

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 аспіратора АСХ з вдосконаленням повітряної
системи та осадового пристрою»

Виконав здобувач вищої освіти ІV курсу,
групи ГМ-22мб

ОПП «Галузеве машинобудування»

спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

_____ Куліш Максим Сергійович

« ____ » _____ 2025 р.

Керівник роботи

доцент, канд. техн. наук

_____ Сергій ЛЕЩЕНКО

« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент

доцент, канд. техн. наук

_____ Костянтин ЩЕРБИНА

« ____ » _____ 2025 р.

м. Кропивницький

ЗМІСТ

1. Вступ.....	5
2. Стан питання про аспіратор АСХ-2,5 та пропозиції по його вдосконаленню	7
3. Конструкторська частина	16
4. Охорона праці	41
5. Висновок	44
Список використаної літератури	46
Додатки.....	49

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

1. ВСТУП

Україна має вигідне географічне розташування і сприятливі ґрунтово-кліматичні умови, які створюють широкі можливості для розвитку агровиробництва, зокрема рослинництва. Особливо це стосується фермерських господарств Кіровоградської області, більша частина території якої розташована в степовій зоні, має доступ до водних ресурсів та характеризується наявністю родючих чорноземів.

У сучасних умовах більшість аграрних підприємств України орієнтуються на вирощування зернових культур і соняшнику. Проте останніми роками ринок сільськогосподарської продукції демонструє позитивну цінову динаміку для розширення площ під сою, ріпак, окремі овочеві культури та коренеплоди. Це дозволяє частково вирішити питання сівозмін, планувати та впроваджувати у виробництво сучасні технологічні процеси вирощування сільськогосподарських культур. У зв'язку з цим оновлення парку сільськогосподарської техніки та тракторів не завжди є необхідним кроком і часто проектування і впровадження ресурсоощадних екологічно безпечних технологій вирощування продукції рослинництва не потребує значних додаткових інвестицій.

Технологія вирощування багатьох сільськогосподарських культур у значній кількості агроформувань є стандартними, а використання якісного посівного матеріалу та ефективного використання засобів агрохімії забезпечує стабільні врожаї. Однак проведений аналіз виявив, що на якість зібраного врожаю суттєво впливає наявність домішок, що знижує товарну цінність готової продукції. У зв'язку з відсутністю спеціалізованого обладнання для очищення зерна та насіння, після аналізу можливих рішень було рекомендовано у невеликих господарствах використовувати пневмосепаратор АСХ-2,5 для первинного очищення вирощеного врожаю зернових культур.

					<i>МАОП 00.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Куліш</i>				<i>Пояснювальна записка</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Леценко</i>						5	
<i>Реценз.</i>						<i>ЦНТУ, гр. ГМ-22мб</i>		
<i>Н. Контр.</i>	<i>Мачок</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Васильковський</i>							

Дослідження експлуатації пневмосепаратора АСХ-2,5 показало, що хоча обладнання є економічно вигідним і забезпечує прийнятну якість очищення, воно потребує покращень у частині роботи пневмосистеми, осадового пристрою, налаштування та керування процесом. Це зумовило необхідність вдосконалення конструкції повітряного сепаратора.

Таким чином, мета даної роботи полягає у підвищенні ефективності та продуктивності пневмосепаратора АСХ-2,5 шляхом вдосконаленням повітряної системи та осадового пристрою.

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

2. СТАН ПИТАННЯ ПРО АСПІРАТОР АСХ-2,5 ТА ПРОПОЗИЦІЇ ПО ЙОГО ВДОСКОНАЛЕННЮ

У сучасних умовах аграрного виробництва важливу роль у забезпеченні високої якості продукції рослинництва відіграє ефективна післязбиральна обробка зерна, зокрема його первинне очищення. Серед обладнання, яке використовується на цьому етапі, аспіратори займають чільне місце, оскільки дозволяють вчасно і ефективно видалити легкі домішки із зібраного врожаю, що значно покращує кондиції зернової маси перед подальшим зберіганням або переробкою.

Однією з найпоширеніших моделей такого обладнання є аспіратор АСХ-2,5, який призначений для очищення зерна від аеродинамічно легких домішок різного походження. Цей аспіратор знайшов широке застосування у фермерських господарствах, а також на зернопереробних підприємствах завдяки простоті конструкції, відносній дешевизні, надійності в експлуатації та здатності працювати в складі технологічних ліній. Конструкція аспілятора передбачає використання замкненого повітряного циклу, що забезпечує екологічну безпеку та мінімальні втрати повноцінного зернового матеріалу.

Однак, у процесі експлуатації виявлено низку технічних недоліків, що обмежують ефективність роботи АСХ-2,5. Зокрема, традиційна пасова передача приводу вентилятора створює труднощі в налаштуванні та обмежує варіативність режимів руху повітря в пневмосистемі агрегату. Крім того, зафіксовано надлишкові енерговитрати через неоптимальні параметри повітряного потоку. Ще однією з проблем є неефективне введення зернового вороху до активної зони пневмосепараційного каналу, що призводить до нерівномірного розподілу зернівок в повітряному потоці та зниження якості очищення.

У зв'язку з цим виникає потреба в модернізації окремих вузлів аспілятора АСХ-2,5 з метою підвищення його технологічної ефективності. У наведеній роботі запропоновано замінити традиційну пасову передачу

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

приводу вентилятора на клинопасовий варіатор, що дасть змогу регулювати частоту обертання вентилятора без зупинки зерноочисної машини. Також обґрунтовано доцільність зменшення перерізу повітряної системи, що дозволить знизити втрати повітря, уникнути негативного перерозподілу поля швидкостей та покращити розділення домішок. Крім того, запропоновано конструктивні зміни у зоні подачі зерна на очищення, а саме – забезпечено його рівномірне надходження до активної зони розділення повітряним потоком.

Повітряний сепаратор АСХ-2,5 є зерноочисним агрегатом із замкнутою системою циркуляції повітря та встановленим у пневмосистему вентилятором, що створює повітряний потік. Безпосередньо аспіратор служить для відокремлення аеродинамічно легких домішок із загальної зернової маси, а також для розподілу продуктів лущення круп'яних культур. Зазначене зерноочисне обладнання є стаціонарним і приводиться в дію електродвигуном, який забезпечує обертання вентилятора та шнека для виведення аеродинамічно легких домішок.

Даний тип сепаратора найкраще адаптовано для використання в невеликих та середніх приватних селянських і фермерських господарствах, а також може експлуатуватися у складі технологічних ліній олієнь, млинів, підприємств круп'яної та іншої харчової промисловості, зерносушильних комплексах тощо. Аспіратор доцільно експлуатувати у відкритому просторі, наприклад на токах так і в закритих приміщеннях, зокрема складах чи ангарах господарств, за умови їх оснащення продуктивними і справними вентиляційними системами.

Виготовлення сепараторів типу АСХ здійснюється згідно з вимогами третьої категорії у кліматичному виконанні «У», що дозволяє використовувати зазначене обладнання як на внутрішньому ринку, так і експортувати в країни, що теж мають помірний клімат. Зерноочисний агрегат забезпечує стабільну роботу за умов, коли температурний режим в зоні його використання

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

знаходиться в діапазоні значень $-10...+40\text{ }^{\circ}\text{C}$, при відносній вологості до 80% за середньорічної температури $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ і атмосферному тиску в межах 650...800 мм рт. ст., що складає приблизно 86,6...106,7 кПа.

