha = y'' \frac{ds}{1+y'^2}, \quad (3.2)$$

рівняння (3.1) прийме вигляд [3]:

$$\frac{dV}{dt} + P(x) V = Q(x) V^{-1}, \quad (3.3)$$

-

де $P(x)$ та $Q(x)$ функції що визначаються:

$$P(x) = \frac{-f y'' + k_0 \sqrt{(1+y'^2)^3}}{1+y'^2}; \quad (3.4)$$

-

$$Q(x) = g (y' - f); \quad (3.5)$$

-

$y = y(x)$ - функція, якою визначено траєкторію руху, при цьому зауважимо, що наявна підтримуюча крива тобто виконується умова:

$$N = mg \cos \alpha - m \frac{V^2}{\rho} \geq 0. \quad (3.6)$$

-

Розв'язок рівняння (3) визначає функціональну залежність швидкості руху зернини від координати x та має вигляд [3]:

$$V(x) = \sqrt{e^{-2 \int P(x) dx} \left(C + 2 \int Q(x) e^{2 \int P(x) dx} dx \right)}, \quad (3.7)$$

-

де C довільна постійна, яка визначається з початкових умов руху та залежить від початкової швидкості руху зернини.

Зазначимо, що в конкретному випадку, як і в аналогічних розрахунках при дослідженні руху частинок здебільшого, виникли ускладнення аналітичного характеру, що спонукає до використання наближених методів розв'язку.

Враховуючи що направляюча поверхня живильного пристрою виконана з металу, а насіння що по ній рухається - зерно пшениці, то маємо наступні умови та вихідні параметри:

- коефіцієнт тертя $f = 0,42$;
- парусність $k_0 = 0,15$;
- прискорення вільного падіння $g = 9,8 \text{ м/с}^2$;
- початковий кут $\alpha_0 = 90^\circ - 30^\circ = 60^\circ$ (конструкційний параметр);
- максимальна величина $x_{\max} = 0,3 \text{ м}$ (конструкційний параметр);
- швидкісний режим руху зерна має задовольняти умову:

$$V(x=0) = V(x_{\max} = 0,3 \text{ м}) = 0,5 \text{ м/с} . \quad (3.8)$$

Вважаємо, що зерно рухається в здовж кривої $y(x)$, яку представимо в вигляді степеневого ряду:

$$y(x) = \sum_{i=0}^{\infty} a_i x^i \quad (3.9)$$

Обмежимося деякою кількістю перших членів ряду (9) для виконання умови (8) для можливого знаходження розв'язку рівняння (3). За поставлених умов в загальному випадку розв'язок можливий при $i \geq 2$. Розглянемо найпростіший випадок, прийнявши $i = 2$, та шукає рівняння підтримуючої гравітаційної кривої у вигляді:

$$y(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2. \quad (3.10)$$

Враховуючи що $y'(0) = a_1 = \operatorname{tg} \alpha_0$ тобто $a_1 = \operatorname{tg} 60^\circ = 1.73205$.

Приймемо, що $a_0 = 0$ оскільки даний коефіцієнт не впливає на форму кривої (до функцій $P(x)$ та $Q(x)$ входять лише похідні функції $y(x)$ в яких відсутній коефіцієнт a_0 , а отже він відсутній і в рівнянні (3.3)).

Знаходження коефіцієнта a_2 при виконанні умови (3.8) під час підстановки всіх знайдених значень в (3.7) в аналітичному вигляді ускладнене. Тож для його знаходження скористуємося наближеним методом розв'язку рівняння (3.3) - методом Рунге-Кутта для задачі Коші з початковою умовою $V_0 = 0,5 \text{ м/с}$ при виконанні умови (3.8). Скориставшись вбудованими можливостями MathCAD розрахували значення a_2 , що складає $a_2 = -3,42643$.

За даних умов довільна постійна $C = -42,61033$.

Таким чином маємо:

- рівняння підтримуючої гравітаційної кривої:

$$y(x) = 1,73205 x - 3,42643 x^2 \quad (3.11)$$

- функціональну залежність швидкості руху зернини від координати x :

$$V(x) = \sqrt{e^{-2\int P(x)dx} \left(-42,61033 + 2 \int Q(x) e^{2\int P(x)dx} dx \right)}, \quad (3.12)$$

де $P(x)$ та $Q(x)$ функції що визначаються:

$$P(x) = \frac{-2 f a_2 + k_0 \sqrt{(1 + (a_1 + 2 a_2 x)^2)^3}}{1 + (a_1 + 2 a_2 x)^2}; \quad (3.13)$$

$$Q(x) = g ((a_1 + 2 a_2 x) - f). \quad (3.14)$$

Для умов, що розглядались, графіки $y(x)$ та $V(x)$ представлено на рис. 3.13.

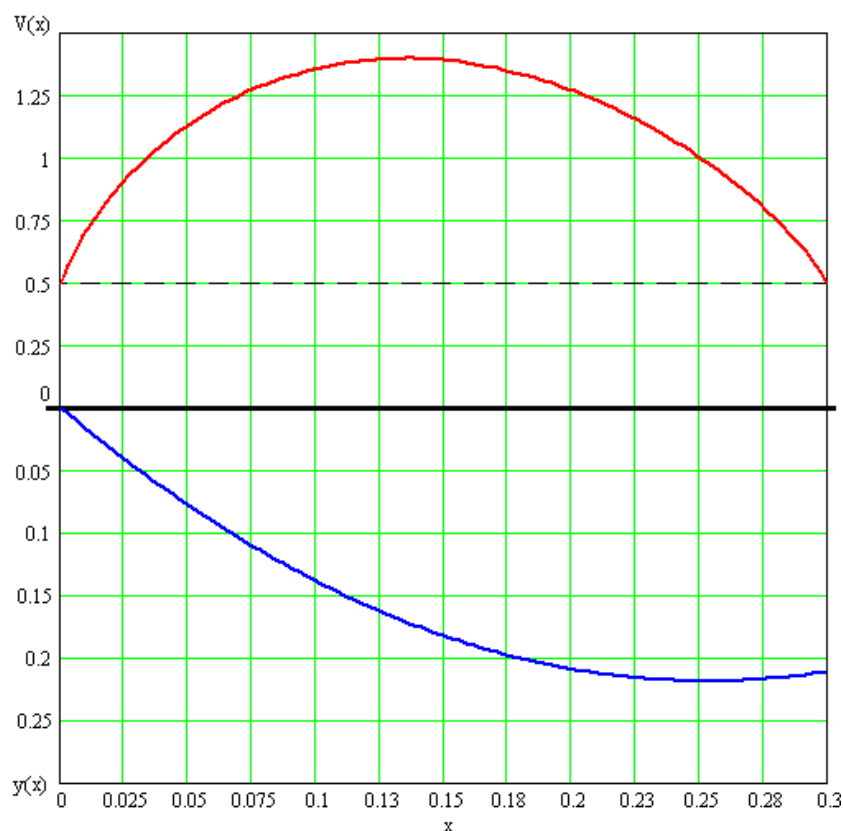


Рис. 3.13. Побудовані за допомогою ПК, зведені графіки підтримуючої гравітаційної кривої $y(x)$ та швидкості $V(x)$ в залежності від x (при $f = 0,42$, $k_0 = 0,15$, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$, $\alpha_0 = 60^\circ$, $0 \text{ м} \leq x \leq 0,3 \text{ м}$, $V(x=0) = V(x=0,3 \text{ м}) = 0,5 \text{ м/с}$).

Розрахунки підтримуючої гравітаційної кривої $y(x)$ та швидкості $V(x)$ в залежності від x були переведена на ПК. Одержано графічне зображення

форми прямої поверхні живильного пристрою, рис. 3.13.

Проведені теоретичні дослідження визначили методику розрахунку параметрів підтримуючих гравітаційних кривих руху частинок, що можуть виникати в аналогічних задачах за інших відмінних умов або довизначення.

Достовірність проведеного обґрунтування форми направляючої кривої живильного пристрою підтверджується лабораторними дослідженнями.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Фізичні фактори:

Все електрообладнання у відділенні працює від трифазної 4-х провідної електричної системи напругою 380/220 В. По електробезпеці відділення відноситься до приміщень із підвищеною небезпекою, що пов'язане з наявністю струмопровідної бетонної підлоги, підвищеної температури.

