

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____ Олексій
ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

“ ____ ” _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему:

«Модернізація сепаратора А1-БЛС-100 з удосконалення системи
аспірації»

Виконав здобувач вищої освіти IV курсу,

групи ГМ(СМ)-21

ОПП «Галузеве машинобудування»

спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

_____ Шкуропат Валерій Миколайович

« ____ » _____ 20 ____ р.

Керівник проекту

доцент, канд.техн.наук

_____ Олександр НЕСТЕРЕНКО

« ____ » _____ 20 ____ р.

Рецензент _____ доц. Портнов Г.Д.

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет Агротехнічний

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Галузеве машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« » 2025 року

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

Шкуропат Валерій Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту): Модернізація сепаратора А1-БЛС-100 з удосконалення системи аспірації
2. Керівник роботи (проекту) Нестеренко Олександр Вікторович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
3. Строк подання роботи до захисту 24.06.2025 р.
4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи (проекту) Підвищення ефективності роботи сепаратора А1-БЛС-100 шляхом вдосконалення приймального бункера аспіраційної системи машини.
5. Перелік графічного матеріалу 1. Сепаратор А1-БЛС-100 (Загальний вигляд); 2. Сепаратор А1-БЛС-100 (розріз); 3. Приймальний бункер; 4. Деталювання.
Всього 3 аркуші формату А1 змаштабовані в формат А4.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-5	Нестеренко О.В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Виконання розділів 1, 2		
	Графічна частина арк. 1	12.03.2025 р.	
2	Виконання розділу 3		
	Графічна частина арк. 2	20.04.2025 р.	
3	Виконання розділу 4		
	Графічна частина арк. 3	25.05.2025 р.	
4	Виконання розділів 5	10.06.2025 р.	
5	Оформлення пояснювальної записки,		
	графічної частини, підготовка до захисту.	17.06.2025 р.	
	Захист дипломної роботи	25.06.2025	

Дата видачі завдання

«03» лютого 2025 р.

Підпис керівника

(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

« ____ » _____ 2025 р.

Підпис здобувача _____

(прізвище та ініціали)

Зміст

1. Вступ	5
2. Стан питання про зерноочисну машину А1-БЛС-100.....	6
3. Конструкторська частина.....	16
4. Охорона праці.....	37
5. Висновки	39
Список використаних джерел	40
Додатки	42

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

1. ВСТУП.

У сучасних умовах аграрного виробництва забезпечення високої якості насіннєвого та продовольчого зерна є одним із ключових завдань, що безпосередньо впливає на продовольчу безпеку держави та ефективність сільськогосподарської діяльності. Зростаючі вимоги до чистоти зернової продукції та необхідність зниження втрат у процесі її післязбиральної обробки зумовлюють постійний розвиток і вдосконалення зерноочисного обладнання [1].

Сепаратори типу А1-БЛС-100 широко застосовуються на сільськогосподарських підприємствах для первинного очищення та попереднього сортування зерна різних культур. Вони зарекомендували себе як надійні та продуктивні машини, здатні працювати в умовах інтенсивного навантаження. Водночас експлуатація зазначеного обладнання виявила низку недоліків, пов'язаних з неефективною роботою системи аспірації, що призводить до часткового виносу повноцінного зерна, надмірного запилення повітря у виробничих приміщеннях та зниження загальної ефективності процесу очищення [7].

Особливої актуальності набуває завдання модернізації аспіраційної системи сепаратора А1-БЛС-100, з метою поліпшення розділення легких домішок та зменшення енергоспоживання при збереженні високої якості очищення. Покращення параметрів аспірації дозволяє не лише знизити екологічне навантаження на виробниче середовище, але й підвищити рентабельність технологічного процесу.

Таким чином, тема модернізації зерноочисної машини з акцентом на вдосконалення системи аспірації є надзвичайно важливою, оскільки відповідає сучасним вимогам до енергоефективності, та якості обробки зерна.

Мета роботи полягає в аналізі конструктивних особливостей сепаратора А1-БЛС-100, виявленні недоліків його аспіраційної системи та розробці технічного рішення для її удосконалення.

					КР 00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Шкуропат			ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Нестеренко					5	1
Реценз.						ЦНТУ, гр. ГМ(СМ)-21		
Н. Контр.		Мачок						
Затверд.		Васильковськи						

2. Стан питання про стаціонарну зерноочисну машину А1-БЛС-100

У сучасній структурі агропромислового виробництва широкого поширення набули зерноочисні машини різного призначення, які формують основу технологічних ліній на елеваторах, переробних заводах та в малих фермерських господарствах. Вибір тієї чи іншої моделі визначається переважно обсягами переробки, видом культур, рівнем засміченості зерна, а також економічною доцільністю їх експлуатації в конкретних умовах.

На підприємствах з великим обсягом надходження зерна, де потребується інтенсивне попереднє очищення, значного поширення набули скальператори типу СПО-80, що випускаються Хорольським механічним заводом [7].

Дана машина відзначається високою продуктивністю, простотою обслуговування та надійною пневмосистемою для відокремлення легких домішок. У структурі центральних зерносховищ також часто використовуються сепаратори типу БСХМ-50, які забезпечують комбіновану очистку завдяки віброситовій системі у поєднанні з ефективною аспіраційною камерою [7]. Вони особливо ефективні при очищенні зерна з підвищеним вмістом пилу, насіння бур'янів та уламків соломи.

У господарствах середнього рівня, де основний акцент робиться на зберігання або первинну підготовку насіннєвого матеріалу, використовуються машини типу БМС-12. Їх конструкція передбачає просту решітну систему з вбудованим вентилятором, яка дає змогу проводити базову очистку із мінімальними витратами електроенергії. Для малих фермерських господарств, де важлива мобільність і економічність, доцільним є застосування аеродинамічних сепараторів типу ІСМ-5. Ці машини працюють на основі розділення зернової суміші по питомій вазі в повітряному потоці, що дозволяє отримати високоякісний насіннєвий матеріал [8].

В умовах великотоннажних елеваторів, де головним критерієм є висока продуктивність, застосовуються потужні сепаратори типу МПО-100, що здатні працювати в режимі безперервного очищення при навантаженні понад 100 тонн на годину.

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

Такі машини, як правило, інтегруються у складні багатоступеневі технологічні лінії з автоматичним керуванням параметрів сепарації.

Таким чином, практичне використання різних моделей зерноочисних машин у межах агропідприємств різного масштабу є обумовленим необхідністю адаптації технологій до конкретних виробничих умов.

Оптимальне поєднання типу сепаратора, його конструкційних характеристик та умов експлуатації дозволяє забезпечити максимальну ефективність процесу очищення зернової маси, що безпосередньо впливає на якість продукції та загальну ефективність використання цих машин.

Розглянемо конструкції найбільш поширених пневмосепараторів, які використовуються на агропідприємствах для очищення зерна.

Віброситовий сепаратор БСХМ-50 (рис. 2.1.) середнього класу, призначений для відділення домішок за геометричними та аеродинамічними властивостями [7].



Рис. 2.1 Віброситовий сепаратор БСХМ-50 (ХМЗ)

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

Основою конструкції сепаратора є кузов, закріплений на амортизаційних опорах, який генерує коливання завдяки двом вібромоторам зі змінними ексцентриками. Це дозволяє регулювати амплітуду, напрямок і частоту коливань, а також нахил кузова - ключовий момент при розділенні різних зернових культур.

Під кузовом розташовані два комплекти решіт: приймальні та підсівні - загальною площею до 8 м². Завдяки вертикально-направленим коливанням досягається ефективне перемішування та підкидання маси зерна, що забезпечує безперервну подачу маси й точне розділення за фракціями.

Аспіраційний канал, інтегрований з кузовом, використовує вентилятор, який подає до 5600 м³/год повітря, очищаючи легкі домішки.

Основними перевагами сепаратора є гнучке регулювання коливань, що дозволяє адаптуватися до типу зерна та велика площа сит, яка забезпечує високу продуктивність (до 80 т/год попереднього очищення, 30 т/год - первинного)

При цьому, недоліками сепаратора є високі динамічні навантаження, що потребують регулярного технічного обслуговування, а також значна маса та великі розміри, які ускладнюють його транспортування.

Основними напрямками вдосконалення такого сепаратора є:

- використання легких матеріалів в конструкції сепаратора для зниження ваги;
- Інтеграція демпферів для зменшення вібраційних навантажень на фундамент.
- Оптимізація конструкції воздуховоду для енергоекономії.

Сепаратор БМС-12 (рис. 2.2.) [7] є стаціонарною зерноочисною машиною, яка використовується переважно для попереднього очищення зерна на невеликих переробних пунктах, у фермерських господарствах і в умовах локальних технологічних ліній.