Зовнішній вигляд сепаратора АСХ-2,5 та функціональну схему його роботи подано на рис. 1, загальний вигляд із позначками вузлів представлено на рис. 2 а основні характеристики даного зерноочисного обладнання зведені до таблиці 1.

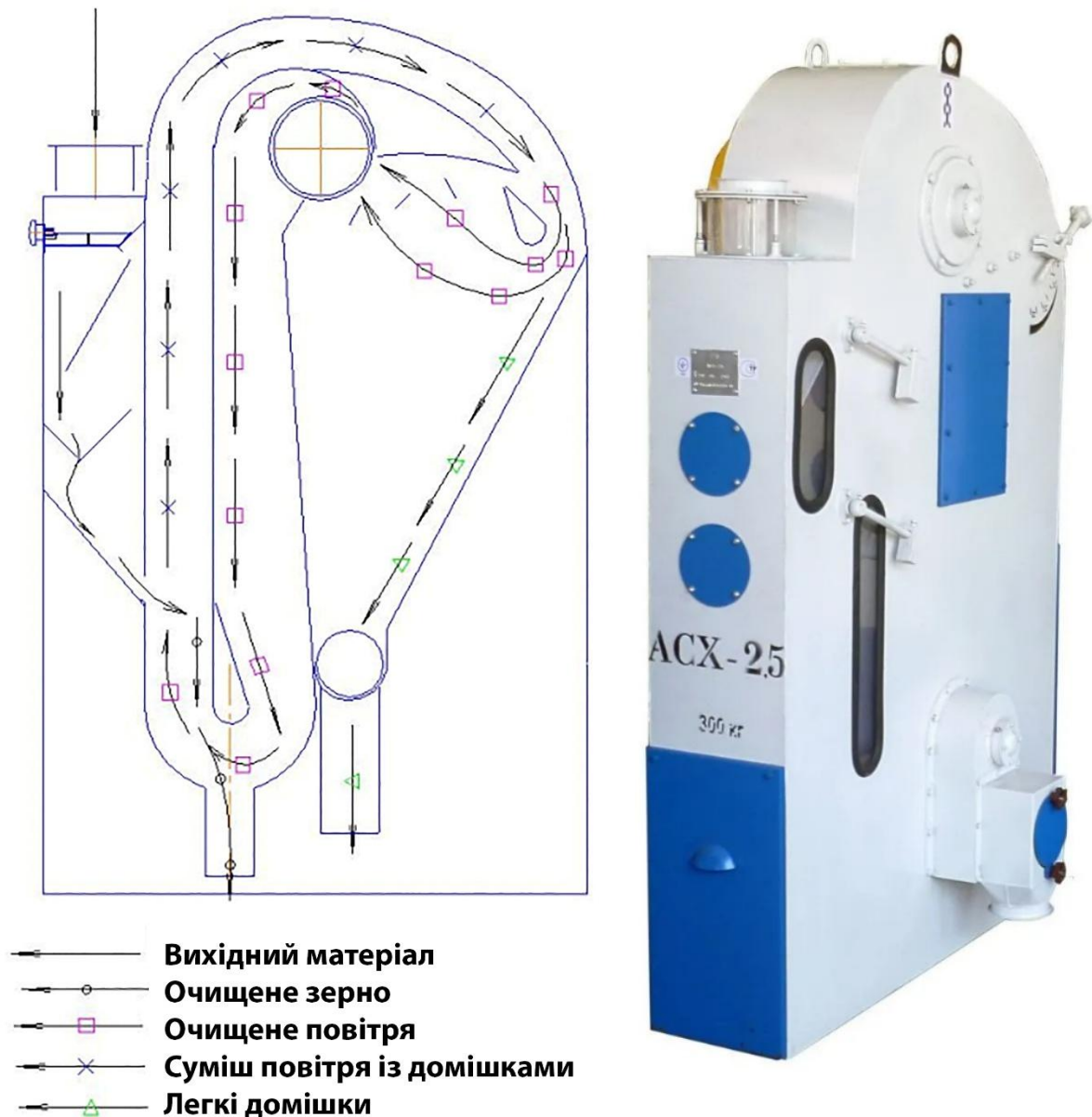


Рис. 1. Функціональна схема та зовнішній вигляд аспіратора АСХ-2,5

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

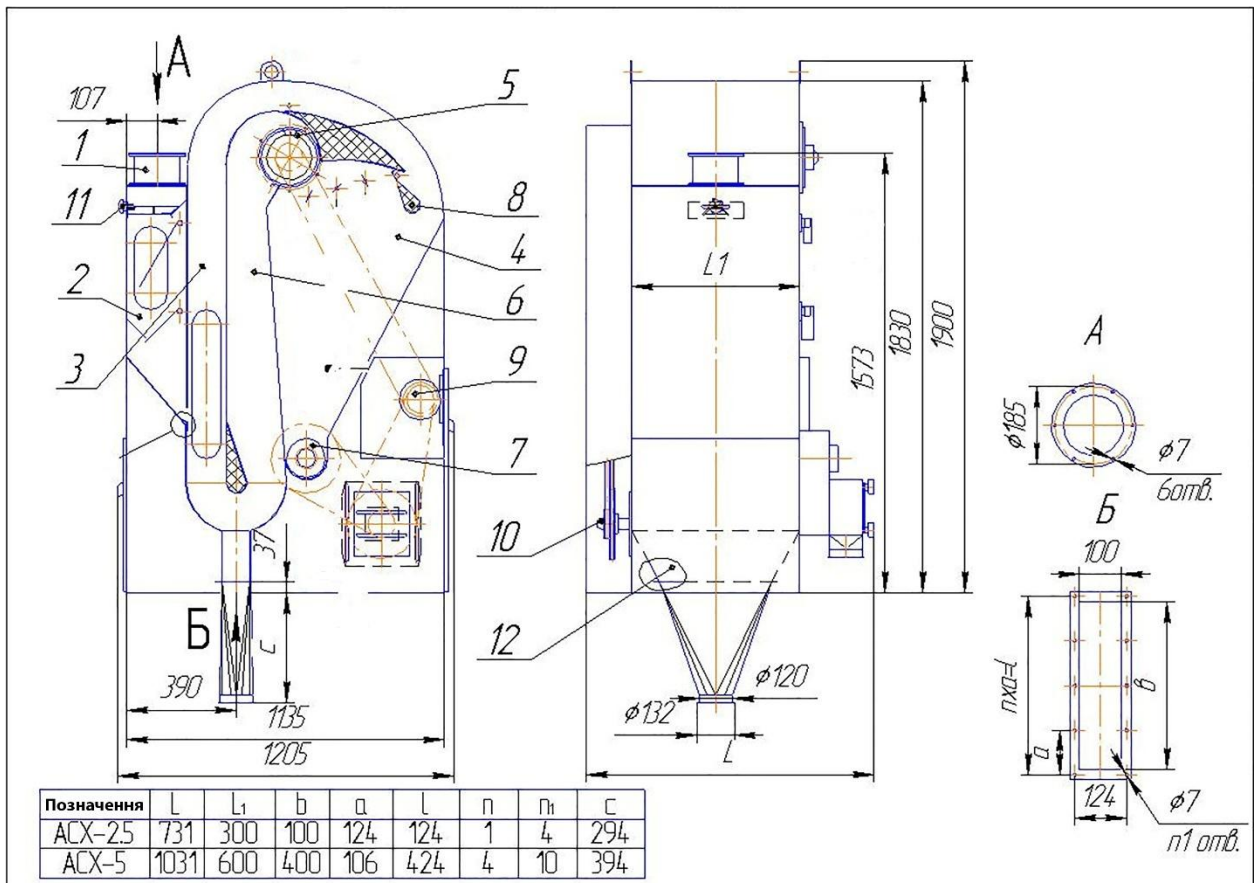


Рис. 2. Загальний вигляд аспіратора АСХ-2,5 (АСХ-5):

1 – патрубок приймальний; 2 – приймальна камера; 3 – вертикальний пневмосепаруючий канал; 4 – осадова камера; 5 – джерело повітряного потоку (вентилятор); 6 – рециркуляційний канал пневмосистеми; 7 – шнек відокремлених домішок; 8 – регулювальна заслінка; 9 – механізм приводу; 10 – контрпривод; 11 – подільник матеріалу; 12 – патрубок вихідний

Таблиця 1

Зведені технічні характеристики аспіратора АСХ-2,5 (АСХ-5)

Параметр	Значення	
	АСХ-2,5	АСХ-5
1	2	3
Продуктивність технічна, т/год, не менше на виділенні лушпиння і мучки з продуктів лушення круп'яних культур:		
- гречки	2,0	3,0±0,5

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

МАОП 00.000 ПЗ

Арк.

10

Продовження таблиці 1

1	2	3
Маса аспіратора, кг	300	430
Габаритні розміри, мм, не більше		
- ширина	1205	1205
- довжина	731	1031
- висота	1860	1860

Сепаратори моделей АСХ-2,5 і АСХ-5 мають схожу конструкцію, основною відмінністю між якими є довжина корпусу.

Аспіратор АСХ-2,5 (рис. 1, 2) складається з приймального патрубку 1 та основного корпусу, виготовленого у вигляді зварної збірної конструкції з листового металу. Всередині корпусу, за допомогою розташованих перегородок та внутрішніх стінок, утворені наступні функціональні зони: приймальна камера 2, вертикальні канали – пневмосепаруючий 3 та рециркуляційний 6 а також осадова камера 4.

Уздовж осадової камери встановлено діаметральний вентилятор (ротор) 5, а також шнековий механізм 7, призначений для видалення легких домішок. У нижній частині пневмосепаруючого каналу змонтовано випускний патрубок 12, через який очищене зерно виходить з аспіратора.

У верхній частині приймальної камери розміщено клапани з противагами, що дають змогу регулювати подачу зернової суміші. Крім того, там розташований напрямний розподільник 11, який може змінювати своє положення відносно приймального патрубку залежно від напрямку руху продукту. Це сприяє рівномірному розподілу матеріалу за шириною приймальної камери та пневмоканалу. Кожен клапан налаштовується окремо шляхом пересування противаг по важелях.

Матеріал подається в пневмосепаруючий канал або через горизонтальну направляючу, що формує зону завширшки приблизно 20 мм для ефективного розпилення у зоні сепарації, або по похилій площині під кутом 50° – при роботі аспіратора в режимі видалення лузги.

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

З метою зміни швидкості повітряного потоку на вході до осадової камери передбачено встановлення поворотної заслінки обтічної форми 8. Її поперечний переріз має форму лемніскати, а керування здійснюється за допомогою гвинтового механізму.

З метою додаткового налаштування повітряного потоку всередині осадової камери зі сторони всмоктування вентилятора розміщено три рухомі поворотні планки. Кожна з них закріплена на осі, торцева частина якої містить паз для визначення положення відповідної планки всередині корпусу.