До небезпечних, пов'язаних з електрикою також відноситься порушення ізоляції електричних проводів, ремонт устаткування при включеному електричному струмі.

Недостатність природного і штучного освітлення (менше 150 лк).

Вміст в приміщенні пилу вище встановленої граничнодопустимої концентрації – більше 6 мг/м³.

Робота зерноочисного відділення пов'язана з постійним підвищеним шумом (більш 70 Дб), а також проявом загальної і локальної вібрацій від роботи машин.

Джерелом небезпечних виробничих чинників є теплогенератор ТАУ-0,75: робота несправним запобіжним клапаном, несправними системами подачі палива, запуск без попереднього продування.

Пожежонебезпечні чинники – попадання іскор в сухе насіння, пил і інші горючі матеріали, коротке замикання.

При відносній вологості повітря 70-90% працювати важко і продуктивність знижується на третину. Надмірна концентрація виробничого пилу у робочій зоні впливає на дихальні шляхи, легені, очі, а також може привести до вибуху.

Виробничий шум виникає під час роботи окремих вузлів заводу. Інтенсивний шум викликає втому, знижує чутливість органів слуху, впливає на діяльність нервової системи. Сильний шум утрудняє оцінку відстані і часу, заважає розпізнавати кольорові сигнали, знижує на 5-12% продуктивність праці і підвищує ймовірність виробничого травматизму.

Вібрація подібно до шуму також негативно впливає на організм людини і при постійній дії може призвести до вібраційної хвороби.

Психофізіологічний фактори:

Стомлюваність і зниження працездатності до кінця зміни. Відповідно до СН-245-71 робота на підприємстві відноситься до II категорії – середньої тяжкості.

Небезпечні чинники можуть з'явитися також в наслідок порушення режимів праці і відпочинку – 40 годинний робочий тиждень, обідня перерва (1 година), 10 хвилинні перерви на потреби працівників.

Великий вплив на організм людини мають такі фактори як динамічна і статична робота.

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1. Оцінка техніко-економічного рівня модернізованої машини.

В процесі модернізації очисної машини, для підвищення продуктивності до 2т/год при незмінній якості виконання процесу сепарації за довжиною на трієрах встановлено варіатор (на механізм приводу трієрного блоку) для заміни числа обертів, що дозволить зменшити час на переналагодження машини під іншу культуру на 15 хв. Під час експлуатації виявлено, що підшипники механізму приводу решіт потребують змащення через кожні 2400 годин при паспортному навантаженні очисної машини. Для усунення даного недоліку пропонується встановити закриті шарикові підшипники типу 60000 ГОСТ 8338-85, що мають строк служби 480000.

Визначаємо коефіцієнт уніфікації

$$K_d = \frac{D_3 - D_{op}}{D_3}$$

де D_3 – загальна кількість найменувань деталей у машині за винятком метизів;

D_{op} – кількість найменувань оригінальних деталей.

$$K_{ум} = \frac{112 - 47}{112} = 0,58$$

$$K_{уб} = \frac{118 - 50}{118} = 0,57$$

Відносний показник рівня уніфікації конструкції

$$V_{ку} = K_{ум} / K_{уб} = 0,58 / 0,57 = 1,01$$

Коефіцієнт стандартизації продукції

$$K_{ст} = D_{ст} / D_3;$$

де $D_{ст}$ – кількість найменувань стандартних деталей в машині

$$K_{стб} = 65 / 112 = 0,58$$

$$K_{стм} = 65 / 118 = 0,55$$

Відносний показний рівня стандартизації конструкції

$$V_{ст} = K_{стм} / K_{стб} = 0,55 / 0,58 = 0,95$$

Коефіцієнт конструктивної повторюваності

					ПСК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		48

$$K_{кп} = N_3 / D_3$$

де N_3 – загальна кількість деталей в машині,

$$K_{кпб} = 386 / 112 = 3,44$$

$$K_{кпм} = 392 / 118 = 3,32$$

Таблиця 5.1.

Техніко-економічні показники порівнюваних машин

Показники	Один. виміру	Машина	
		Базова	Модернізова на
1	2	3	4
1. Агрегаткування		стаціонарна	
2. Маса машини	кг	1300	1360
3. Маса покупних виробів	кг	262	200
4. Оптова ціна машина	грн.	53589	
5. Собівартість машини	грн.	45550	
6. Вартість покупних виробів у собівартості машини	грн.	5013	4050
8. Продуктивність	т/год	1,5	2
7. Коефіцієнт використання часу зміни – -робочого -експлуатаційного		0,76 0,7	
10. Кількість обслуговуючого персоналу	чол.	1	1
11. Кількість комплектувань оригінальних деталей, розроблених в процесі модернізації	шт.		11
12. Середньогодинна заробітна плата -робітника -конструктора -технолога	грн.	6,5 11,5 11,5	6,5 11,5 11,5
14. Кількість найменувань деталі в машині всього у тому числі: -оригінальних -стандартних	шт.	112 47 65	118 50 65
15. Кількість деталей в машині	шт.	386	392
16. Середньорічна програма випуску машин	шт.		100

Відносний показник рівня конструктивної повторюваності:

$$В_{нп} = K_{кпм} / K_{кпб} = 3,32 / 3,44 = 0,97$$

Собівартість модернізованої машини

$$C_M = \frac{C_6 - C_{п6}}{M_6 - M_{п6}} \cdot (M_M - M_{пM}) + C_{пM},$$

де C_6 – собівартість виготовлення базової машини;

$C_{п6}$ та $C_{пM}$ – ціна покупних виробів у собівартості базової модернізованої машини;

M_6 та M_M – маса базової та модернізованої машини;

$M_{п6}$ та $M_{пM}$ – маса покупних виробів базової та модернізованої машини;

$$C_M = \frac{45550 - 5013}{1300 - 262} \cdot (1360 - 200) + 4050 = 49348 \text{ грн.}$$

Продуктивність машини за 1 годину експлуатаційного та змінного часу:

$$P_{ек} = P_0 \cdot K_{ек}$$

$$P_{зм} = P_0 \cdot K_{ер}$$

де P_0 – продуктивність машини за 1 годину основного часу,

$K_{ек}$ та $K_{ер}$ – коефіцієнт використання експлуатаційного та робочого часу зміни. Для базової машини бази задані, а для модернізованої визначаємо за формулами:

$$K_{екM} = \frac{K_{ек6} + \frac{T_{то} + T_{лп}}{60}}{T_{зм}} = \frac{7,6 + \frac{15}{60}}{10} = 0,79$$

$$K_{ерM} = \frac{T_{вр.в} + \frac{T_{то}}{60}}{T_{зм}} = \frac{7,0 + \frac{15}{60}}{10} = 0,73$$

де $T_{ек6}$ – кількість годин експлуатаційного часу базової машини у зміні;

$T_{зм}$ – тривалість роботи зміни;

$T_{ап}$ та $T_{то}$ – кількість хвилин у робочу зміну, на яку скорочується витрати часу відповідно, на ліквідування поломок та деформацій та на технічне обслуговування в результаті модернізації базової машини;

$$P_{ек.6} = 1,5 \cdot 0,7 = 1,05 \text{ т/г}$$

$$P_{ек.M} = 2 \cdot 0,73 = 1,46 \text{ т/г}$$

$$P_{зм.6} = 1,5 \cdot 0,76 = 1,14 \text{ т/г}$$

$$P_{зм.M} = 2 \cdot 0,79 = 1,58 \text{ т/г}$$

Питома собівартість машини

					ПСК 00.000 ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата			50

$$C_{\text{п}}=C/\text{Пек}$$

де С – собівартість машини.

$$C_{\text{пб}}=40192/1,05=38278 \text{ грн/т/г}$$

$$C_{\text{пм}}=49348/1,46=33800 \text{ грн/т/г}$$

Відносний показник рівня питомої собівартості

$$V_{\text{сп}}=C_{\text{пб}}/C_{\text{пм}}=38278/33800=1,13$$

Питома матеріаломісткість машини

$$M_{\text{п}}=M/\text{Пек};$$

де М – маса “сухої”, тобто незавантаженої машини;

$$M_{\text{пб}}=1300/1,05 =1238,1 \text{ грн/т/г}$$

$$M_{\text{пм}}=1360/1,46=931,5\text{кг/т/г}$$

Відносний показник рівня питомої матеріалоемкості:

$$V_{\text{мп}}=M_{\text{пб}}/M_{\text{пм}}=1238,1 /931,5=1,33$$

Узагальнений показник техніко-економічного рівня – модернізованої машини

$$U_{\text{тр}}=\sum_i^m a_i \cdot \beta_{gi}$$

де β_{gi} – величина і-го відносного показника техніко-економічного рівня;

М- кількість відносних показників, приймаючих до розрахунків;

a_i – коефіцієнт вагомості і-го відносного показника техніко-економічного рівня;

$$U_{\text{тр}}=1,01 \cdot 0,1+0,95 \cdot 0,05+0,97 \cdot 0,05+1,13 \cdot 0,45+1,33 \cdot 0,35=1,25$$

Якщо величина узагальненого показника більше одиниці, то це свідчить про те, що внесені конструктивні зміни підвищують техніко-економічний рівень базової машини та її конкурентоспроможності.