Основним призначенням агрегату є відокремлення домішок, що відрізняються від основної культури за геометричними та аеродинамічними властивостями.

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

Основним напрямком удосконалення сепаратора є заміна вентилятора на осьовий з частотним регулюванням.

Сепаратор попереднього очищення СПО-80 (рис. 2.3.) [7] виробництва Хорольського механічного заводу є спеціалізованою зерноочисною машиною, призначеною для інтенсивного видалення великого обсягу крупних домішок із зернової маси, яка надходить безпосередньо з поля або з транспортних засобів.



Рис. 2.3. Сепаратор попереднього очищення СПО-80 (ХМЗ)

Його застосування особливо доцільне на етапі первинного очищення у великих агропідприємствах, елеваторах та на переробних лініях.

Конструктивно СПО-80 являє собою жорстку зварну раму, на якій розміщено приймальну камеру, решітний блок та потужну аспіраційну систему. Подача зерна здійснюється за допомогою дозувального пристрою, що забезпечує рівномірне розподілення маси по ширині робочої поверхні. Решітний блок виконує механічне сортування матеріалу, відокремлюючи грубі та великі домішки, такі як грудки землі, каміння, частини рослин.

Особливістю СПО-80 є ефективна система аспірації, яка створює керований потік повітря через канал сепарації. За рахунок точної настройки повітряного потоку досягається відділення легких домішок: пилу, лушпиння,

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

битого зерна. Машина має продуктивність до 80 т/год, що робить її придатною для інтенсивного режиму роботи.

СПО-80 характеризується високою надійністю, стабільністю функціонування та адаптивністю до різних типів зернової сировини.

Напрямами удосконалення сепаратора є модернізація пневмоканалу для зменшення зворотних потоків повітря та застосування частотних перетворювачів (оптимізованого живильника замість бітера), що дозволить зменшити травматизм зерна і енергоспоживання).

Сепаратор ІСМ-5 (рис. 2.4) [8] належить до аеродинамічних зерноочисних машин, призначених для очищення та первинного сортування зернового матеріалу за аеродинамічними властивостями. Особливістю даної моделі є відсутність решіт, що дозволяє виконувати процес сепарації виключно за допомогою повітряного потоку, створеного спеціальним відцентровим вентилятором.



Рис. 2.4. Аеродинамічний сепаратор ІСМ-5

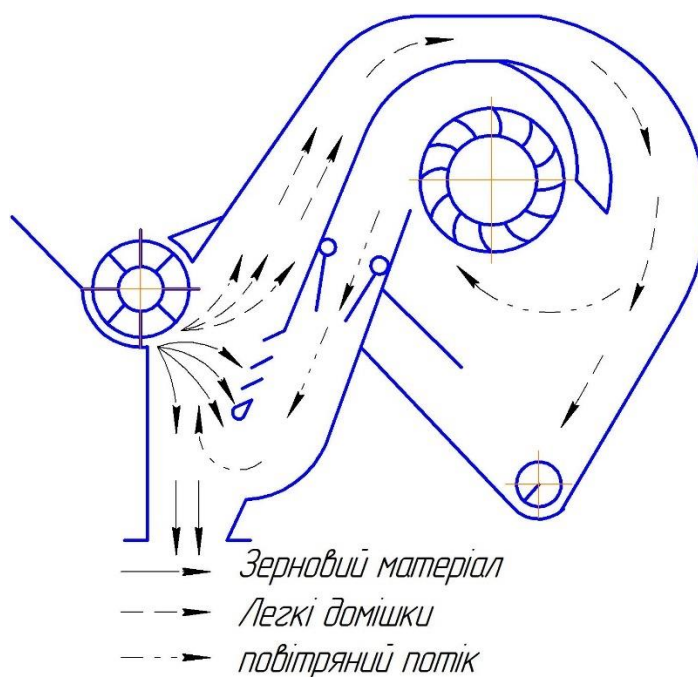
Зернова маса подається у вертикальний або похилий пневмосепараційний канал, де під дією повітряного струменя частинки розділяються за щільністю, формою та масою. Важкі та повноцінні зерна осідають у приймальних камерах, тоді як легкі включення, биті зерна, лушпиння та пил виносяться в окремий

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

канал або фільтрувальний блок. Завдяки цьому досягається висока якість очищення, особливо при підготовці насінневого матеріалу.

ІСМ-5 вирізняється компактними розмірами, малою вагою та низьким енергоспоживанням, що дозволяє ефективно використовувати його у фермерських господарствах, на мобільних технологічних лініях або безпосередньо у полі. Крім того, ця модель має можливість регулювання сили повітряного потоку, що забезпечує універсальність при роботі з різними культурами. ІСМ-5 є прикладом раціонального поєднання простоти конструкції та високої ефективності сепарації.

Сепаратор МПО-100 (рис. 2.5) є високопродуктивною стаціонарною зерноочисною машиною, призначеною для попереднього очищення зернових мас у великих обсягах. Основною сферою його застосування є великотоннажні елеватори, хлібоприймальні пункти та підприємства з потужними переробними лініями, де виникає потреба у безперебійному очищенні зерна з високою швидкістю подачі.



Конструкційно МПО-100 складається з приймального бункера, решітного блока із змінними решетами, а також аспіраційного відділення з потужним вентилятором.

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

залишкових фуражних фракцій. Це дозволяє збільшити тривалість взаємодії суміші з повітряним потоком, підвищуючи ефективність сепарації.

Слід зазначити, що в конструкції значна увага приділена умовам подачі зернового матеріалу в зону дії повітряного струменя.

Перед потраплянням у повітряні канали суміш вільно падає у напрямку до отвору, де зіткнення з відбивним клапаном спричиняє зміну траєкторій руху окремих часток. Зернові фракції, маючи різну пружність, вносяться в канал із різними швидкостями, що сприяє кращому розподілу та зменшенню локальної концентрації матеріалу. Напрямок струменя при цьому регулюється спеціальними керованими клапанами [6].

Завдяки боковій подачі повітря та нахиленому розташуванню каналів створюється ефективна сепараційна зона. Перший етап продування відбувається від внутрішньої до зовнішньої стінки, після чого повторна дія повітряного потоку активізується в момент виведення обробленої суміші.

Висновки по розділу.

На основі проведеного огляду та аналізу можна зробити висновки, що сучасні стаціонарні зерноочисні машини різняться за масштабом застосування, продуктивністю та конструкційною складністю.

Компактні рішення (БМС-12, ІСМ-5) ефективні в малих господарствах, тоді як високопродуктивні (СПО-80, МПО-100, БСХМ-50) затребувані на елеваторному рівні. З огляду на сучасні тенденції розвитку зерноочисної техніки, удосконалення повинні спрямовуватися на:

1. Енергоефективність за допомогою частотних приводів та вентиляторів.
2. Зниження вібрації й шуму шляхом використання демпферів та звукопоглиначів.
3. Оптимізація аспіраційної системи шляхом рециркуляції повітря, форми каналів та рінوماتитних жалюзей чи адаптивних заслінок.
4. Використання датчиків для створення більш стабільної структури повітряного потоку та якості очищення.

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

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Опис об'єкту розробки

Сепаратор А1-БЛС-100 [7] призначено для відокремлення від зернової маси домішок, що відрізняються від основної культури за шириною, товщиною та аеродинамічними характеристиками. Дане обладнання встановлюється в зерночисних відділеннях елеваторів, а також інтегрується у комплексні системи млинів. При поставці сепаратора входять горизонтальні циклони та протипідсосні клапани.

Технічні характеристики сепаратора А1-БЛС-100

Таблиця 3.1.

Найменування показника	Одиниця вим.	Значення
1	2	3
Технічна продуктивність сепаратора	т/год.	100
Ефективність виділення домішок	%	60
Частота коливань решетного стану	об/хв.	360±20
Витрати повітря на аспірацію та пневмосепарацію	м ³ /год	8500
аеродинамічний опір сепаратора	Па	500
номінальна потужність сепаратора у тому числі:	кВт	1,9
– електродвигун приводу кузову		1,5
– електровібратори		0,36
– електроосвітлювачі		0,04
7. Габаритні розміри А1-БЛС-100	мм	
– довжина сепаратора		2600
– ширина сепаратора		2520
– висота сепаратора		1510
8. Вага сепаратора	кг	1670

Як показано на рис. 3.1, конструкція цієї машини представлена як комплекс, що складається з решітного сепаратора, пневмосепаруючого каналу, розподільника та (хоча на рис. 3.1 не зображено) циклонів. Сепаратор постачається з перехідними патрубками 40 і 41, які забезпечують з'єднання з уніфікованими повітропроводами та системою самоплинів.