Діаметральний вентилятор має ротор зварної конструкції, на дисках якого розміщено 29 лопаток. Його обертання забезпечується підшипниковими вузлами. Частота обертання вентилятора може змінюватися шляхом заміни шківів, що дозволяє адаптувати режим роботи до типу оброблюваної культури та необхідної продуктивності.

Шнек встановлений на двох кулькових сферичних підшипниках. Із протилежного боку до приводу ротора розташовано вікно для видалення легких домішок, а також встановлено протипідсосний клапан, виготовлений з гумового листа, армованого металевими смугами.

Для візуального контролю процесів подачі матеріалу та його руху в пневмоканалі передбачено два оглядові вікна, розміщені по торцях корпусу. Вони кріпляться через гумові ущільнення до стінок корпусу. Також для обслуговування внутрішніх частин конструкції передбачено монтажну кришку з ущільненням на торцевій стінці.

Привід вентилятора та шнека реалізується через електродвигун 9, закріплений на основній плиті. Передача крутного моменту здійснюється через клинопасову передачу та контрпривод 10, який може змінювати своє положення як у вертикальній, так і в горизонтальній площинах, забезпечуючи відповідне натягування всіх ременів.

Щоб запобігти витоку пилу та підсосу повітря у місці видалення легких домішок, до торцевої частини корпусу приєднано спеціальний патрубок.

						МАОП 00.000 ПЗ	Арк.
							13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Впускні патрубки закінчуються фланцями, а випускні – забезпечені перехідниками для під'єднання до самопливних продуктопроводів.

Під час експлуатації аспіратора АСХ-2,5 під навантаженням важливо дотримуватися низки вимог для забезпечення ефективної та стабільної роботи обладнання. Зокрема, слід:

- Забезпечити стабільну та рівномірну подачу матеріалу, що потребує очищення, у приймальну частину машини, не допускаючи її перевантаження. Контроль здійснюється через оглядове вікно, розташоване на приймальній камері.
- Слідкувати за коректною роботою двоклапанного механізму у приймальній камері. Клапани повинні працювати плавно й без ривків, а вантажі мають бути відрегульовані так, щоб рівень матеріалу знаходився в полі зору оглядового вікна.
- Домогтися рівномірного розподілу продукту по всій довжині пневмосепаруючого каналу для забезпечення ефективного очищення.
- Підтримувати сталу швидкість і рівномірність потоку повітря по всій довжині пневмосепаруючого каналу, запобігаючи при цьому винесенню повноцінного зерна разом з легкими домішками.
- Не допускати проникнення повітря або викиду пилу через конструктивні елементи, зокрема через оглядові вікна, регулювальні заслінки та відвідний клапан у зоні виведення легких домішок.

Попри наявні переваги аспіраторів типу АСХ-2,5, в процесі їх експлуатації, а також за результатами випробувань, було виявлено низку технічних недоліків, що обмежують їх ефективність:

1. **Регулювання частоти обертання вентилятора та інших робочих елементів** є трудомістким і малозручним, оскільки потребує заміни шківів у клинопасовій передачі та подальшого повторного налаштування всієї системи передач, що суттєво ускладнює оперативне переналаштування машини під різні умови роботи.