Визначення витрат на проектування та освоєння виробництва модернізованої машини:

$$V_{\text{п}}=N_{\text{ф}} \cdot T_{\text{кон}} \cdot Z_{\text{сг}} \cdot (1+\beta/100) \cdot (1+P_{\text{св}}/100)$$

де $N_{\text{ф}}$ – кількість найменувань оригінальних деталей, які розроблюються в процесі модернізації.

Так сумарна трудомісткість розробки конструкторської документації, яка припадає на одне найменування оригінальної деталі (90-140 годин);

Зсг – середньогодинна заробітна плата конструкторів;

Вс – відрахування на соціальне страхування та в спеціальні фонди;

Псв – процент поточних витрат (200-300%).

$$Вп=11 \cdot 100 \cdot 11,5 \cdot (1+37,5/100) \cdot (1+200/100)=52182 \text{ грн.}$$

Витрати на розробку технології виготовлення модернізованої машини:

$$Вт=Нор \cdot Тт \cdot Зсг \cdot (1+Вс/100) \cdot (1+Псв/100),$$

де Тт – сумарна трудомісткість розробки технологічної документації, яка припадає на одне найменування оригінальної деталі (60-80 год),

$$Вт=11 \times 60 \cdot 11,5 \cdot (1+37,5/100) \cdot (1+200/100)=31309 \text{ грн.}$$

Витрати на виготовлення технологічного оснащення, необхідного для виробництва модернізованої машини.

$$Восн=Нор \cdot \sum_{i=1}^k Кгго(i) \cdot Кксм(i) \cdot Цоб(i),$$

де к – кількість груп оснащення;

Кгго(i)- коефіцієнт технологічного оснащення, по i-й групі оснащення;

Кксм(i) – кількість комплектів i-ої групи оснащення;

Цоб(i) – ціна одиниці оснащення i-ої групи

$$Восн=11 \cdot (0,35 \cdot 2 \cdot 3800 + 0,6 \cdot 2580 + 0,8 \cdot 3 \cdot 90 + 0,1 \cdot 3 \cdot 35)=48779 \text{ грн.}$$

Витрати на виготовлення дослідного зразка

$$Вуз=(1,2 \div 1,3) \cdot См=1,2 \cdot 49348=59218 \text{ грн.}$$

Витрати на виготовлення дослідної партії

$$Вдп=(1,1-1,2) \cdot См \cdot Нм=1,2 \cdot 49348 \cdot 2=118435 \text{ грн.}$$

де Нм – кількість машин у дослідній партії (2-8 шт).

Інші витрати на проектування та освоєння виробництва модернізованої машини:

					ПСК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		
						52

$$I_{\text{нв}} = K_{\text{ін}} / 100 \cdot \sum_{i=1}^5 \beta_{(i)}$$

де $K_{\text{ін}}$ - % на інші витрати на освоєння виробництва до суми п'яти попередніх статей витрат (15-20%).

$$I_{\text{нв}} = 15 / 100 (52182 + 31309 + 48779 + 59218 + 118435) = 46488 \text{ грн.}$$

Сума витрат на проектування та освоєння виробництва

$$V_{\text{осв}} = 52182 + 31309 + 48779 + 59218 + 118435 + 46488 = 356411 \text{ грн.}$$

Питомі витрати на проектування та освоєння виробництва модернізованої машини

$$V_{\text{пос}} = V_{\text{осв}} / N_{\text{св}}$$

де $N_{\text{св}}$ – середньорічна програма випуску модернізованої машини

$$V_{\text{пос}} = 356411 / 100 = 3564 \text{ грн}$$

Оптову ціну модернізованої визначаємо за формулою:

$$C_{\text{опм}} = C_{\text{опб}} \cdot \frac{P_{\text{екм}}}{P_{\text{екб}}} \cdot K_p$$

де K_p – коефіцієнт розподілу економічного ефекту між споживачем та виробником модернізованої машини

$$C_{\text{опм}} = 53589 \cdot \frac{1,46}{1,05} \cdot 0,8 = 59590 \text{ грн}$$

Річний економічний ефект заводу виробника від впровадження модернізованої машини у виробництво:

$$E_{\text{рв}} = (C_{\text{опм}} - C_{\text{м}}) - (C_{\text{спб}} - C_{\text{б}}) - V_{\text{пос}} \cdot E_{\text{н}},$$

де $E_{\text{н}}$ – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних витрат

$$E_{\text{рв}} = (59590 - 49348) - (53589 - 45550) - 3564 \cdot 0,16 = 21633 \text{ грн.}$$

Визначення експлуатаційних витрат, які припадають на одиницю роботи порівнювальних машин.

Заробітна плата обслуговуючого персоналу

					ПСК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		
						53

$$З_{\Pi} = \frac{\sum_{i=1}^k P_{\text{сб}}(i) \cdot P_{\text{ТВ}}(i)}{P_3}$$

Де $P_{\text{сб}}(i)$ – кількість робітників, виконуючих роботу i -го розряду;

$P_{\text{ТВ}}(i)$ – годинна тарифна ставка i -го розряду роботи;

K – кількість розрядів робіт, які виконують робітники

$$З_{\Pi\text{б}} = \frac{1 \cdot 6,5}{1,14} = 5,7 \text{ грн/т}$$

$$З_{\Pi\text{н}} = \frac{1 \cdot 6,5}{1,58} = 4,11 \text{ грн/т}$$

Витрати на амортизацію та ремонт машини

$$В_{\text{ам}} = K_{\text{п}} \cdot Ц_{\text{оп}} \cdot (N_{\text{а}} + N_{\text{р}}) / (100 \cdot P_{\text{ек}} \cdot P_3)$$

де $K_{\text{п}}$ – коефіцієнт переведу оптових цін у балансову вартість (1,3-1,5);

$N_{\text{а}}$, $N_{\text{р}}$ – норма щорічних амортизаційних відрахувань на реновацію машини, та на ремонт;

P_3 – коефіцієнт, який враховує виплати податку;

$$В_{\text{ам}}^{\text{рем.з}} = \frac{1,3 \cdot 53589 \cdot (15 + 9)}{100 \cdot 1,05 \cdot 260} = 61,2 \text{ грн/т}$$

$$В_{\text{ам}}^{\text{рем.м}} = \frac{1,3 \cdot 59590 \cdot (15 + 9)}{100 \cdot 1,46 \cdot 260} = 48,9 \text{ грн/т}$$

Витрати на електроенергію

$$В_{\Pi} = \frac{В_{\text{пд}} \cdot Ц_{\text{е}}}{P_{\text{зм}} \cdot K_{\text{кд}} \cdot K_{\text{км}}}$$

де $В_{\text{пд}}$ – встановлена потужність електродвигунів, кВт;

$Ц_{\text{е}}$ – ціна 1 кВт-год електроенергії, грн;

$K_{\text{кд}}$ та $K_{\text{км}}$ – коефіцієнт використання дії електродвигунів (0,85) та мережі (0,96-0,98)

$$В_{\Pi\text{б}} = \frac{4 \cdot 0,55}{1,14 \cdot 0,85 \cdot 0,96} = 2,36 \text{ грн/т}$$

$$В_{\Pi\text{м}} = \frac{4 \cdot 0,55}{1,58 \cdot 0,85 \cdot 0,96} = 1,7 \text{ грн/т}$$