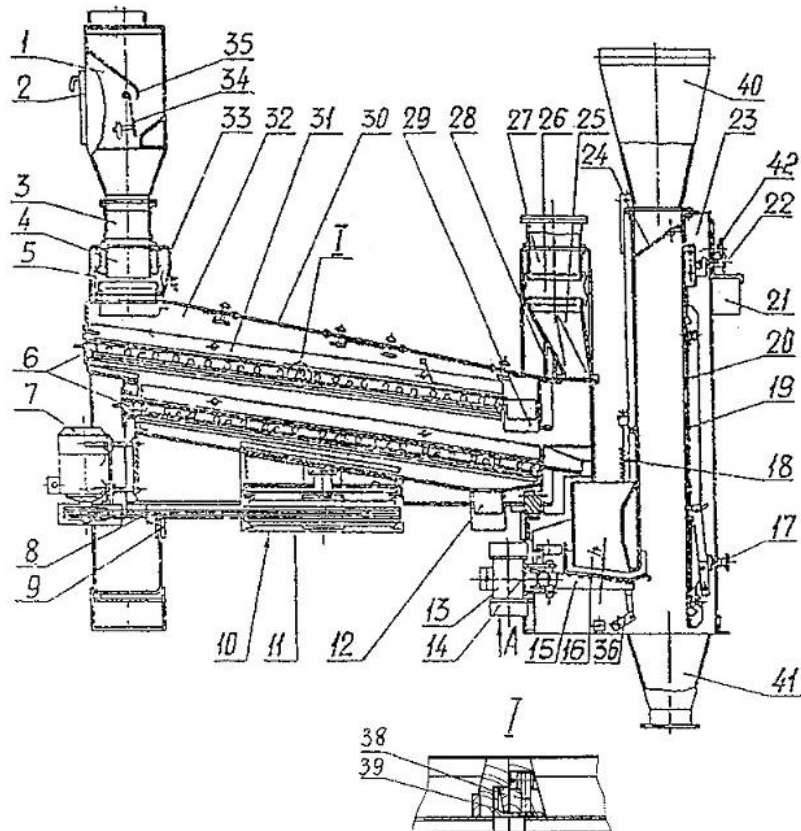


Рис. 3.1. Схема роботи та загальний вигляд сепаратора А1-БЛС-100

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КР 00.000 ПЗ

Арк.

16

Решітний сепаратор базується на закритому решітному кузові 32, який кріпиться до станини 33 за допомогою гнучких підвісів 28. Корпус розділено на дві паралельно працюючі секції, у кожній з яких встановлено висувні решітні рамки 6 у два яруси. Кожен ярус складається з двох рамок, що фіксуються між собою за допомогою зачіпних пристроїв, сформованих із кутиків 39 і планок 38.

Решітні рамки, розділені поздовжніми та поперечними брусами, утворюють комірки, у кожній з яких встановлено по два гумових шарика діаметром 35 мм для профілактики забивання. До нижніх поверхонь решітних рамок прикріплено опорні сітки.

На передній стінці решітного кузова розміщено електродвигун 7 із приводним шківом. За допомогою клинопасової передачі 8 двигун обертає шків 11, на якому розташовано дизбалансний вантаж, що забезпечує коловий поступальний рух решітного стану.

На передній частині станини розташовано оглядові патрубки 3 з встановленими розподільвачами 1. Патрубки 4 як на станині, так і на решітному кузові, оснащено матерчатими рукавами 5 із вшитими ущільнюючими кільцями.

У зоні виходу очищеного зерна з решітного кузова встановлено аспіраційні патрубки 25, що з'єднані з патрубками 27 станини через матерчаті рукави 26.

Для попередження ударів кузова об станину під час запуску та зупинки машини в нижній частині станини закріплено обмежувач 9 із гумовими амортизаційними кільцями.

Лотки 12 і 29 призначені для видалення крупних та дрібних домішок.

Пневмосепаруючий канал 23 забезпечує вилучення з зерна легких домішок, що надходять з секції решітного стану. У його складі передбачено приймальну коробку 16 для зерна та віброкоток 15, який кріпиться до стінки ПСК на гумових підвісах 14 із пружинами 18. Ці пружини створюють коливальні рухи в горизонтальній площині під впливом електровібратора 13.

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

У середині ПСК розміщено рухома стінку 20, регулювання положення якої (верхньої та нижньої частин) здійснюється за допомогою рукояток 17 і 22, що сприяє точному виділенню легких домішок. Регулювання витрати повітря проводиться за допомогою дросельного клапана 24, керованого рукояткою 42. Рухома стінка обладнана оглядовим вікном 19, освітленим ліхтарем 21, що дозволяє здійснювати візуальний контроль процесу сепарації.

У верхній частині ПСК встановлено перехідний патрубок 40 для підключення до повітропроводу, який веде до горизонтального циклона, а під каналом -патрубок 41 для виведення очищеного зерна на самоплин.

До комплекту сепаратора входять горизонтальні циклони, що слугують для попереднього очищення повітряного потоку від домішок, виділених у ПСК.

Технологічний процес роботи сепаратора А1-БЛС-100.

Технологічний процес роботи сепаратора починається з подачі зерна самоплином одним або двома паралельними потоками до розділювачів, розташованих на приймальних патрубках. Розподільники формують два потоки зерна, які направляються в кожен секцію решітного стану. Потім зернова суміш із приймального патрубка потрапляє на розподільче днище, де рівномірно поширюється по всій ширині решета. Фартух запобігає потраплянню зерна до відходів, при цьому крупні домішки виводяться лотком, а суміш із дрібними домішками надходить на підсівне решето. Дрібні домішки, що проходять під підсівним решетом, також направляються лотком і виводяться із сепаратора.

Очищене на решетах зерно потрапляє до приймальної коробки ПСК та на віброкоток. Висота рівня зерна в приймальній коробці регулюється за допомогою пружин, що сприяють рівномірному розподілу зерна по ширині каналу та запобігають підсосу повітря. За дією сили ваги зерно утворює щілину між віброкотком і стінкою приймальної камери, через яку воно потрапляє у зону дії повітряного потоку. Більшість повітря надходить із зони під віброкотком, завдяки чому легкі домішки виділяються з зернової маси й виносяться через канали та повітропроводи до осадкових пристроїв (горизонтальний циклон, фільтр).

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

Регулювання чіткості сепарації в ПСК забезпечується встановленням положення рухомої стінки за допомогою рукоятки, тоді як витрата повітря регулюється поворотом дросельного клапана. Очищене зерно, що виходить із ПСК через патрубок самоплином, надалі потрапляє на наступні стадії обробки. Для зниження виділення пилу у приміщенні на решітному кузові в зоні виходу зерна встановлено патрубки, які через матерчаті рукави і патрубки станини приєднуються до аспіраційної системи млина.

Принцип роботи циклона базується на застосуванні сили інерції для видалення аспіраційних відходів із зернового потоку в ПСК. Слід зазначити, що енерговитрати машини А1-БЛС-100 не включають витрати на подачу повітря, адже останнє надходить із пневмопроводу млина. Завдяки оптимізації технологічного процесу, машина забезпечує високий рівень очищення зерна при поєднанні значної продуктивності та низької енергоємності.

3.2. Технологічні розрахунки

3.2.1. Розрахунок основних параметрів подачі зерна в другий пневмосепаруючий канал сепаратора А1-БЛС-100

Відповідно, товщина шару зернового матеріалу, що переміщується по похилій поверхні залежить від швидкості його переміщення по дошці та розраховується за формулою [10]:

$$h = \frac{Q}{B \cdot v_n \cdot \rho_c}, \quad (3.1)$$

де h – товщина шару зерна, що подається на очищення, m ;

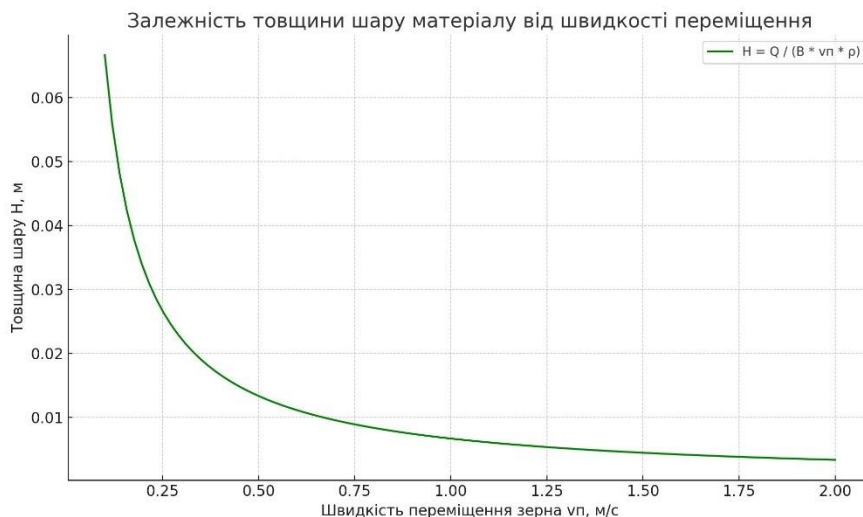
Q – подача матеріалу, kg/c ;

v_n – швидкість переміщення зерна по похилій поверхні, m/c ;

ρ – питома вага насіння, kg/m^3 .