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

параметрів діаметрального вентилятора, що сприятиме ефективнішому використанню енергетичних ресурсів та покращенню конструкції вентилятора загалом.

3. **Модернізація приводу відвантажувального шнека**, з виконанням повного інженерного розрахунку його роботи, беручи до уваги фізико-механічні властивості сумішей, які можуть проходити очищення в даному типі машини.

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

Технологічний розрахунок аспіратора АСХ-2,5

На етапі обґрунтування параметрів повітряної системи аспіратора всі розрахунки проводимо враховуючи необхідність забезпечувати задану продуктивність повітряного очищення зернових культур від аеродинамічно легких домішок розуміючи, що на цьому етапі проведення робіт зерноочисний агрегат має забезпечувати продуктивність роботи на рівні $Q = 6$ т/год. Виходячи із наведеної продуктивності визначимо секундну подачу зібраного збіжжя зерна на очищення, маємо:

$$Q_c = \frac{Q}{3600} = \frac{3000}{3600} = 0,83 \text{ кг/с.}$$

Знайдемо секундну кількість сторонніх домішок, що надходять на очищення в пневмосепаруючий канал, враховуючи засміченість домішками вихідної зернової суміші, що становить $b = 15$ %. Враховуючи це, можемо записати:

$$q_d = \frac{b \cdot Q_c}{100} = \frac{15 \cdot 0,83}{100} = 0,12 \text{ кг/с.}$$

Знаючи загальну продуктивність аспіратора можемо розрахувати ширину пневмосепаруючого каналу, скориставшись відомою формулою:

$$B = \frac{Q}{q_B},$$

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

де Q – паспортна продуктивність аспірація на конкретній технологічній операції очищення, кг/год;

q_B – величина допустимого навантаження, що припадає на ширину каналу, враховуючи можливість забезпечувати заданих за агрономічними показниками якості виконання очищення, враховуючи дані експериментів, приймемо

$$B = \frac{3000}{937} = 3,2 \text{ дм} \approx 300 \text{ мм.}$$

Глибину пневмоканалу аспірація приймаємо рівною серійній машині, а саме $C = 120$ мм.

Робочу швидкість повітряного потоку слід в системі аспірація встановлювати дещо вищою за швидкість витання аеродинамічно легких домішок але дотримуватися умови, що вона ж не повинна бути більшою за швидкість витання основних компонентів зерноsumіші. Враховуючи необхідність очищення зерна пшениці, приймемо для розрахунків середню швидкість повітряного потоку на рівні $V_{cp} = 8$ м/с.

Отже, маючи геометричні параметри робочої зони пневмосепаруючого каналу та значення середньої швидкості повітряного потоку у системі розрахуємо витрати повітря, що будуть забезпечувати роботу аспірація. Розрахункові витрати повітря знайдемо скориставшись відомою залежністю:

$$W = 3600 \cdot B \cdot C \cdot V_{cp},$$

де W – розрахункові витрати повітря, що проходить через робочу зону аспірація, м³/год.

Підставивши цифрові значення, отримаємо:

$$W = 3600 \cdot 0,3 \cdot 0,12 \cdot 8 = 1036,8 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Отже, в результаті проведених вище розрахунків і обґрунтувань визначені окремі технологічні параметри повітряної системи аспірація АСХ-2,5, під час його роботи на етапі очищення пшениці від аеродинамічно легких домішок.

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

Визначення продуктивності і робочих параметрів вентилятора аспіратора

Для забезпечення ефективної роботи пневмосепаруючої системи аспіратора АСХ-2,5 необхідно точно підібрати параметри вентилятора, який створює необхідний повітряний потік. Розглянемо осьовий вентилятор із 24 лопатями висотою 5 см та довжиною 30 см, що забезпечує швидкість повітряного потоку 8 м/с при витраті 1036,8 м³/год.

Загальна функціональна схема вентилятора наведена на рис. 3.

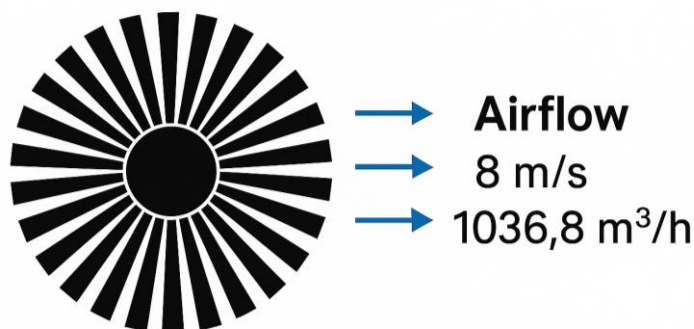


Рис. 3. Схема вентилятора аспіратора АСХ-2,5

Переведемо витрати повітря, що має забезпечувати вентилятор, отримаємо:

$$W = 1036,8 \text{ м}^3/\text{год} = \frac{1036,8}{3600} = 0,288 \text{ м}^3/\text{с}.$$

За умови, що вентилятор має круглу форму робочого колеса, його площа поперечного перерізу, через яку проходить повітря, визначається за формулою:

$$F = \frac{W}{V},$$

де W – витрати повітря через повітряну систему аспіратора, м³/с;

V – робоча швидкість повітряного потоку в пневмосистемі, м/с.

Після підстановки цифрових значень, отримаємо:

$$F = \frac{0,288}{8} = 0,036 \text{ м}^2.$$

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

Для подальшого розрахунку вентилятора розрахуємо його діаметр, який залежить від площі круга

$$F = \frac{\pi \cdot D_p^2}{4} \Rightarrow D_p = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,036}{3,14}} \approx 0,214 \text{ м.}$$

Таким чином, встановлено, що розрахунковий діаметр вентилятора складає 214 мм.

Проведемо перевірку геометричних параметрів лопаті вентилятора (рис. 4). Довжина лопаті складає $L = 0,3$ м а її висота (радіальна висота) $a = 0,05$ м.

Враховуючи наведені параметри, площа лопаті може бути розрахованою за залежністю:

$$S_{лп} = a \cdot L,$$

де a , L – відповідно висота та довжина кожної із лопатей джерела повітряного потоку (за рис. 3) та даними наведеними вище.