Витрати на збереження

					ПСК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		54

$$B_3 = \frac{\sum H_{3(i)}}{Пек}$$

де H_3 – норматив витрат, які припадають на 1 годину збереження

$$B_{3б} = \frac{1,6}{1,05} = 1,52 \text{ грн/т}$$

$$B_{3м} = \frac{1,6}{1,46} = 1,1 \text{ грн/т}$$

Визначення суми експлуатаційних витрат, які припадають на роботи порівнювальних машин

$$E_{вб}^п = 5,7 + 61,2 + 2,36 + 1,52 = 70,78 \text{ грн/т}$$

$$+ 1,1 = 55,81 \text{ грн/т}$$

$$E_{вм} = 4,11 + 48,9 + 1,7$$

Визначаються питомі капітальні витрати на одиницю вироблюваної продукції або роботи по зрівнюванні машини:

$$П_{кв} = (1/Пек) \cdot (B_{вм}/P_{зт} + B_{ат}/P_{зт})$$

де $B_{ам}$, $B_{вт}$ – балансова вартість машини трактора;

$R_{ам}$, $R_{зт}$ – нормативне річне завантаження машини, трактора.

$$П_{квб} = \frac{1}{1,05} \cdot \left(\frac{1,3 \cdot 53589}{260} \right) = 254 \text{ грн/т}$$

$$П_{квм} = \frac{1}{1,46} \cdot \left(\frac{1,3 \cdot 59590}{260} \right) = 203 \text{ грн/т}$$

Балансова вартість машини визначається таким чином:

$$B_{в} = K_{п} \cdot Ц_{оп}$$

$$B_{вм} = 1,3 \cdot 53589 = 69665 \text{ грн}$$

$$B_{вб} = 1,3 \cdot 59590 = 77467 \text{ грн}$$

Річний економічний ефект споживача модернізованої машини.

$$E_{р.сп} = [(70,78 + 0,16 \cdot 254) - (55,81 + 0,16 \cdot 203)] \cdot 1,46 \cdot 260 = 28229 \text{ грн.}$$

Як видно із розрахунків і виробник і споживач модернізованої машини можуть отримати значний позитивний економічний ефект, що свідчить про ефективність конструкторських розробок, які виконані в дипломному проекті. Тому ці розробки доцільно рекомендувати до впровадження у виробництво.

ВИСНОВКИ

Під час модернізації внесено наступні конструктивні зміни, які дозволять підвищити якісні та експлуатаційні показники.

1. Внесено зміни до аспіраційної системи, які дозволять підвищити продуктивність решітно-повітряного сепаратора до 2.5 т/год.

2. Запропоновано привід трієрних блоків зробити за через клинопасовий варіатор який дозволить зменшити час на переналагодження машини в цілому на 10 хв., підвищити її універсальність під кожен тип культури та під її початкові вхідні параметри (вологість, сорність та ін.).

3. Аналіз актів випробовування та досвід експлуатації машини на підприємствах області встановлено, що ексцентриковий вал приводу потребує заміни підшипників кочення. Також зроблено підвищення надійності ексцентриків приводу решітної частини.

4. На основі аналізу небезпечних і шкідливих факторів, що реально можуть виникнути при експлуатації і обслуговуванні очисної машини розроблено правила безпеки та відповідні заходи, які забезпечують їх усунення, і покращення умов праці на ній. Таким чином, з позиції охорони праці, модернізована очисна машина відповідає всім вимогам з точки зору захисту людини від шуму, пилу, вібрації, нещасних випадків, а також створення сприятливим умовам праці з точки зору санітарії та гігієни.

5. Розрахований економічний ефект становить: для виробника – 21633 грн. з кожної очисної машини, а для споживача – 28229 грн. (за рік роботи).

					ПСК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		56

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Адамчук В.В. Концепція перспективи комплексного вирішення проблеми післязбиральної обробки і зберігання зерна сільськогосподарських підприємствах України [Текст] / В.В. Адамчук, А.Н. Прилуцький, А.С. Заришняк, С.П. Степаненко // Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 99. Том 1. – Глеваха, 2014. – С. 40-55.
2. Котов Б.І. Тенденції розвитку конструкцій машин та обладнання для очищення і сортування зерноматеріалів [Текст] / Б.І. Котов, С.П. Степаненко, М.Г. Пастушенко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Вип. 33. – Кіровоград, 2003. – С. 53-59.
3. Котов Б.І. Перспективи розвитку машин та обладнання для пневмовідцентрової сепарації [Текст] / Б.І. Котов, С.П. Степаненко, В.О. Швидя // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. пр. – Дослідницьке, 2006. – Вип.9 (23), кн.1. – С. 239-246
4. Прилуцький А.Н. Інноваційні ресурсощадні процеси сепарування – основа удосконалення повітряно-решітних відцентрово-вібраційних зернових сепараторів [Текст] / А.Н. Прилуцький // Матеріали XXII Міжнародної науково-технічної конференції «Технічний прогрес у сільськогосподарському виробництві» та IX Всеукраїнської конференції – семінару аспірантів, докторантів та здобувачів у галузі аграрної інженерії. Глеваха, 2014. – С. 244-246.
5. Котов Б.І. Вібропневматичне розділення насінневих сумішей [Текст] / Б.І. Котов // Вісник аграрної науки. – 2004. – №5. – С.55-58.
6. Степаненко С.П. Дослідження процесу пневматичної сепарації насіння в кільцевому зигзагоподібному сепараторі [Текст] / С.П. Степаненко //

- Вісник ХНУСГ. – Харьков. – 2008. – Вип. 75, т.1. – С. 59-65.
Механізація та електрифікація сільського господарства. Випуск №5 (104)
7. Абдуєв М.М. Обґрунтування параметрів сепаратора з нахиленим повітряним каналом для розділення зернових сумішей [Текст] / М.М. Абдуєв // Автореф. дис...канд.техн.наук. – Харків, 2007. – 21 с. 8. Розробити техніко-технологічні основи вдосконалення сепарації зерна і насіння за комплексом фізико-механічних властивостей. [Текст] Звіт про НДР: У 2 т. – Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ», 2008. – 156 с.
 8. Котов Б.І. Результати експериментальних досліджень пневмосепарації зерна у пневмовідцентровому сепараторі з удосконаленим експериментальним диском [Текст] / Б.І. Котов, С.П. Степаненко, В.О. Швидя // Зб. наук. праць Кіровоградського національного технічного університету – Вип. 23. – Кіровоград: КНТУ, 2010. – С. 250 – 257.
 9. Степаненко С.П. Математическая модель движения зерна в коническом аспирационном канале [Текст] / С.П. Степаненко, В.О. Швидя // Механізація та електрифікація сільського господарства: [Загальнодержавний збірник]. – 2015. – Вип.2(101). / [ННЦ «ІМЕСГ»]. – Глеваха, 2015. – С.108-115.
 - 10.Петренко Н.Н. Анализ процесса сепарации зерна на решете в среде пульсирующего воздушного потока [Текст] / Н.Н. Петренко, И.В. Марченко, К.Н. Марченко // Конструювання, виробництво та експлуатація с-г машин. Кіровоград. – 2003. – Вип.33. – С.141-149
 11. Дударев І.М., Ольховський В.О. Моделювання подачі сипкого матеріалу на решето сепаратора ножичного типу [Текст] / І.М. Дударев, В.О. Ольховський // Конструювання, виробництво та експлуатація с-г машин. Кропивницький. – 2020. – Вип.50. – С.59-68 Режим доступу: https://zbirniksgm.kntu.kr.ua/archive/50/50_Dudarev.html