Приводимо графік залежності товщини шару зернового матеріалу від швидкості переміщення матеріалу по похилій площині (рис. 3.2).

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



3.2. Закономірність зміни товщини шару зернового матеріалу від швидкості руху по похилій площині

У процесі аналізу експлуатаційних характеристик сепаратора А1-БЛС-100 було встановлено, що товщина шару зернового матеріалу при його надходженні в зону пневмосепарації знаходиться в межах 15–20 мм.

Проаналізувавши графік, визначено, що для забезпечення зазначеної товщини шару матеріалу необхідно, щоб швидкість руху зерна по скатній поверхні знаходилася в межах 1–1,6 м/с. З урахуванням цього, як раціональне значення прийнято швидкість переміщення матеріалу по скатній дошці на рівні 1,4 м/с.

Досягнення потрібної швидкості забезпечується шляхом раціонального підбору конструктивних параметрів похилої поверхні (див. рис. 3.3), зокрема її довжину та кут нахилу.

Враховуючи той факт, що значення кута нахилу похилої площини необхідно встановити таким, щоб швидкість руху зерна була достатньою для проходження дугоподібної ділянки живильника.

Отже, швидкість руху зернового потоку по похилій поверхні визначається з урахуванням зазначених геометричних параметрів.

Швидкість руху зернового матеріалу по похилій площині становить:

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$v_n = \sqrt{2 \cdot g \cdot L \cdot (\sin \beta - \varepsilon \cdot f \cdot \cos \beta) + v_0^2}, \quad (3.2)$$

де v_n – швидкість зерна в кінці похилої поверхні, м/с;

L – довжина похилої поверхні, м;

ε – коефіцієнт, який враховує внутрішнє тертя зерна, $\varepsilon=1,5$;

f – коефіцієнт тертя зернового матеріалу по сталі, $f=0,36$;

v_0 – початкова швидкість руху частки, $v_0=0,3$ м/с.

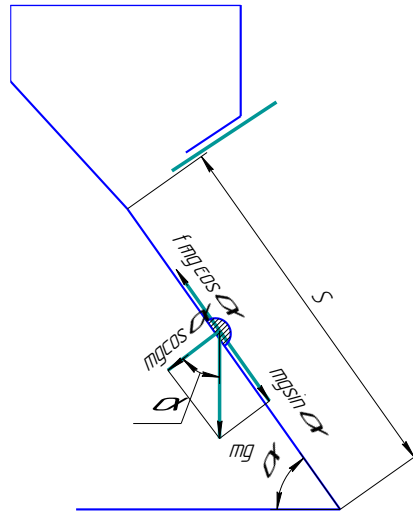


Рис. 3.3. Схема до визначення параметрів похилої поверхні живильника.

Обґрунтовуємо залежність швидкості переміщення зерна в залежності від довжини похилої поверхні (рис. 3.4).

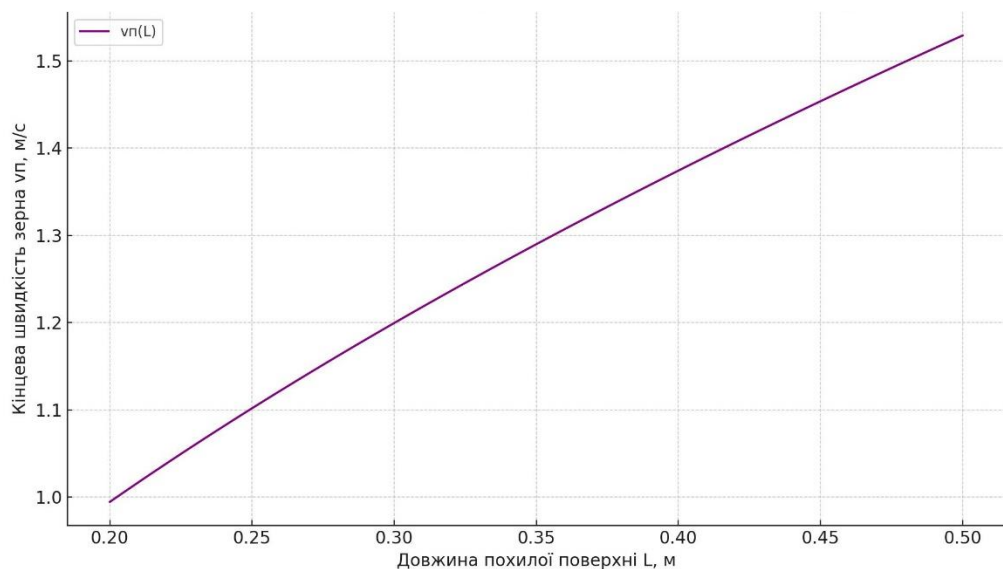


Рис. 3.4. Графік залежності довжини похилої поверхні живильника від швидкості зерна

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

З графіка видно, що для забезпечення швидкості руху матеріалу в кінці похилої поверхні $v_n = 1,4 \text{ м/с}$ довжина скатної дошки повинна становити:

$$L = 0,4 \dots 0,45 \text{ м.} = 45 \text{ см.}$$

Посилаючись на теоретичні дослідження П.В. Сисоліна [10] зможемо визначаємо кінцеву швидкість руху частки яка з похилої поверхні потрапила на дугоподібну та рухається вгору.

Зерно по дузі рухається за рахунок початкової швидкості v_0 . Рух цією ділянкою буде прискорений (рис. 3.5).

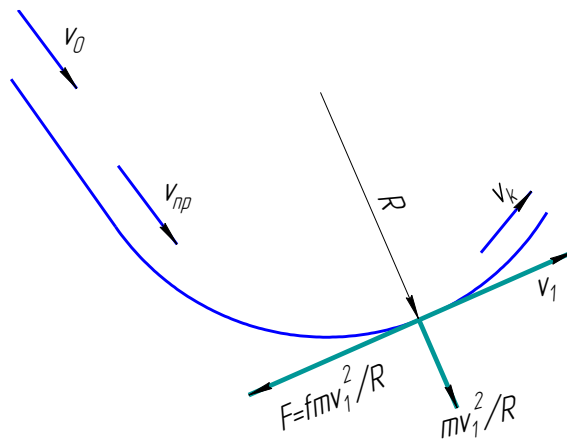


Рис. 3.5. Схема при визначення кінцевої швидкості введення зерна в повітряний канал v_k .

Без урахування дії сили ваги частки та вважати, що на тіло масою m діє тільки відцентрова сила s сила тертя від неї, то рівняння руху запишемо так:

$$m \cdot \frac{dv_1}{dt} = -F = -f \cdot \frac{mv_1^2}{R}$$

або

$$f \cdot \frac{mv_1^2}{R} + \frac{m \cdot dv_1}{dt} = 0 \quad (3.3)$$

де f - коефіцієнт тертя зерна по дугоподібній поверхні живильника; R - радіус кривизни поверхні.

Виразивши $A = f/R$ та виконавши відповідні математичні перетворення, будемо мати:

$$A \cdot dt + \frac{dv_1}{dv_1^2} = 0$$

проінтегрувавши, отримаємо $At = \frac{1}{v_1} + c_1$. При $t = 0$, $v_1 = v_{np}$, $c_1 = -\frac{1}{v_{np}}$.

Тоді

$$At = \frac{1}{v_1} - \frac{1}{v_{np}} \quad (3.4)$$

Звідки $v_1 = \frac{v_0}{(Av_{np}t + 1)}$.