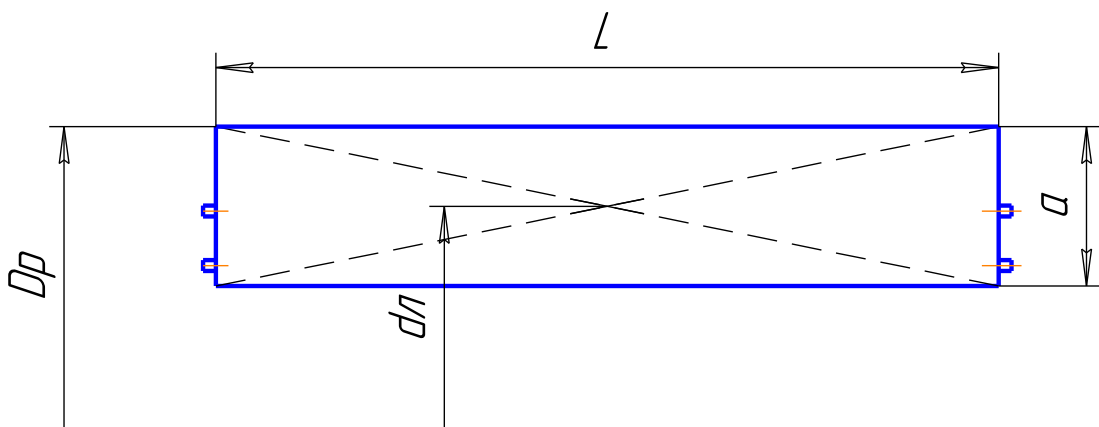


Рис. 4. Схема до визначення параметрів лопатей вентилятора аспілятора

Після підстановки цифрових значень отримаємо площу лопаті вентилятора:

$$S_{лп} = 0,05 \cdot 0,3 = 0,015 \text{ м}^2.$$

Якщо забезпечити, що лопаті на вентиляторі будуть розміщуватися радіально від центральної втулки, то повний діаметр вентилятора описується рівнянням:

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

$$D_p = 2(R_{\text{втулки}} + a),$$

де $R_{\text{втулки}}$ – радіус втулки вентилятора аспіратора, конструктивно приймаємо

$$R_{\text{втулки}} \approx 0,06 \text{ м.}$$

Підставивши цифрові значення в останню формулу отримаємо:

$$D_p = 2(0,06 + 0,05) = 0,22 \text{ м.}$$

Це значення достатньо повно узгоджується з попереднім розрахунком, згідно із яким $D_p \approx 214$ мм, що повністю підтверджує як коректність обраних параметрів так і вірність розрахунків.

Проведемо оцінку об'єму повітря, що проходить через кожну лопать за один оберт вентилятора, для цього скористаємося формулою:

$$V_{\text{лон}} = L \cdot a \cdot V = 0,3 \cdot 0,05 \cdot 8 = 0,12 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Враховуючи те, що одночасно працює 24 лопаті вентилятора, сукупна продуктивність системи може значно перевищувати миттєву пропускну здатність, тому потрібне узгодження швидкості обертання вентилятора з подачею.

Повна подача повітряного потоку вентилятором пов'язана із частотою обертання цього пристосування і продуктивністю лопатей наступним співвідношенням:

$$W = n \cdot V_{\text{лон}} \cdot k,$$

де n – фактична частота обертання вентилятора аспіратора АСХ-2,5, об/хв;

k – коефіцієнт ефективності роботи лопатей, що являється функцією їх взаємного перекриття, втрат повітря, матеріалу лопатей, особливості будови вентилятора та ін.

Із останньої формули можемо записати:

$$n = \frac{W}{V_{\text{лон}} \cdot k} = \frac{0,288}{0,12 \cdot 0,03} = 750 \text{ об/хв.}$$

З огляду на те, що для забезпечення подачі необхідної кількості повітря в систему пневмоканалів аспіратора слід враховувати втрати статичного тиску

									Арк.
									20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

в них. Необхідно зазначити, що ці втрати формуються як за рахунок тертя повітряного потоку об стінки каналів, так і внаслідок місцевих гідравлічних опорів всієї пневмосистеми. Враховуючи наявність вигину та додаткового розширення в нижній частині каналу (рис. 1, 2), доцільно передбачити підвищення частоти обертання вентилятора до 800 об/хв для компенсації зазначених втрат.

Далі розрахуємо необхідну потужність для приводу вентилятора, яка забезпечуватиме нагнітання стабільного повітряного потоку та подолання супутніх аеродинамічних опорів у системі. Для цього використаємо відому залежність:

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

Перша складова останнього рівняння $A \cdot \omega$ – це складова, що задає потужність, необхідну для того, щоб всі шкідливі опори системи були подолані. Тоді як друга складова $B \cdot \omega^3$ – та складова, що в своїй сукупності визначає потужність, яка потрібна для створення робочого потоку повітря.

Розрахуємо величину коефіцієнту A останнього рівняння, для чого використаємо відоме рівняння:

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

де R – величина сумарної реакції в опорах вентилятора, Н;

ψ – коефіцієнт тертя в опорах вентилятора;

ρ – дійсний радіус цапфи вентилятора, м.

Керуючись даними довідників [18], можемо прийняти, що для опор, які працюють на підшипниках кочення $\rho \cdot \psi = 0,00015$ м., а R – з достатньою для розрахунків точністю складає $R = 400$ Н.

Таким чином, підставивши дані отримаємо:

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

З іншої сторони, для визначення величини коефіцієнта B скористаємося наступною формулою:

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

$$B = \frac{\gamma_{II} \cdot F \cdot i \cdot \varepsilon^2 \cdot r_{л}^3}{2g} = \frac{1,2 \cdot 0,03 \cdot 25 \cdot 0,58^2 \cdot 0,087^3}{2 \cdot 9,81} = 0,2 \cdot 10^{-5}.$$

Враховуючи проведені розрахунки і обґрунтування можемо знайти загальну потужність, яка потрібна для приводу вентилятора аспіратора АСХ-2,5. Маємо:

$$N = 0,06 \cdot 157 + 0,2 \cdot 10^{-5} \cdot 157^3 = 350 \text{ Вт.}$$

Таким чином, в результаті розрахунків встановлені раціональні параметри і режими роботи вентилятора аспіратора АСХ-2,5 та визначені показники потужності, що потрібно затратити для його роботи.

Визначення параметрів шнеку легких домішок

На етапі визначення параметрів шнека-вивантажувача домішок аспіратора АСХ-2,5 слід припустити, що даний шнек має працювати в горизонтальному напрямку, а його робота буде аналогічною до роботи шнекового тихохідного транспортера. Для визначення продуктивності шнекового транспортера використаємо відому формулу:

$$Q_{шн} = 3600 \cdot F_0 \cdot V_n \cdot \gamma,$$

де F_0 – фактична площа перетину вантажу, який буде транспортуватися шнековим транспортером, м²;

$$F_0 = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot \psi \cdot C}{4};$$

D – дійсний діаметр шнекового транспортера, м;

ψ – коефіцієнт, який відображає повноту заповнення жолоба шнекового транспортера, $\psi \approx 0,2$;

C – коефіцієнт, що дозволяє врахувати фактичне зменшення площі перетину шару вантажу під час його транспортування шнеком в результаті нахилу шнекового транспортера до горизонті. За умови, коли шнек працює горизонтально, можна прийняти $C = 1$.

					МАОП 00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підставивши наведені значення, розрахуємо фактичну площу поперечного перетину вантажу, що складає:

$$F_0 = \frac{3,14 \cdot 0,14^2 \cdot 0,2 \cdot 1}{4} = 0,003 \text{ м}^2;$$

V_n – величина швидкості з якою вантаж переміщується шнеком, м/с.

$$V_n = \frac{S \cdot n}{60},$$

S – величина кроку шнекового транспортера, м;

n – фактична частота обертання шнекового транспортера, об/хв;

γ – об'ємна вага легких домішок, транспортування яких забезпечує шнековий транспортер, для аеродинамічних домішок $\gamma = 0,4 \text{ т/м}^3$.