12. Котов Б.І. До теорії розділення зерна в повітряному потоці [Текст] / Б.І. Котов, С.П. Степаненко, В.О. Швидя, Ю.Г. Коваль // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Вип. 39. – Кіровоград, 2009. – С. 209-214.
13. Giyevskiy A.M., Orobinsky V.I., Tarasenko A.P., Chernyshov A.V., Kurilov, D.O. Substantiation of basic scheme of grain cleaning machine for preparation of agricultural crops seeds. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, 2018. Vol. 327. P. 042035.
14. Kugbei S., Avungana M., Hugo W. Seeds Toolkit. Module 2: Seed processing: principles, equipment and practice. The FAO of the UN and AfricaSeeds: Rome, 2018.
15. Vasylovskiy O., Vasylovskaya K., Moroz S., Sviren M., Storozhyk L. The influence of basic parameters of separating conveyor operation on grain cleaning quality. INMATEH – Agricultural Engineering. 2019. Vol. 57(1). P. 63–70.
16. Basiry M., Esehaghbeygi A. Cleaning and charging of seeds with an electrostatic separator. Applied Engineering in Agriculture. 2012. Vol. 28(1). P. 143–147. DOI: 10.13031/2013.41274
17. Bracacescu C., Gageanu I., Popescu S., Selvi K.C. Researches concerning impurities separation process from mass of cereal seeds using vibrating sieves in air flow currents. Engineering for Rural Development. Jelgava, 2016. P. 364–370.
18. Magalhaes F.G.R., Atman A.P.F., Moreira J.G., Herrmann H.J. Analysis of the velocity field of granular hopper flow. Granular Matter. 2016. Vol. 18(33). DOI: 10.1007/s10035-016-0636-y
19. Balevicius R., Kacianauskas R., Mroz Z., Sielamowicz I. Analysis and DEM simulation of granular material flow patterns in hopper models of

- different shapes. Advanced Powder Technology. 2011. Vol. 22. P. 226–235.
DOI: 10.1016/j.apr.2010.12.005
20. Aliev E.B., Bandura V.M., Pryshliak V.M., Yaropud V. M., Trukhanska O.O. Modeling of mechanical and technological processes of the agricultural industry. INMATEH – Agricultural Engineering. 2018. Vol. 54, №1. P. 95-104.
21. Aliev Elchin, Pryshliak Viktor, Yaropud Vitaly Research of physical and mechanical properties of oil seed crops. MOTROL: Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2017. Vol. 19., № 3. P. 103-108.
22. Andersson J., Krus P., Wallace D. Multi-objective optimization of hydraulic actuation systems. Proceedings of the 2017 ASME Design Automation Conference (DETC'17). 2017. №3. P. 19-28.
23. Pirchio M., Fontanelli M., Frascioni Ch. Autonomous Mower vs. Rotary Mower: Effects on Turf Quality and Weed Control in Tall Fescue Lawn. Agronomy. 2018. Vol. 8, Is. 2. P. 15-24.
24. Алієв Е.Б., Яропуд В.М. Фізико-математичний апарат руху насіння в повітряному потоці. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2017. №2. С. 19-23.
25. Бакум М. В., Нікітін С. П., Сергєєва А. В. Проектування сільськогосподарських машин : навч. посіб. Харків : Харк. держ. техн. ун-т с.- г., 2003. 336 с.
26. Булгаков В.М., Адамчук В.В., Черниш О.М., Березовий М.Г., Калетнік Г.М., Яременко В.В.. Прикладна механіка: Навчальний посібник. Київ : Аграр. наука, 2016. 816 с.
27. Булгаков В.М., Пилипака С.Ф., Яропуд В.М., Захарова Т.Н., Калетнік Г.М. Плоскі вертикальні криві, що забезпечують постійні тиск і швидкість руху матеріальної точки. Вібрації в техніці та технологіях. 2014. Вип. 1, 73. С. 25-33.

- 28.Войтюк Д. Г., Булгаков В. М., Кропивко С. В., Онищенко В. Б. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підруч. для студ. вузів. Київ : Друк, 2005. 464 с.
29. Войтюк Д. Г., Яцун С. С., Довжик М. Я. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: навч. посіб. Суми : Унів. кн., 2008. 543 с.
- 30.ДСТУ 46.012-2000. Техніка сільськогосподарська. Методи економічної оцінки техніки. [Чинний від 2001.02.01]. К. : Мінагрополітики України, 2000. – III, 18 с. – (Галузевий стандарт України).
- 31.Патент №120020, МПК В07В 4/02. Пневматический сепаратор для сипкого матеріалу. №а2012116693/03; заявл.: 24.04.2012; опуб. 10.09.2012. Бюл. № 25. С. 3.
32. Патент №135944, МПК В07В 4/00. Пристрій для розподілу сипких матеріалів на фракції. №u2013131485/03; заявл. 9.07.2013; опуб. 27.12.2013. Бюл. №36. С. 3.
- 33.Патент №146703, МПК А01F 12/00. Агрегат для очистки насіння. №u2014119451/13; заявл. 14.05.2014; опуб. 20.10.2014. Бюл. №29. С. 3.
Патент №165721, МПК А01F 7/00. Самопересувний агрегат для обмолоту та пневмосепарації зернового вороху. №u2016115197/13; заявл. 20.04.2016; опуб. 10.11.2016. Бюл. №31. С. 3.
- 34.Пришляк В. М., Ковальчук О. В. Сільськогосподарські машини: метод. вказівки для виконання лаб. робіт студ. фак. механізації с.-г. Вінниця : ВДАУ, 2005. 44 с.
- 35.Рудницький Б.О., Антонів С.Ф., Запрута О.А. Особливості технології вирощування насіння нових та перспективних сортів бобових трав в умовах Лісостепу України. Сільське господарство та лісівництво. 2017. Вип. №7, Т. 2. С. 70-76.
- 36.Сивак І.О., Деревенько І.А., Островський А.Й. Практикум з механіки матеріалів і конструкцій : навчальний посібник.. Вінниця : ВНАУ, 2011. 144 с.

- 37.Сивак Р.І., Деревенько І.А. Короткий курс теоретичної механіки. Вінниця: ТОВ «Вінницька міська друкарня», 2016. 200 с.
- 38.Солона О. В., Купчук І.М. Теорія механізмів і машин. Курсове проектування : Навчальний посібник. Вінниця : ВНАУ, 2019. 249 с.
- 39.Солона О.В. Статика взаємодії абсолютно твердих тіл із сипучим середовищем. Вібрації в техніці та технологіях. 2018. №3. С. 105-116
40. Солона О.В., Березовий М.Г., Черниш О.М. Алгоритми кінематичного і силового аналізу важільних механізмів з гідроприводом. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. 2012. №11. С. 383-387.
- 41.Солона О.В., Купчук І.М. Практикум з Теорії механізмів і машин : навчальний посібник. Вінниця : Друк, 2020. 250 с.
42. Спирін А.В., Котов Б.І., Зозуляк О.В. Моделювання та ідентифікація процесу сепарації дрібного вороху вібраційно-повітряними очистками зернозбирального комбайну. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2016. №4. С. 42-45.

Зміст

стор.

1. Вступ
2. Технологічна частина
3. Наукова частина
4. Охорона праці
5. Економічна частина
6. Висновки
7. Список використаної літератури
8. Додатки

					ПСК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		63

Допущено до захисту

Зав. кафедрою СГМ

_____ Сергій ЛЕЩЕНКО

«____» _____ 2024 р.