Виразивши швидкість v_1 змінного руху зерна через похідну за часом $\left(\frac{ds}{dt}\right)$, де S – довжина шляху, що проходить зерно по площині, отримаємо:

$$S = \frac{[l_n(Av_{np}t + 1)]}{A + C_2} \quad \text{при } t = 0, S = 0, C_2 = 0$$

Відповідно, матимемо

$$S = \frac{[l_n(Av_{np}t + 1)]}{A} \quad (3.5)$$

Виключивши із рівняння (3.5) час t , будемо мати:

$$S = \frac{\left\{ l_n \left[\frac{Av_{np}(v_{np} - v_1)}{Av_{np}v_1 + 1} \right] \right\}}{A} = \frac{\left\{ l_n \left[\frac{(v_{np} - v_1)}{v_1 + 1} \right] \right\}}{A}$$

$$= \frac{\left\{ l_n \left[\frac{(v_{np})}{v_1} \right] \right\}}{A}$$

Тоді, остаточно

$$S = \left(\frac{R}{f}\right) l_n \left(\frac{v_{np}}{v_1}\right) \quad (3.6)$$

Допустивши, що $v_k = v_1$, тоді з формули (3.6) отримуємо кінцеву швидкість:

$$v_k = \frac{v_{np}}{e^{(f \cdot S / R)}} \quad (3.7)$$

Отже, за формулою (3.7) можемо визначити кінцеву швидкість введення зернового матеріалу в повітряний канал сепаратора А1-БЛС-100.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.2. Розрахунок основних параметрів вентилятора при автономній роботі

Для підключення сепаратора до автономної роботи приймаємо відцентровий вентилятор та визначаємо його основні параметри.

Розраховуємо необхідну витрату повітря:

$$V = 36 \cdot v_a \cdot S, \quad (3.8)$$

де V – загальна витрата повітря, $\text{м}^3/\text{год}$;

v_a – швидкість повітряного потоку в аспіраційному каналі сепаратора, $\text{м}/\text{с}$ (приймаємо $v_a = 8,2 \text{ м}/\text{с}$);

S – площа перерізу пневмосепараційного каналу, дм^2 ($S = 1,65 \text{ дм}^2$);

$$V = 36 \cdot 8,2 \cdot 1,65 = 494 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Визначаємо втрати повного тиску в аспіраційному каналі сепаратора:

$$p_k = (0,1 + 0,00013 \cdot q_{kF}) \cdot v_a^2 + \Delta p_p, \quad (3.9)$$

де p_k – втрати повного тиску в пневмо каналі сепаратора, $\text{кгс}/\text{м}^2$;

q_{kF} – навантаження на площу перерізу пневмоканалу, $\text{кг}/(\text{год} \cdot \text{дм}^2)$;

Δp_p – втрати повного тиску у пневмосистемі, $\text{кгс}/\text{м}^2$, $\Delta p_p = 22 \text{ кгс}/\text{м}^2$

$$p_k = (0,1 + 0,00013 \cdot 1636) \cdot 8,2^2 + 2 \cdot 20 = 64 \text{ кгс}/\text{м}^2.$$

По отриманим значенням витрати повітряного потоку та втрати повного тиску в пневмо каналі приймемо вентилятор серії ВРН №8, який має відповідні параметри:

- к.к.д., який враховує втрати при перетіканні повітря через зазор та втрати на тертя диску та кілець колеса повітряю $\eta_{nm} = 0,4$;
- частоту обертання валу вентилятора $n = 750 \text{ об}/\text{хв}$;
- витрату повітря вентилятору $V = 7,8 \text{ тис. м}^3/\text{год}$.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.3. Обґрунтування основних параметрів циклона сепаратора

В випадку автономної роботи сепаратора необхідно створити умови для очищення повітряного потоку, який виходить з сепаратора. Тому, встановлюємо жалюзійний пилоочисник та розраховуємо його основні параметри.

Для відокремлення повітря від легких часток та пилу приймаємо жалюзійний інерційний пилоочисник (рис. 3.6.) та розраховуємо його основні параметри.

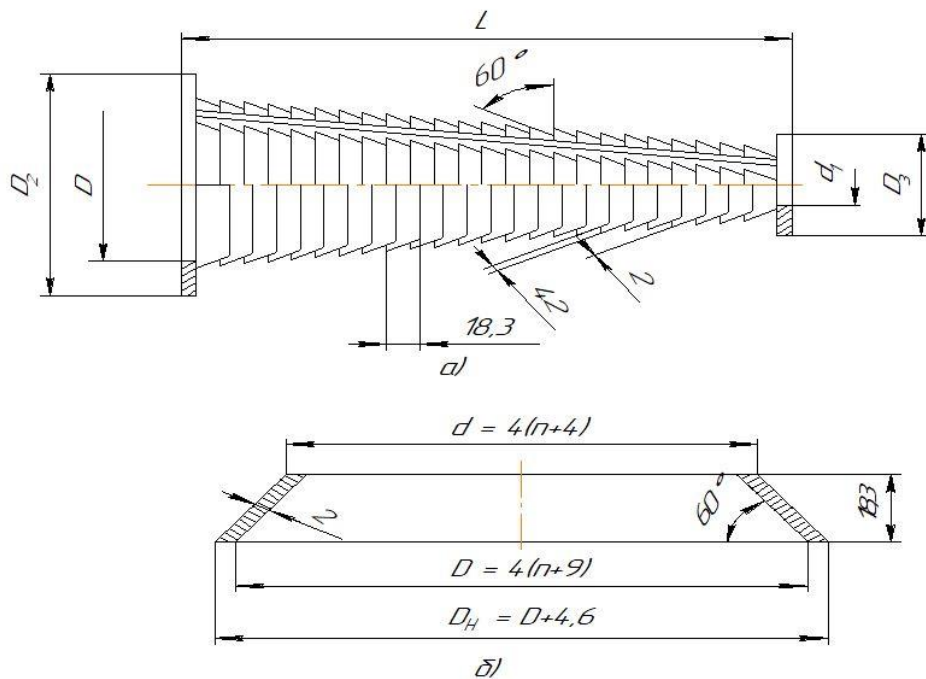


Рис. 3.6. Жалюзійний пилоочисник сепаратора інерційного типу:

а) загальний вигляд пилоочисника; б) кільце

Розраховуємо опір пилоочисника сепаратора за наступною формулою

$$p_{\text{ц}} = \xi \cdot \frac{\rho_n \cdot v_a^2}{2 \cdot g}, \quad (3.10)$$

де ξ – загальний коефіцієнт опору пилоочиснику (для усіх розмірів пилоочисників інерційного типу коефіцієнт опору $\xi = 2$ [11];

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

ρ_n – щільність повітряного середовища, $\rho_n = 1,2 \text{ кг/м}^3$;

тоді, отримаємо наступне:

$$p_u = 0,123 \cdot v_a^2,$$

$$p_u = 0,123 \cdot 20^2 = 49,8 \text{ кгс/м}^2.$$

Розраховуємо діаметр вхідного отвору відповідно до заданої продуктивності та швидкості повітря:

$$V = \frac{\pi \cdot D_{\text{вх}}^2}{4} \cdot v_{\text{вх}},$$

маємо
$$D_{\text{вх}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{V}{v_{\text{вх}}}}, \quad (3.11)$$

де $D_{\text{вх}}$ – відповідно вхідний отвір жалюзійного пилоочисника, м;

$v_{\text{вх}}$ – швидкість повітряного потоку на вході до пилоочисника сепаратора, м/с;

$$D_{\text{вх}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{0,27}{20}} = 0,132 \text{ м.}$$

приймаємо $D_{\text{вх}} = 0,136 \text{ м.}$

Відповідно до отриманих параметрів вибираєм згідно [11] інерційний жалюзійний пилоочисник ИП- 2-135 з наступними параметрами:

- діаметр вихідного отвору пилоочисника $d_1 = 33 \text{ мм}$;
- встановлена кількість кілець – 24;
- діаметр більшого фланця $D_2 = 182 \text{ мм}$;
- діаметр меншого фланця $D_3 = 80 \text{ мм}$;
- загальна довжина пилоочисника $L = 415 \text{ мм}$;
- номери кілець $n = 2 - 28$.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.3. Кінематичні розрахунки

Визначаємо передаточне відношення привода вивантажувального транспортеру при автономній роботі сепаратора.