Щоб розрахувати крок тихохідного шнекового транспортера за умови його роботи у горизонтальній площині скористаємося залежністю:

$$S = (0,5 \dots 2) \cdot D = 1,5 \cdot 0,14 = 0,21 \text{ м.}$$

Враховуючи це, швидкість позовжнього переміщення вантажу шнеком становить:

$$V_n = \frac{0,21 \cdot 150}{60} = 0,52 \text{ м/с.}$$

Враховуючи знайдені параметри підставимо їх у формулу для визначення продуктивності шнекового транспортера і отримаємо:

$$Q_{\text{штн}} = 3600 \cdot 0,003 \cdot 0,52 \cdot 0,4 = 2,25 \text{ т/год.}$$

Запропонована продуктивність шнекового транспортера домішок аспірація АСХ-2,5 забезпечує повне вивантаження всіх домішок за умови ефективного очищення зернових із вмістом домішок до 60 %, що є прийнятним показником для здійснення технологічного процесу повітряної сепарації всіх зернових та насінневих культур.

Для подальших розрахунків визначимо величину потужності, необхідної для переміщення матеріалу в низькооборотному шнековому транспортері, скориставшись відповідною розрахунковою формулою:

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

$$N_1 = \frac{V_o \cdot G (\sin \beta + \mu_2 \cos \beta) \operatorname{tg} (\alpha_0 + \varphi_2)}{102},$$

де V_o – дійсна швидкість шнека в точці, яка проходить крізь центр тиску вантажу на шнек, м/с;

G – вага легких домішок, що перебувають в жолобі шнека-транспортера, кг;

β – нахил із яким шнек-транспортер працює до лінії горизонту, град;

μ_2 – коефіцієнт тертя з яким легкі домішки труться об внутрішню поверхню жолоба шнекового транспортера;

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{S}{\pi \cdot D_0}; \operatorname{tg} \varphi_2 = \mu_1, \text{ де } \mu_1 \text{ – коефіцієнт тертя із яким домішки труться по}$$

гвинтовій поверхні шнека легких домішок.

Крім того, колову швидкість шнека-транспортера розрахуємо за відомою формулою:

$$V_o = \frac{\pi \cdot D_0 \cdot n}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,098 \cdot 150}{60} = 0,77 \text{ м/с,}$$

де D_0 – величина діаметру того кола, що проходить крізь центр тиску вантажу на гвинт шнекового транспортера, м

$$D_0 = (0,7 \dots 0,8) D.$$

Відповідно вага вантажу, яка одночасно знаходиться у жолобі шнека може бути визначена із формули:

$$G = q_b \cdot L = \frac{Q \cdot L}{3,6 \cdot V_n} = \frac{2,25 \cdot 0,6}{3,6 \cdot 0,52} = 0,72 \text{ кг,}$$

де q_b – величина погонної ваги домішок, що відповідно у даному випадку і є вантажем, що транспортується, кг;

$$q_b = \frac{Q}{3,6 \cdot V_n}.$$

L – відстань, на яку транспортується вантаж шнеком-відвантажувачем, м.

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

Враховуючи проведені розрахунки знайдемо потужність, яка витрачається на рух матеріалу:

$$N_1 = \frac{0,77 \cdot 0,72(0 + 0,4 \cdot 1) \cdot (0,677 + 2,16)}{102} = 0,6 \text{ кВт.}$$

Отже, для пошуку потужності на валу шнекового транспортера використаємо відому формулу:

$$N_0 = N_1 \cdot \frac{K_0}{\eta_n},$$

де K_0 – коефіцієнт, що враховує сукупність факторів, що відповідають за переміщення шнеком домішок, подрібнення вантажу при транспортуванні, так для аеродинамічно легких домішок, $K_0 = 1,3$;

η_n – коефіцієнт корисної дії підшипників, на яких обертається шнек транспортера.

Підставивши дані, маємо:

$$N_0 = 0,6 \cdot \frac{1,3}{0,99 \cdot 2} = 0,4 \text{ кВт.}$$

Отже, за результатами проведених розрахунків обґрунтовані параметри шнека вивантажувача легких домішок.

*Кінематичний розрахунок механізму приводу аспіратора АСХ-2,5
(Клинопасового вентилятора)*

Згідно з проведеними технологічними розрахунками, встановлено, що вентилятор має обертатися з частотою $n = 800$ об/хв. Для забезпечення такого режиму його роботи необхідна потужність $N = 0,35$ кВт на валу вентилятора. При цьому частота обертання вала електродвигуна аспіратора становить $n = 1420$ об/хв. Кінематична схема механізму приводу представлена на рис. 5.

Розрахуємо загальне передаточне відношення, що має забезпечувати механізм приводу джерела повітряного потоку (вентилятора) скориставшись формулою:

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

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1420}{800} = 1,77.$$

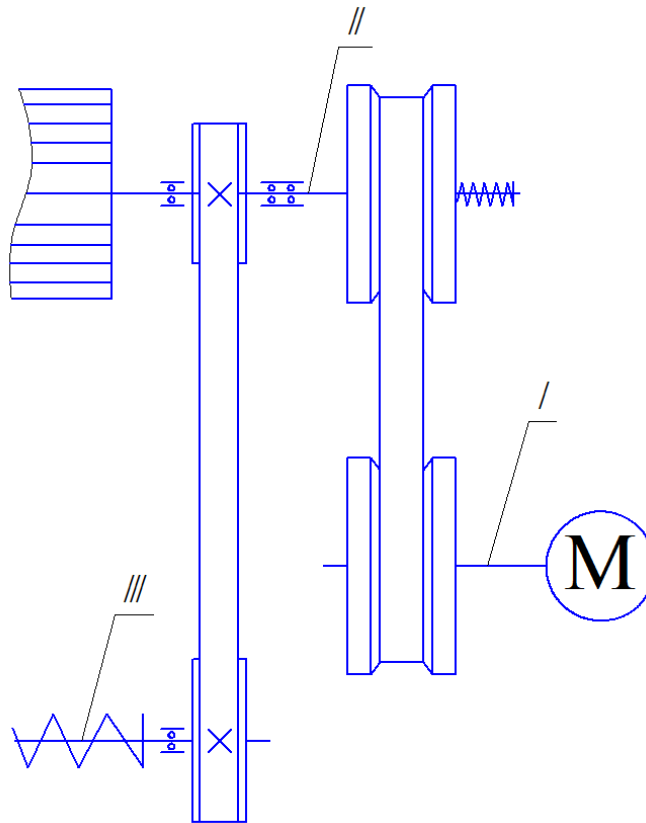


Рис. 5. Кінематична схема механізму приводу аспірація АСХ-2,5

Проведемо розрахунок загального передаточного відношення приводу вентилятора, отримаємо:

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{1420}{800} = 1,77.$$

Для забезпечення всього діапазону швидкостей повітряного потоку аспірація визначимо діапазон, який має забезпечуватися варіатором за формулою:

$$i_o = \frac{n_{2\max}}{n_{2\min}} = \frac{1000}{600} = 1,67.$$

У цьому випадку для ефективної роботи механізму приводу аспірація обирається варіант варіатора, що містить один шків зі змінним діаметром та ведучий шків із фіксованим діаметром. Регулювання натягу клинопасової передачі здійснюється шляхом зміни міжосьової відстані за допомогою

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

вертикального переміщення кронштейна, на якому встановлено електродвигун.