Графічна частина

дипломної роботи за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему «Механізація післязбирального обробітку зерна пшениці з дослідженням
пневматичного каналу»
на _____ аркушах формату А1 (змаштабованих на аркушах формату А4)

Здобувач вищої освіти __П__ курсу, групи АІ-22МЗ(1,4)
ОПП «Агроінженерія» спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ В.В. Терещук

Керівник

_____ В.А. Онопа

Нормоконтроль

_____ Ю.В. Мачок

Кропивницький 2024

[illegible]

ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА

Культура: Пшениця озима

Площа, га: 100

Відстань до бригади, км: 5

Технологія: Інтенсивна

№ п/п	Найменування робіт	Днів	Одиниця виміру	Обсяг робіт		Склад агрегату		Норма виробітку	Кількість нормо-змін	Витрати праці		Витрати пального		Тарифний фонд, грн.		
				фіз. од.	ет. га	енергозасіб	с/г машина			мех.	руч.	на од. кг	всього, т	мех.	доп.	разом
1	Боронування дисковими важкими боролами	3	га	100	41,09	ХТЗ-17021	БДВ-4,2	29	3,45	24,17		6,02	0,602	326,32		326,32
2	Навантаження мінеральних добрив	4	т	40		ПФ-0,5		262,2	0,14	0,99	0,99	0,29	0,012	13,39	9,52	22,92
3	Внесення мінеральних добрив	4	га	100	46,87	ХТЗ-17021	МВУ-16	25,4	3,94	27,57		4,65	0,465	496,31		496,31
4	Боронування дисковими важкими боролами	10	га	100	40,29	4-ХТЗ-16131	БДВ-4,2	27,8	3,60	25,18		5,77	0,577	339,93		339,93
5	Суцільна культивация	3	га	100	14,31	4-ХТЗ-17021	КПС-4 (2)	83,2	1,20	8,42		1,92	0,192	113,61		113,61
6	Протруювання насіння	3	т	0,15		ПС-10А		145,8	0,00	0,01	0,02			0,1	0,21	0,3
7	Суцільна культивация	3	га	100	13,55	4-ХТЗ-17021	КПС-4 (2)	87,8	1,14	7,97		1,81	0,181	107,6		107,6
8	Навантаження мінеральних добрив	3	т	5		ПФ-0,5		262,2	0,02	0,12	0,12	0,29	0,001	1,67	1,19	2,86
9	Транспортування добрив	3	т	5		ГАЗ-САЗ-3507		343,9	0,01	0,1		0,37	0,002	1,37		1,37
10	Навантаження насіння	3	т	18		ПФ-0,5		262,2	0,06	0,45	0,45	0,29	0,005	6,03	4,29	10,31
11	Транспортування насіння	3	т	18		ГАЗ-САЗ-3507		343,9	0,06	0,37		0,37	0,007	4,95		4,95
12	Сівба зернових	3	га	100	45,61	МТЗ-80	СЗ-5,4	10,7	9,31	65,16	65,16	5,33	0,533	879,67	625,55	1505,22
13	Прикочування	3	га	100	14,60	4-ХТЗ-17021	ЗКШ-6А (2)	81,5	1,23	8,59		1,96	0,196	115,93		115,93
	Разом за період	32			216,32				24,16	169,1	68,75		2,772	2406,88	640,75	304,64
14	Навантаження мінеральних добрив	3	т	15		ПФ-0,5		262,2	0,06	0,37	0,37	0,29	0,004	5,02	3,57	8,59
15	Транспортування добрив	3	т	15		ГАЗ-САЗ-3507		343,9	0,04	0,31		0,37	0,006	4,12		4,12
16	Прикореневе підживлення	3	га	100	59,46	МТЗ-80	СЗ-3,6	8,2	12,13	84,94	84,94	6,58	0,658	1146,74	815,46	1962,2
17	Транспортування води	2	т	20		ГАЗ-САЗ-3507		343,9	0,06	0,41		0,37	0,007	5,5		5,5
18	Обприскування	2	га	100	12,32	МТЗ-80	ОП-2000	39,8	2,51	17,6		1,24	0,124	316,8		316,8
19	Транспортування води	3	т	20		ГАЗ-САЗ-3507		343,9	0,06	0,41		0,37	0,007	5,5		5,5
20	Обприскування	3	га	100	12,32	МТЗ-80	ОП-2000	39,8	2,51	17,6		1,24	0,124	316,8		316,8
21	Транспортування води	3	т	20		ГАЗ-САЗ-3507		343,9	0,06	0,41		0,37	0,007	5,5		5,5
22	Обприскування	3	га	100	12,32	МТЗ-80	ОП-2000	39,8	2,51	17,6		1,24	0,124	316,8		316,8
23	Збирання зернозбиральними комбайнами	10	га	100		Джон Дір		9	11,06	77,39	77,39	12,11	1,211	1392,99	959,62	2352,61
24	Транспортування зерна	10	т	800		ГАЗ-САЗ-3507		343,9	2,33	16,29		0,37	0,293	219,86		219,86
	Разом за період	34			96,42				33,33	233,32	162,7		2,567	3735,63	1778,65	5514,28
	Разом	66			312,74				57,49	402,41	229,45		5,339	6142,51	2419,4	8561,9

						ПСА 00.002 Т4			
Дат. вст.	М. вст.	Підп.	Віст.	Технологічна карта			Лист	Маск	Максимум
Група	Група	Група	Група					16	1.1
Група	Група	Група	Група	-			Лист	Лист	1
Група	Група	Група	Група						
Група	Група	Група	Група	-			Лист 2. АЗМЗ(14)		
Група	Група	Група	Група						

Функціональна схема повітряної системи	Позиції	Основні переваги та недоліки	Аналогічні схеми
ОВС-25 1 – приймальна камера, 2 – ПК, 3 – повітропровід, 4 – регульовальна заслінка, 5 – вентилятор, 6 – оса-дова камера, 7 – пилословловач. → Чисте повітря → Зерновий матеріал → Повітряний потік з домішками → Легкі домішки → Повітряний потік з пилом	1 – приймальна камера, 2 – ПК, 3 – повітропровід, 4 – регульовальна заслінка, 5 – вентилятор, 6 – оса-дова камера, 7 – пилословловач.	Переваги: - має два ПК, що обробляють матеріал паралельно до решіт за рахунок чого підвищена продуктивність пневмосистеми Недоліки: - складність регулювання пневмосистеми, так як збільшення опору в одному ПК призводить до різкого збільшення швидкості в другому, - суттєво знижується продуктивність пневмосистеми при обробці більш вологої та засміченої зернової маси.	ЗМП-50 [64], К-527А10 «Petkus» (Німеччина) [17], SM-120 «Camas», C800D «Ab Line Machinery» (Швеція) [10], Hance 100, Hance 36 «iW Hance Manufacture-ring Ci» [40], Clipper Super X297D, Super X29-X «A.T. Ferrell and Co» (США) [12], [55]
«Petkus» 1 – живильник, 2 – ПК, 3 – напрямник повітряного потоку, 4 – приймач очищеного зерна, 5 – приймач пошкодженого зерна, 6 – приймач фуражного зерна, 7 – вентилятор, 8 – приймач дрібних домішок. → Повноцінне зерно → Частково пошкоджене зерно → Повітряний потік	1 – живильник, 2 – ПК, 3 – напрямник повітряного потоку, 4 – приймач очищеного зерна, 5 – приймач пошкодженого зерна, 6 – приймач фуражного зерна, 7 – вентилятор, 8 – приймач дрібних домішок.	Переваги: - інтенсифіковано введення матеріалу в ПК, - конструкція нижньої частини каналу забезпечує дворазове продування матеріалу, - машина має замкнену схему циркуляції повітряного потоку. Недоліки: - складність в переналаштуванні на очистку різних культур, - висока енерго- та мета-ємність при низькій повноті розділення (50%)	Модифікації машин фірми «Petkus» К-523 – додатково встановлені стержні для розпушення матеріалу в зоні введення [17, 51]
Скальператор 34х60 «Carter Day» 1 – забортжувальний бункер, 2 – живильний валець, 3 – регулятор витрат повітря, 4 – осадова камера, 5 – шнек легких відходів, 6 – ПК, 7 – приймач очищеного зерна, 8 – приймач крупних домішок, 9, 10 – вітер, 11 – циліндрична решета. → Зерновий матеріал → Крупні домішки → Повітря з легкими домішками → Легкі домішки → Очищене повітря	1 – забортжувальний бункер, 2 – живильний валець, 3 – регулятор витрат повітря, 4 – осадова камера, 5 – шнек легких відходів, 6 – ПК, 7 – приймач очищеного зерна, 8 – приймач крупних домішок, 9, 10 – вітер, 11 – циліндрична решета.	Переваги: - матеріал, що потрапляє на обробку повітряним потоком попередньо очищується від крупних домішок циліндричними решетами, - за рахунок живильного вальця матеріал більш рівномірно потрапляє на очистку Недоліки: - значне заповнення робочої зони, - обмеження продуктивності через необхідність забезпечення руху зернового матеріалу по циліндричному решеті в один шар, - складність регулювання продуктивності та ефекту очищення	Скальпера-тори різних фірм «Carter» (США) [154], «Shule» (Німеччина), «AB Linde Maskinger» (Швеція), «Heid» (Австрія), «Cimbria» (Данія), «Cheros» (Чехія) і ін. [152]
Пневмосепаратор А1-БДЗ-6 1 – пристрій введення зерна, 2 – ПК, 3 – приймально-розподільчий пристрій, 4 – приймальний патрубок, 5 – вентилятор, 6 – дросельна заслінка, 7 – осадова камера, 8 – повітровідвідний канал, 9, 10 – пристрій виведення відходів та чистого зерна. → Зерновий матеріал → Повітряний потік	1 – пристрій введення зерна, 2 – ПК, 3 – приймально-розподільчий пристрій, 4 – приймальний патрубок, 5 – вентилятор, 6 – дросельна заслінка, 7 – осадова камера, 8 – повітровідвідний канал, 9, 10 – пристрій виведення відходів та чистого зерна.	Переваги: - використання замкненого повітряного потоку та діаметрального вентилятора, - дворазове продування матеріалу в зоні введення та в нижній частині каналу, - значно знижена металомісткість – в 1,3-1,6 разів та енергоємність – в 2 рази в порівнянні з звичайними пневмосепараторами Недоліки: - пристрій введення зернового матеріалу такого типу не здатний забезпечити рівномірної подачі матеріалу	СП-5, пневмосепаратори фірм «Carter» (США) [17], «Simon» (Англія) [117] та ін.