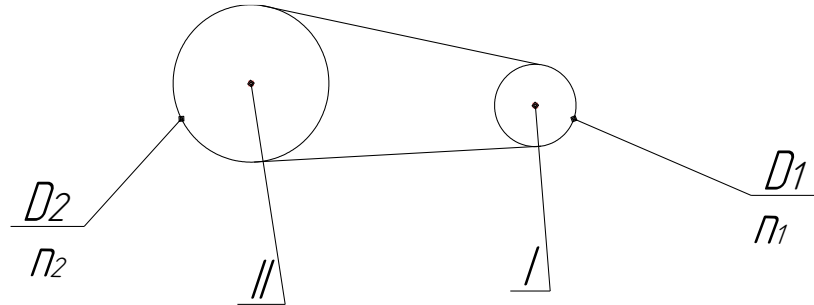


Рис. 3.7. Кінематична схема привода вивантажувального шнека

$$i_{\text{вив}} = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{вив}}}, \quad (3.12)$$

де $n_{\text{вив}}$ – величина частоти обертання валу вивантажувального шнека сепаратора, об/хв., ($n_{\text{вив}} = 180$ об/хв.);

$$i_{\text{вив}} = \frac{1000}{180} = 5,6.$$

Визначаємо передаточне відношення привода вентилятора сепаратора

$$i_{\text{в}} = \frac{n_{\text{дв}}}{n_{\text{в}}},$$

де $n_{\text{в}}$ – частота обертів валу вентилятора, об/хв., (із вище отриманих розрахунків $n_{\text{в}} = 750$ об/хв.);

Тоді, маємо передаточне відношення для приводу вентилятора сепаратора

$$i_{\text{в}} = \frac{1000}{750} = 1,3$$

3.4. Енергетичні розрахунки

Розраховуємо потужність двигуна, яка необхідна для роботи вентилятора сепаратора:

$$N_{вст} = \frac{V \cdot p_k \cdot k}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_{nm} \cdot \eta_n}, \quad (3.13)$$

де V – загальна витрата повітря в сепараторі, $m^3/год.$;

p_k – втрати повного тиску в пневмо каналі, $кгс/м^2$;

k – коефіцієнт запаса потужності для запуску, $k = 1,26$;

$\eta_{кл}$ – к.к.д. трансмісії, для клинопасової передачі $\eta_{кл} = 0,92$;

$$N_{вст} = \frac{1000 \cdot 58 \cdot 1,25}{3600 \cdot 102 \cdot 0,4 \cdot 0,92} = 0,54 \text{ кВт}.$$

Для встановлення на сепаратор та його приводу від вентилятора приймаємо двигун серії АІР80В6 відповідного типорозміру ([14], із наступними параметрами:

- частота обертання на валу ел. двигуна $n_{об} = 1000 \text{ об/хв.}$;
- потужність електро двигуна $N = 1,1 \text{ кВт}.$

При проведенні енергетичних розрахунків вивантажувального шнеку розраховуємо потужність, що використовується на підйом та на подолання тертя зернового матеріалу:

$$N_1 = \frac{v_0 \cdot G \cdot (\sin \beta + \mu_2 \cdot \cos \beta) \cdot \text{tg}(\alpha_0 + \rho)}{75}, \quad (3.14)$$

де G - вага зернового матеріалу, що знаходиться у жолобі, $G = 1,08 \text{ кг}$, [14];

v_0 - колова швидкість вивантажувального шнеку, $v_0 = 0,9 \text{ м/с}$, [14];

μ_2 - коефіцієнт тертя зерна по внутрішній частині жолобу, $\mu_2 = 0,362$ [14]

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_1 = \frac{1,3 \cdot 0,73 \cdot (0,342 + 0,362 \cdot 0,92) \cdot 0,78}{75} = 0,068 \text{ к.с.}$$

Розраховуємо потужність на валу вивантажувального шнеку

$$N_0 = \frac{N_1 \cdot \kappa_0}{\eta_n}, \quad (3.15)$$

де κ_0 – коефіцієнт, що враховує переміщення та дроблення зерна, прийmemo $\kappa_0 = 1,22$ [14];

η_n – к. к. д. підшипників валу вивантажувального шнеку (один підшипник тертя та два радіального типу шарикові підшипника й один шариковий упорного типу);

$$N_0 = \frac{0,068 \cdot 1,22}{0,99^2} = 0,0088 \text{ к.с.}$$

Тоді необхідна потужність електродвигуна буде складати:

$$N = \kappa \cdot \frac{N_0}{\eta_T}, \quad (3.16)$$

де κ – коефіцієнт, що враховує перевантаження у момент запуску транспортеру під навантаження, прийmemo $\kappa = 1,26$;

η_T – к. к. д. трансмісії, прийmemo $\eta_T = 0,86$;

$$N = 1,25 \cdot \frac{0,0088}{0,86} = 0,0134 \text{ к.с.} = 0,014 \text{ кВт.}$$

Отримані енергетичні розрахунки підтверджують вірогідність встановлення одного електродвигуна для привід вентилятора сепаратора та відвантажувального шнеку.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.5. Розрахунки на міцність

3.5.1. Розрахунок на міцність пасової передачі вентилятора сепаратора

Здійснюємо розрахунок пасової передачі вивантажувального транспортеру сепаратора (рис. 3.8.).

Вихідні дані до розрахунку:

- потужність електродвигуна вентилятора $N_{\text{дв}} = 1,2 \text{ кВт}$;
- частота оберту вала електродвигуна $n_{\text{дв}} = 1200 \text{ об/хв.}$;
- передаточне відношення $i = 4,6$.

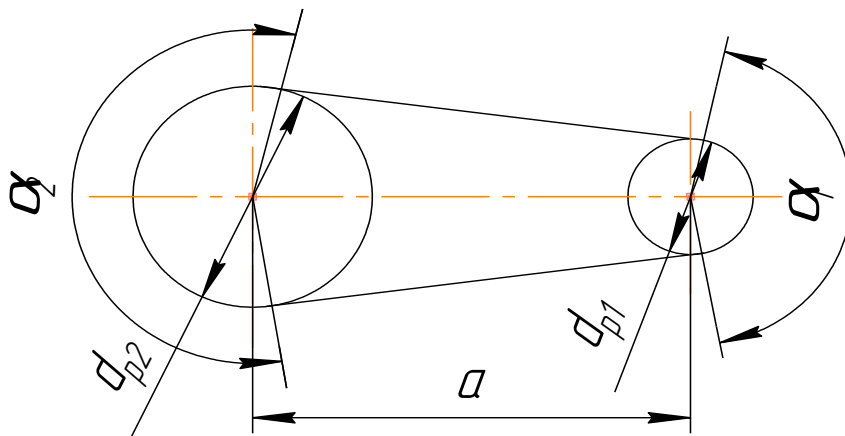


Рис. 3.8. Схема до розрахунків на міцність пасової передачі

Розраховуємо величину крутного моменту на швидкохідному валу:

$$T_{\bar{\sigma}} = 9550 \cdot \frac{N_{\text{дв}}}{n_{\text{дв}}}, \quad (3.17)$$

$$T_{\bar{\sigma}} = 9550 \cdot \frac{1,2}{1200} = 10,2 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Згідно отриманих даних [14] приймемо переріз з розмірами: $b_p = 8,6 \text{ мм}$, $h = 8 \text{ мм}$, $b_0 = 12 \text{ мм}$, $y_0 = 2,2 \text{ мм}$, $F_1 = 0,48 \text{ см}^2$.

Діаметр малого шківів згідно з рекомендаціями [14], $d_{p1} = 84 \text{ мм}$.

									КР 00.000 ПЗ	Арк.
										30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Розраховуємо діаметр більшого шків вентилятора:

$$d_{p2} = d_{p1} \cdot i \cdot (1 - \varepsilon), \quad (3.18)$$

де $\varepsilon = 0,021$ – коефіцієнт проковзування клинового пасу [8];

$$d_{p2} = 80 \cdot 4,6 \cdot (1 - 0,021) = 376 \text{ мм.}$$

Прийmemo стандартне значення діаметру $d_{p2} = 376 \text{ мм.}$

Визначаємо фактичне передаточне відношення:

$$i = \frac{d_{p2}}{d_{p1} \cdot (1 - \varepsilon)}, \quad (3.19)$$

$$i = \frac{376}{80 \cdot (1 - 0,021)} = 4,76.$$

Визначаємо швидкість пасової передачі:

$$v = \frac{\pi \cdot d_{p1} \cdot n_{d\delta}}{60 \cdot 1000}, \quad (3.20)$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 1200}{60 \cdot 1200} = 4,16 \text{ м/с.}$$

Частота обертів веденого валу вентилятора буде рівною:

$$n_g = \frac{d_{p1} \cdot n_{d\delta} \cdot (1 - \varepsilon)}{d_{p2}}, \quad (3.21)$$

$$n_g = \frac{80 \cdot 1200 \cdot (1 - 0,021)}{376} = 256 \text{ об/хв.}$$

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді міжосьова відстань відповідно до рекомендацій [14]:

$$a = 0,95 \cdot d_{p2} = 0,95 \cdot 376 = 354 \text{ мм.}$$

Визначаємо довжину паса:

$$L = 2 \cdot a + \frac{\pi}{2} \cdot (d_{p1} + d_{p2}) + \frac{(d_{p2} - d_{p1})^2}{4 \cdot a}, \quad (3.22)$$

$$L = 2 \cdot 354 + \frac{3,14}{2} \cdot (80 + 376) + \frac{(376 - 80)^2}{4 \cdot 354} = 1483,2 \text{ мм.}$$

Приймаємо з стандартного ряду відповідну довжину паса $L = 1500 \text{ мм}$.