Принципова схема клинопасового варіатора із характерними його розмірами представлено на рис. 6.

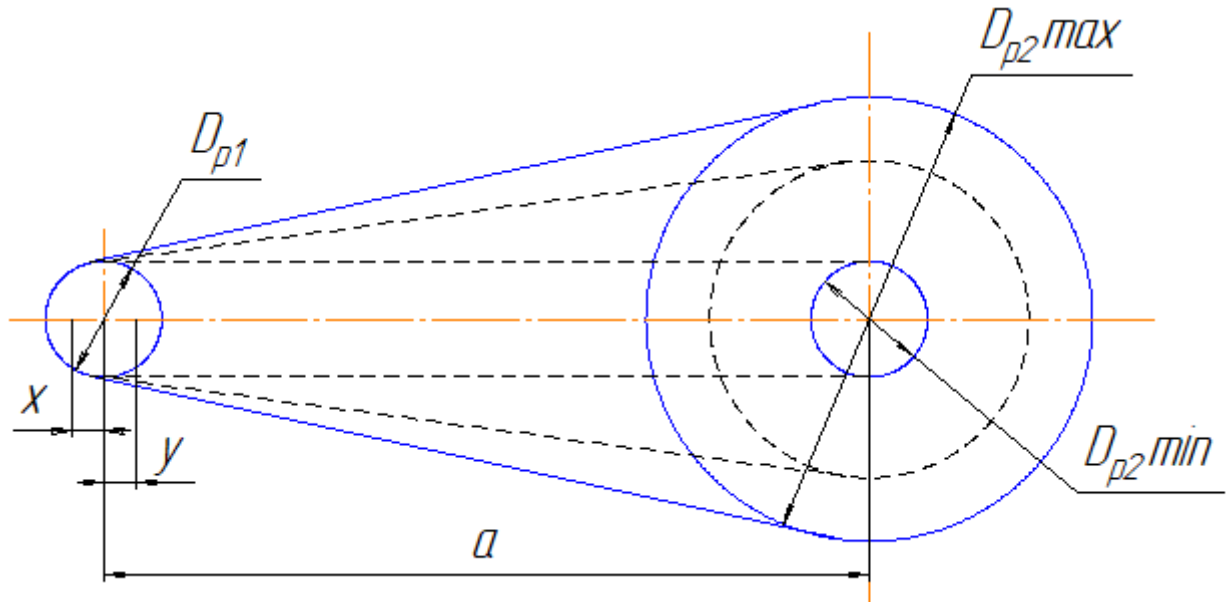


Рис. 6. Розрахункова схема варіатора приводного механізму аспіратора

Щоб варіатор ефективно працював в ускладнених умовах роботи (підвищена запиленість, вологість, екстремальні температурні режими та ін.) обираємо клиновий варіаторний пас сільськогосподарського призначення типу СВ–38–1500Ш, який характеризується наступними параметрами (рис. 7):

$$b=38 \text{ мм};$$

$$b_1=27,6 \text{ мм};$$

$$h=17 \text{ мм};$$

$$B_p=32 \text{ мм};$$

$$F=5,95 \text{ см}^2.$$

Далі маємо врахувати відому залежність, що має вигляд:

$$i = \frac{n_1}{n_2} \approx \frac{D_2}{D_1},$$

де n_1 , n_2 – відповідно частоти обертання ведучого та відомого шківів механізму приводу;

D_1 , D_2 – відповідно діаметр ведучого та веденого шківів механізму приводу аспіратора.

									Арк.
									27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МАОП 00.000 ПЗ				

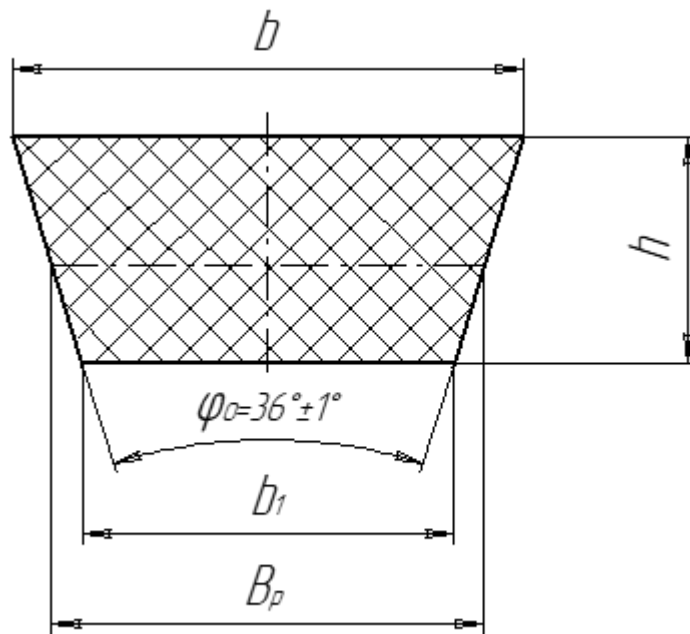


Рис. 7. Основні характеристики варіаторного пасу механізму приводу аспіратора

Визначимо діапазон передаточних відношень, які має забезпечувати варіатор механізму приводу (рис. 5). Для цього скористаємося залежностями:

$$i_{\max} = \frac{n_1}{n_{2\max}} = \frac{1420}{900} = 1,6;$$

$$i_{\min} = \frac{n_1}{n_{2\min}} = \frac{1420}{600} = 2,4$$

Оберемо мінімальний діаметр ведучого шківа, враховуючи особливості роботи і жорсткість пасу $D_{p1} = 160$ мм.

Далі керуючись співвідношеннями між частотами обертання, діаметрами шківів і передаточним відношенням можемо розрахувати мінімальний і максимальний діаметр веденого шківа, маємо:

$$D_{p2\min} = D_{p1} \cdot i_{\min} = 160 \cdot 1,6 = 256 \text{ мм};$$

$$D_{p2\max} = D_{p1} \cdot i_{\max} = 160 \cdot 2,4 = 384 \text{ мм}.$$

Визначимо розрахункову довжину пасу, що працюватиме в даному клинопасовому варіаторі, отримаємо:

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

$$L_p = 2a + 1,57(D_{p1} + D_{p2\max}) + \frac{(D_{p2\max} - D_{p1})^2}{4a} =$$

$$= 2 \cdot 0,5 + 1,57(0,16 + 0,384) + \frac{(0,384 - 0,16)^2}{4 \cdot 0,5} = 1,87 \text{ м.}$$

Для роботи механізму передач слід взяти пас, що має розрахункову довжину $L_p = 2$ м.