ПІДПИСАНО				ПІДПИСАНО			
Ім'я	Підр.	М. Влас.	Лист	Ім'я	Підр.	М. Влас.	Лист
Розроб.	Перевір.	Лист	Лист	Розроб.	Перевір.	Лист	Лист
Голов.	Голов.	Лист	Лист	Голов.	Голов.	Лист	Лист
М. Конст.	М. Конст.	Лист	Лист	М. Конст.	М. Конст.	Лист	Лист
М. Конст.	М. Конст.	Лист	Лист	М. Конст.	М. Конст.	Лист	Лист

ПА 00.001 НЧ

Аналіз
пневматичних каналів

Лист 16 11

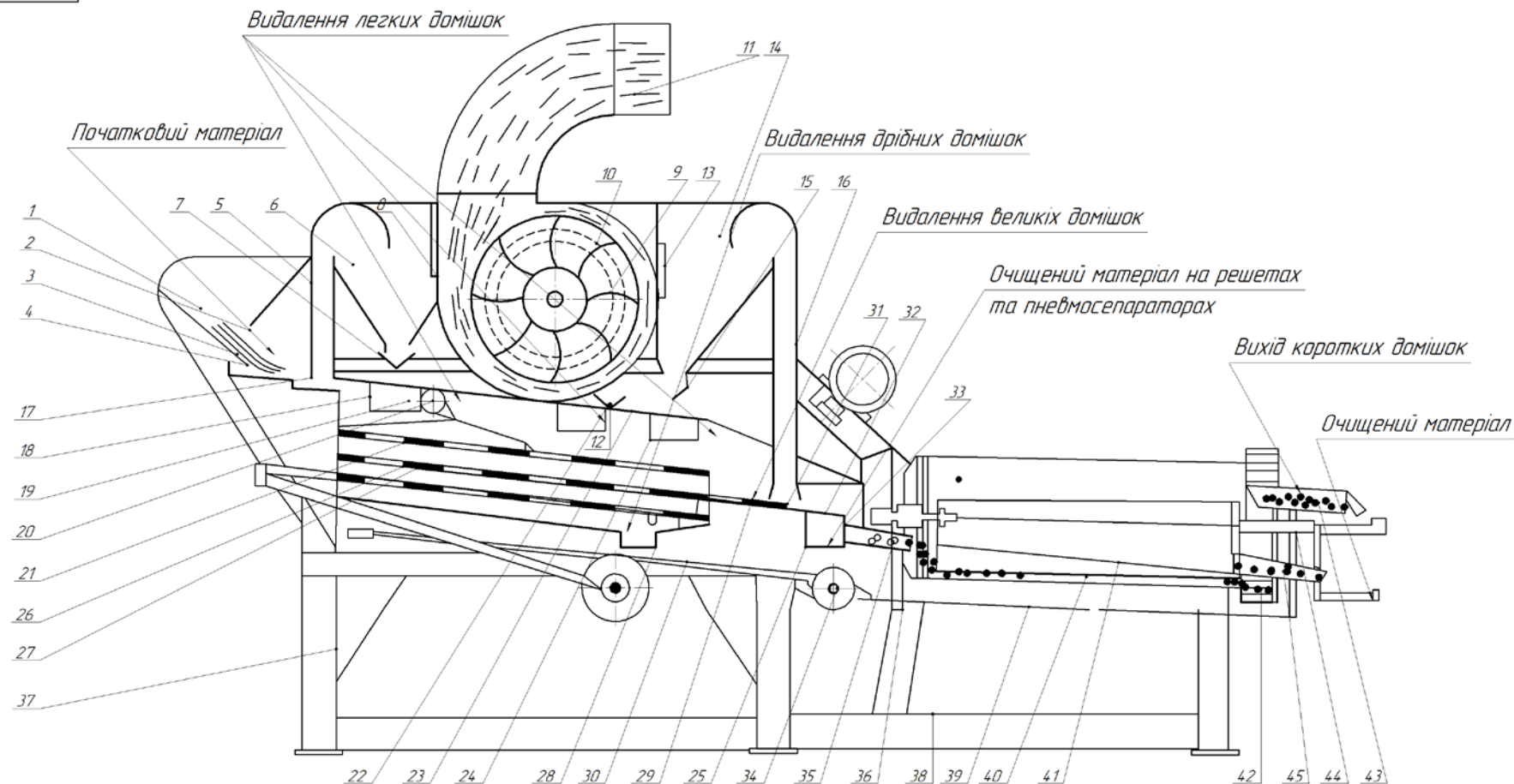
Лист 16 11

Лист 16 11

Лист 16 11

Корпус

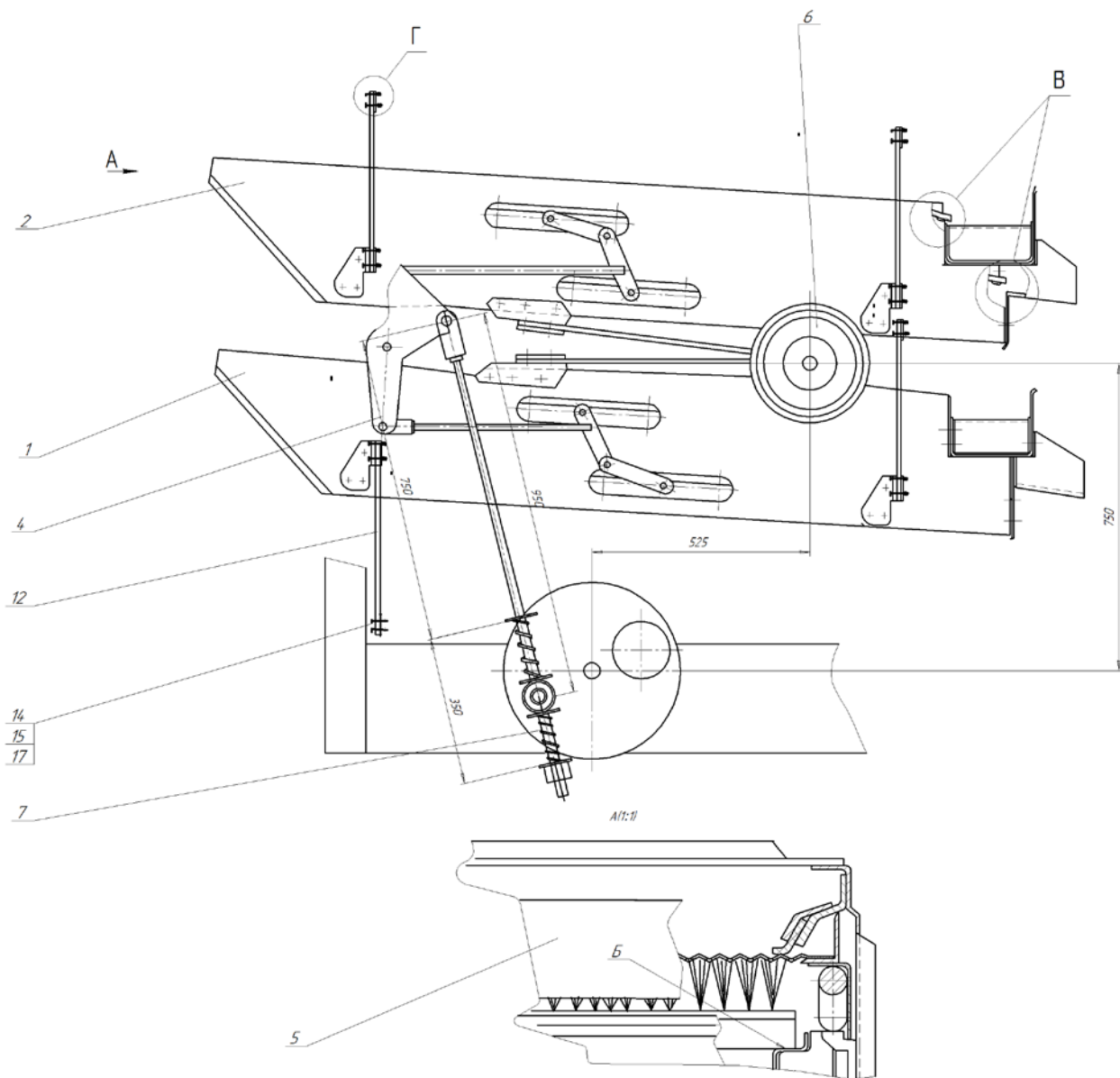
Формат А1



- 1 – завантажувальний кіш,
- 2 – багатоструменевий живильник,
- 3 – живильний вал,
- 4, 8, 13 – заслінки,
- 5, 16 – аспіраційні канали,
- 6, 14 – осадкові камери,
- 7, 12, 15 – клапанні випуски,
- 9 – вентилятор,
- 10 – сітчастий дорабан,
- 11 – вихідний патрубок вентилятора,
- 17, 31 – сітки аспіраційних каналів,
- 18, 22, 24, 25, 28, 32, 35 – жалюзи подачі відходів і зерна,
- 19 – решітний стож,
- 20, 23, 26, 29 – решета,
- 21 – щадник,

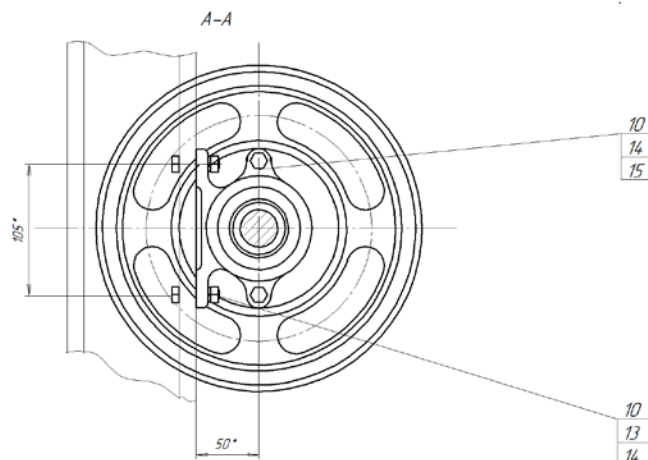
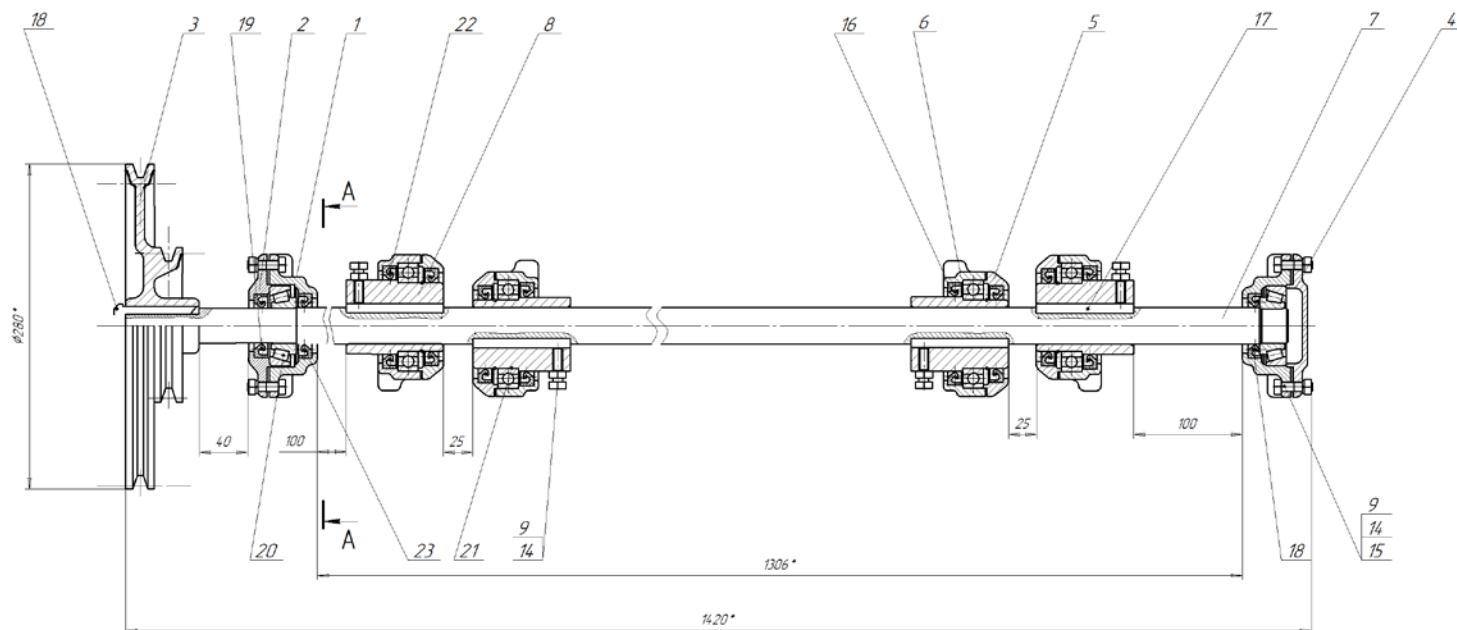
- 27 – щітки,
30 – привід щіток,
33 – кришка подачі зерна в трієри,
34 – вал приводу решітчастого стану,
36 – пружинна стійка решітчастого стану,
37 – рама легко решітної частини,