По стандартній довжині паса уточнюємо дійсну міжосьову відстань:

$$a = \frac{2 \cdot L - \pi \cdot (d_{p1} + d_{p2}) + \sqrt{[2 \cdot L - \pi \cdot (d_{p1} + d_{p2})]^2 - 8 \cdot (d_{p2} - d_{p1})^2}}{8}, \quad (3.23)$$

$$a = \frac{2 \cdot 1500 - \pi \cdot (80 + 376) + \sqrt{[2 \cdot 1500 - \pi \cdot (80 + 376)]^2 - 8 \cdot (376 - 80)^2}}{8} = 364 \text{ мм}$$

Мінімальна величина міжосьової відстані для полегшення монтажу та зняття паса:

$$a_{min} = a - 0,01 \cdot L = 364 - 0,01 \cdot 1500 = 345 \text{ мм}$$

Максимальна міжосьова відстань для створення натягу і підтягування паса при витяжці:

$$a_{min} = a + 0,025 \cdot L = 364 + 0,025 \cdot 1500 = 402,4 \text{ мм}$$

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо кут обхвату на меншому шківу приводу вентилятора:

$$\alpha_1^\circ = 180^\circ - 60^\circ \cdot \frac{d_{p2} - d_{p1}}{a}, \quad (3.24)$$

$$\alpha_1^\circ = 180^\circ - 60^\circ \cdot \frac{376 - 80}{345} = 128^\circ.$$

Згідно [14] вихідною довжиною пасу є $L_0 = 1700$ мм; відносна довжина пасу $L/L_0 = 1500/1700 = 0,86$.

Відповідний коефіцієнт довжини [14] $C_L = 0,88$.

Початкова потужність при $d_{p1} = 82$ мм і $v = 4,16$ м/с $N_0 = 0,62$ кВт.

Коефіцієнт кута обхвата згідно [14] $C_a = 0,9$.

Необхідна поправка до крутних моментів на передаточне число ([8], $\Delta T_u = 0,5$ Н·м.

Відповідно, поправка до потужності становить:

$$\Delta N_u = 0,0001 \cdot \Delta T_u \cdot n_{\text{дв}}, \quad (3.25)$$

$$\Delta N_u = 0,0001 \cdot 0,5 \cdot 1200 = 0,07 \text{ кВт.}$$

Необхідний коефіцієнт режиму роботи при визначеному навантаженні [14] $C_p = 0,86$.

Необхідна допустима потужність для одного пасу:

$$[N] = (N_0 \cdot C_a \cdot C_L + \Delta N_u) \cdot C_p, \quad (3.26)$$

$$[N] = (1,1 \cdot 0,9 \cdot 0,88 + 0,05) \cdot 0,86 = 0,79 \text{ кВт.}$$

Визначаємо необхідну кількість пасів:

$$z = \frac{N_{\text{дв}}}{[N]}, \quad (3.27)$$

$$z = \frac{1,1}{0,79} = 1,52.$$

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Коефіцієнт, який враховує нерівномірність навантаження двигуна $C_z = 1$.

Розраховуємо дійсну кількість пасів у передачі:

$$z' = \frac{z}{C_z}, \quad (3.28)$$
$$z' = \frac{1,52}{1} = 1,52.$$

Приймаємо два паси

Розраховуємо силу початкового натягу одного з пасів:

$$S_{0,1} = \frac{780 \cdot N_{\text{дв}}}{v \cdot C_a \cdot C_p \cdot z'} + q \cdot v^2, \quad (3.29)$$

де q – погонна маса паса, $q = 0,072 \text{ кг/м}$ [8];

$$S_{0,1} = \frac{780 \cdot 0,4}{4,18 \cdot 0,92 \cdot 0,86 \cdot 2} + 0,072 \cdot 4,18^2 = 100,2 \text{ Н.}$$

Розраховуємо зусилля, що діє на вали пасової передачі:

$$Q \approx 2 \cdot S_{0,1} \cdot z' \cdot \sin \frac{\alpha_1^0}{2}, \quad (3.30)$$

$$Q = 2 \cdot 100,2 \cdot 2 \cdot \sin \frac{128^0}{2} = 186,4 \text{ Н.}$$

Визначаємо розміри обода шківів згідно [14] будуть:

$l_p = 8,6 \text{ мм}$; $h = 6,8 \text{ мм}$; $b = 2,4 \text{ мм}$; $e = 14 \text{ мм}$; $f = 8 \text{ мм}$; $r = 0,6 \text{ мм}$; $h_{\text{min}} = 8 \text{ мм}$; $\alpha_1 = 38^0$; $\alpha_2 = 42^0$.

Визначаємо зовнішні діаметри малого та великого шківів:

$$d_{e1} = d_{p1} + 2 \cdot b, \quad (3.31)$$

$$d_{e1} = 80 + 2 \cdot 2,4 = 82 \text{ мм};$$

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_{e2} = d_{p2} + 2 \cdot b, \quad (3.32)$$

$$d_{e2} = 376 + 2 \cdot 2,4 = 378 \text{ мм.}$$

Розраховуємо ширину ободу шківів:

$$M = (z' - 1) \cdot e + 2 \cdot f, \quad (3.33)$$

$$M = (2 - 1) \cdot 12 + 2 \cdot 8 = 26 \text{ мм.}$$

Приймаємо ширину ободу 26 мм

3.5.2. Розрахунки на міцність шпонкового з'єднання шківів

Для закріплення шківів вивантажувального транспортера на валу приймемо призматичну шпонку (рис. 3.9.) з наступними розмірами [14]:

- ширина шпонки $b = 6 \text{ мм}$;
- висота шпонки $h = 8 \text{ мм}$;
- довжина шпонки $l = 18 \text{ мм}$;
- глибина шпонкового паза на валу $t_1 = 4,5 \text{ мм}$;
- глибина шпонкового пазу в маточині $t_2 = 3,8 \text{ мм}$.

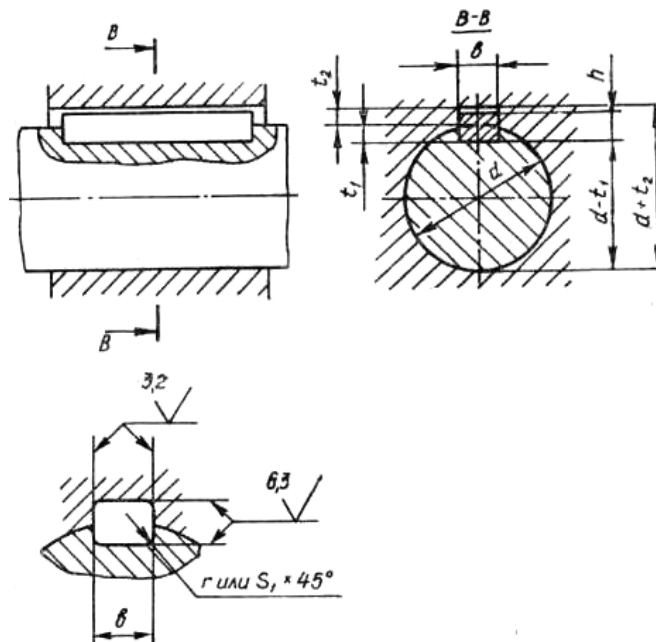


Рис. 3.9. Схема для розрахунку параметрів шпонкового з'єднання

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Найбільша небезпека при деформації для шпонок зминання крутним моментом:

$$\sigma_{зм} = \frac{4 \cdot T}{d_g \cdot l_p \cdot h} \leq [\sigma_{см}], \quad (3.34)$$

звідки
$$l_p \geq \frac{4 \cdot T}{d_g \cdot [\sigma_{зм}] \cdot h},$$

де l_p – робоча довжина вибраної шпонки, мм;

d_g – діаметр вала транспортера, мм;

T – крутний момент на валу, Н·мм;

$[\sigma_{см}]$ – допустима напруга при зминанні, $[\sigma_{зм}] = 50 \text{ МПа}$;

$$l_p = \frac{4 \cdot 9,7 \cdot 10^3}{18 \cdot 50 \cdot 6} = 7,5 \text{ мм},$$

Розраховуємо довжину вибраної шпонки:

$$l_p = l - b;$$

звідки маємо

$$l = l_p + b,$$

$$l = 7,5 + 6 = 13,5 \text{ мм}.$$

Приймаємо необхідну довжину шпонки $l = 18 \text{ мм}$.

3.6. Короткі висновки по розділу

В результаті проведених конструкторських розрахунків були встановлені ключові характеристики живильного лотка, який забезпечує подачу зернової маси до повітряного каналу другої сепарації.

Зокрема, визначено оптимальний кут подачі зерна у зону дії повітряного потоку, довжину похилої ділянки, радіус кривизни дугоподібного живильника та значення кінцевої швидкості частинок зерна перед входом у пневмоканал.

Крім того, обґрунтовано конструктивні параметри циклона та транспортного пристрою для вивантаження очищеного матеріалу, а також доведено ефективність функціонування сепаратора в автономному режимі.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Аналіз потенційно небезпечних та шкідливих виробничих чинників при експлуатації зерноочисної машини А1-БЛС-100

У процесі експлуатації зерноочисного обладнання типу А1-БЛС-100 можуть виникати різні виробничі фактори, що несуть потенційну загрозу життю та здоров'ю працівників. Основні з них поділяються на фізичні, хімічні та пожежонебезпечні [16].

До фізичних факторів відносяться:

- відкриті рухомі вузли та деталі механізмів;
- надмірна запиленість повітря в зоні обслуговування машини, зумовлена вивільненням пилу під час очищення вороху;
- підвищена температура та вологість навколишнього середовища;
- надмірний рівень вібрації і шуму, що перевищує допустимі межі;
- ризик ураження електричним струмом унаслідок контакту з мережею живлення 220/380 В
- недостатня природна освітленість;
- нагріті робочі поверхні та елементи машини, які становлять термічну небезпеку.

Хімічна небезпека проявляється через контакт з токсичними речовинами, які можуть проникати через шкіру при виконанні технічного обслуговування або ремонту вузлів.

Пожежонебезпека може виникнути внаслідок несправностей в електричній системі, коротких замикань або перегріву елементів.

4.2 Заходи щодо забезпечення санітарно-гігієнічних умов праці

З метою зниження запиленості у зоні роботи сепаруючого блоку, застосовується замкнута повітряна система, яка значно покращує екологічну ситуацію в робочій зоні. Для індивідуального захисту працівники забезпечуються протипиловими засобами – респіраторами У-2К або ватно-марлевими пов'язками.

					КМВМ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

У разі розміщення зерноочисного обладнання в закритих приміщеннях обов'язковою є наявність примусової вентиляційної системи.

Для зниження шумового навантаження на працівників реалізовано комплекс технічних заходів:

- змащення рухомих деталей та встановлення шумопоглинаючих прокладок у зонах найбільшого механічного навантаження;
- маркування робочих зон із рівнем шуму понад 80 дБ відповідними знаками безпеки згідно з вимогами ГОСТ 12.4.026-76.

На корпусі машини нанесені попереджувальні написи: «Ремонт здійснювати лише при вимкненому живленні», «Відчинено», «Зачинено». Управлінські елементи обладнані табличками, що позначають приналежність до конкретних агрегатів.

Для зручності очищення приймальної камери від залишків зерна передбачені оглядові люки. Робочий майданчик має бути забезпечений аптечкою та пожежним інвентарем.

4.3 Технічні заходи з безпеки під час експлуатації

Усі елементи приводу та обертові частини обладнання закриваються захисними кожухами, пофарбованими в сигнальний колір (жовтий або з нанесенням косих смуг шириною 3–4 см під кутом 45°), що забезпечує візуальне попередження про небезпеку.

Перед запуском машини подається звуковий сигнал, що попереджає персонал про початок роботи. Для цього передбачено встановлення сигнальної сирени СС-143 (220 В, 50 Гц, ТУ25-00.1044-76). Електродвигуни обладнані термозахистом типу УВТЗ-5, який запобігає перегріву [16].

Заборонено експлуатацію обладнання без попереднього технічного огляду та обкатки. Шафа управління виготовлена з пиловологозахищених матеріалів, що унеможливають доступ пилу та вологи до струмопровідних частин. Дверцята шафи зачиняються на ключ, на внутрішній стороні корпусу нанесена принципова електрична схема та знак високої напруги згідно ГОСТ 12.2.026-76.

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

5. ВИСНОВКИ

1. Сепаратори типу А1-БЛС-100 широко застосовуються на елеваторах та переробних сільськогосподарських підприємствах для первинного очищення та попереднього сортування зерна різних культур. Вони зарекомендували себе як надійні та продуктивні машини, здатні працювати в умовах інтенсивного навантаження.
2. Але не зважаючи на це, якість очищення зерна в умовах інтенсивного навантаження в промислових умовах, особливо при значній засміченості та вологості не завжди відповідає агротехнічним вимогам до продовольчого зерна.
3. На основі огляду стаціонарних машин для очищення зерна та сучасних тенденцій розвитку зерноочисної техніки, визначено, що удосконалення повинні спрямовуватися на:
 - Енергоефективність та підвищення якості очищення;
 - оптимізацію аспіраційної системи шляхом рециркуляції повітря, форми каналів та рінوماتітних жалюзей чи адаптивних заслінок.
4. Тому, для підвищення ефективності роботи пневмосистеми нами запропоновано вводити зерновий матеріал шляхом направлено удару об поверхню, використовуючи пружні властивості компонентів зернової суміші.
5. Для реалізації цього способу була модернізована конструкція пневмосепараційного каналу з розробленим живильним пристроєм та виконані відповідні креслення.
6. В результаті конструкторських розрахунків були обгрунтовані основні пакуметри живильного лотка, який забезпечує подачу зернової маси до повітряного каналу другої сепарації.
7. В розділі «Охорона праці» проаналізовані небезпечні та шкідливі фактори при роботі сепаратора та запропоновано заходи щодо їх покращення.

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

Список використаної літератури

1. Котов Б.І., Степаненко С.П., Пастушенко М.Г., Тенденції розвитку конструкції машин та обладнання для очищення і сортування зерноматеріалів. – Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Випуск 33. Кіровоград: КДТУ, 2003 – с. 53-59.
2. Нестеренко, О.М. Васильковський, С.М. Лещенко, Д.І. Петренко, Д.В. Богатирьов. Перспективний напрямок інтенсифікації повітряної сепарації зерна. О.В. // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. (Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація). Випуск 25. ч.1– Кіровоград: КНТУ, 2012. – С.49-53.
3. Вдосконалення технологічного процесу очищення зерна зерноочисними машинами загального призначення. - Механізація і автоматизація технологічних процесів у молочному скотарстві. - Агроінженерні дослідження / М.І. Васильковський, І.М. Осипов, О.М. Васильковський, С.М. Мороз // Вісник ЛДАУ №3 - Львів, 1999.-с. 102-107.
4. Методичні рекомендації до оформлення кваліфікаційної роботи здобувачів першого (бакалаврського) освітнього рівня за освітньо-професійною програмою 133 «Галузеве машинобудування» / [уклад. : Д. І. Петренко, О. М. Васильковський, С. М. Лещенко та ін.] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. с.-г. машинобуд. – Кропивницький : ЦНТУ, 2025. – 58 с.
<https://dspace.kntu.kr.ua/items/5fadab17-61ae-4a09-ae9f-1c939d0f874b>
5. Комаристов В.Ю. Довідник з механізації післязбиральної обробки зерна / В.Ю. Комаристов, М.М. Петренко. – К.: Урожай, 1990. – 184 с.
6. Проспект фірми «Petkus». Машина попереднього і інтенсивного очищення К-527, К-526, К-560.
7. Каталог продукції Хорольський механічний завод.
<https://mezhavod.com.ua/ua/catalog/separatory-zernoochistitelnye/?from=723>

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

8. Каталог продукції зернови сепараторів ІСМ

<https://ismgrain.com.ua/goods/separator-zernovoy-ism-5/>

9. Комаристов В.Ю., Петренко М.М. Довідник з механізації післязбиральної обробки зерна. - К.: Урожай. 1990. - 1 84 с.
10. Сисолін П.В., Рибак Т.І., Сало В.М. Сільськогосподарські машини/ Теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 2. Машини для рільництва// За ред. М.І. Черновола. - К.: Урожай, 2002. - 364 с.
11. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: Навчальний посібник / За ред. Д.Г. Войтюк, С.С. Яцун, Довжик М.Я. // Суми. Університетська книга – 2008. – 450 С.
12. Войтюк Д.Г., Дубровін В.О., Іщенко Т.Д. та ін. Сільськогосподарські та меліоративні машини// За ред. Д.Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2004. 544 с.
13. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навч. посібник для студ. машинобуд. спец. усіх форм навчання / А. В. Гайдамака. Харків : НТУ «ХП», 2020. 275 с.
14. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: Підручник. - К.: Вища школа, 1993. - 556 с.
15. Войналович О.В., Білько Т.О., Марчишина Є.І. Охорона праці у сільському господарстві : навч. посібник. Київ : Центр учбової літератури, 2020. 424 с.
16. Основи охорони праці: Підручник / М.С. Одарченко, А.М. Одарченко, В.І. Степанов, Я.М. Черненко. – Х.: Стиль-Издат, 2017. – 334 с.

					КР 00.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