38 – рама трієра,
39 – шатун жолоба трієра,
40 – циліндр трієра,
41 – жолоб трієра,
42 – черпакове колесо,
43 – лоток чистого зерна,
44 – важіль установки жолоба,
45 – лоток відходів

[illegible]



1. Поверхня Б аналогічна тонким шаром відповідно ГОСТ 1033-79 або ГОСТ 4366-76.
2. Косети зі щітками повинні встановлюватися при нижньому положенні падаючи.
3. Механізм очищення решіток поз. 4 повинен працювати вільно, без задирання.
4. *Розміри для довідки.

ПСА 00.010 СБ					
Роз. лист	№ докум.	Лист	Всього	Дет.	Масштаб
Розроб.	Викон.	Перев.	246	15	
Уклад.	Затв.	Затв.	Діаг.	Листов	1
Інженер	Маш.	—	—	—	—
Спец.	Корект.	—	—	—	—
ІНТ/ІІІ, пр. А22М3(4)					
Корпус					
Формат А3					



1. Під час збирання підшипникових вузлів заповнити паронітним салоданом Ж або прес-салоданом Ж ГОСТ 17314-74.
2. Після збирання вал повинен обертатись вільно від руки.
3. Осевий люфт салахок шатунів допускається не більше 1,0 мм.
4. * Розміри для відвідок.

ПСА 02.005.000 СБ					
Вал					
ексцентриковий					
Діа. вала	№ докум.	Лист	Всього	Діа. вала	№ докум.
16	1	1	1	16	1
Діа. вала	№ докум.	Лист	Всього	Діа. вала	№ докум.
16	1	1	1	16	1
Діа. вала	№ докум.	Лист	Всього	Діа. вала	№ докум.
16	1	1	1	16	1