Далі можемо визначити величину дійсної міжосьової відстані, для чого використаємо відому формули:

$$a = p + \sqrt{p^2 - q},$$

$$p = 0,25 \cdot L_p - 0,393(D_1 + D_2) = 0,25 \cdot 2 - 0,393(0,16 + 0,384) = 0,286.$$

$$q = 0,125(D_1 - D_2)^2 = 0,125(0,16 - 0,384)^2 = 0,006.$$

Із врахуванням наведених вище розрахунків отримаємо міжосьову відстань передачі:

$$a = 0,286 + \sqrt{0,286^2 - 0,006} = 0,561 \text{ м.}$$

Зрештою, можемо визначити колову швидкість, що має забезпечувати пас передачі при роботі на мінімальному та максимальному передаточному відношенні, що забезпечується спроектованим механізмом приводу. Для цього використаємо формулу:

$$V_k = \frac{\pi \cdot D_{p1} \cdot n_1}{60} = \frac{\pi \cdot D_{p2} \cdot n_2}{60}.$$

$$V_{k\max} = \frac{3,14 \cdot 0,384 \cdot 900}{60} = 18 \text{ м/с.}$$

$$V_{k\min} = \frac{3,14 \cdot 0,384 \cdot 600}{60} = 12 \text{ м/с.}$$

Таким чином, проведені розрахунки дозволили визначити основні конструктивні та технологічні параметри механізму приводу аспіратора АСХ-2,5 у вигляді клинопасового варіатора із механічним регулюванням частоти обертання.

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

Розрахунок пасової передачі механізму привода шнека легких домішок

Вихідними даними для розрахунку приводу шнека легких домішок є потужність на валу шнека (рис. 5) складає $N_2 = 0,8$ кВт. за умови, що частота обертання валу джерела повітряного потоку $n_{II} = 900$ об/хв. Розрахункова схема клинопасової передачі механізму привода шнека домішок зображена на рис. 8.

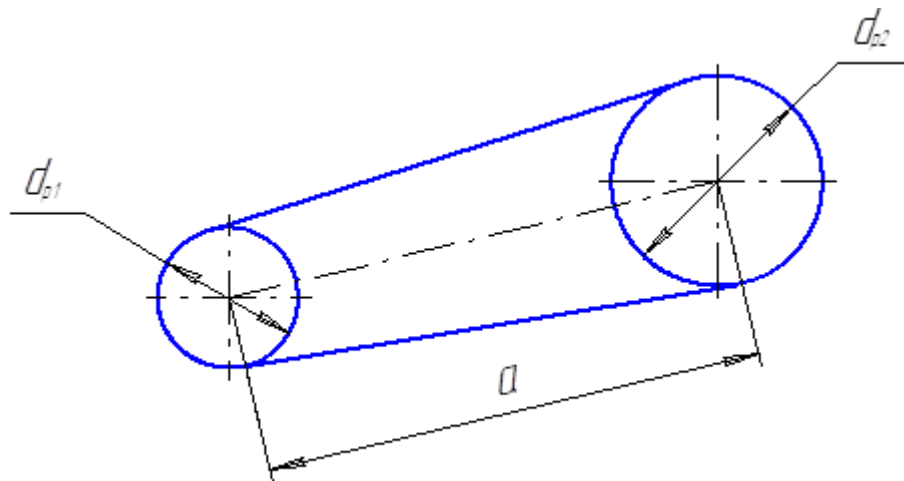


Рис. 8. Схема до розрахунку механізму приводу шнекового транспортера домішок

Знайдемо передаточне відношення, що має забезпечувати пасова передача механізму приводу. Це передаточне відношення визначається виходячи із частоти обертань відповідних валів, маємо:

$$i_{23} = \frac{n_2}{n_3} = \frac{900}{150} = 6.$$

Розрахуємо значення крутних моментів на валу шнека T_3 та вентилятора T_2 , використовуючи для цього стандартні формули, маємо:

$$T_2 = 9550 \cdot \frac{N_{II}}{n_{II}} = 9550 \cdot \frac{0,8}{900} = 8,5 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$T_3 = \frac{N_{III}}{\omega_P} = \frac{0,77 \cdot 10^3}{15,7} = 49 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

									Арк.
									30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Проведемо уточнення дійсного передаточного відношення враховуючи обрані діаметри шківів та коефіцієнт ковзання пасу, отримаємо:

$$i_{\phi} = \frac{d_{p2}}{d_{p1}(1-\varepsilon)} = \frac{355}{90(1-0,02)} = 4,02.$$

Розрахуємо величину швидкості пасу під час роботи механізму приводу. Отримаємо:

$$V = \frac{\pi \cdot d_{p1} \cdot n}{60 \cdot 1000} = \frac{3,14 \cdot 90 \cdot 900}{60 \cdot 1000} = 4,24 \text{ м/с.}$$

Враховуючи знайдені параметри розрахуємо частоту обертання шнека легких домішок, отримаємо:

$$n_p = \frac{d_{p1} \cdot n_1(1-\varepsilon)}{d_{p2}} = \frac{90 \cdot 900 \cdot (1-0,02)}{355} = 223 \text{ об/хв.}$$

Відомо, що величина міжосьової відстані пасової передачі задається дійсними габаритами сепаратора. Виходячи із складальних креслень аспіратора АСХ-2,5 та дійсні розміри агрегату можемо обрати міжосьову відстань $a = 1350$ мм.

Далі можемо знайти розрахункове значення довжини пасу механізму передач шнека, маємо:

$$L = 2 \cdot a + \frac{\pi}{2} \cdot (d_{p1} + d_{p2}) + \frac{(d_{p2} - d_{p1})^2}{4a} = 2 \cdot 1350 + \frac{3,14}{2} \cdot (90 + 355) + \frac{(355 - 90)^2}{4 \cdot 1350} = 3412 \text{ мм.}$$

Уточнимо довжину пасу [16] за стандартними розмірами пасів, приймемо $L_{cm} = 3350$ мм.

Керуючись стандартною довжиною пасу проведемо уточнення фактичної міжосьової відстані механізму передач:

$$a = \frac{1}{8} \left[2L_{cm} - \pi(d_{p1} + d_{p2}) + \sqrt{[2L_{cm} - \pi(d_{p1} + d_{p2})]^2 - 8(d_{p2} - d_{p1})^2} \right] = \frac{1}{8} \times$$

$$\times \left[2 \cdot 3350 - 3,14(90 + 355) + \sqrt{[2 \cdot 3350 - 3,14(90 + 355)]^2 - 8(355 - 90)^2} \right] = 1319 \text{ мм.}$$

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

Визначимо величину мінімальної міжосьової відстані, виходячи із умов зручного зняття і монтажу пасу передачі, маємо:

$$a_{\min} = a - 0,01 \cdot L = 1319 - 0,01 \cdot 3550 = 1283,5 \text{ мм.}$$

Крім того, максимальна міжосьова відстань, яка має забезпечувати достатній натяг пасу складає:

$$a_{\max} = a + 0,025 \cdot L = 1319 + 0,025 \cdot 3550 = 1407,75 \text{ мм.}$$

Враховуючи знайдені параметри механізму передач, кут обхвату меншого шківa передачі пасом дорівнює:

$$\alpha_1 = 180^\circ - 60^\circ \cdot \frac{d_{p2} - d_{p1}}{a} = 180^\circ - 60^\circ \cdot \frac{355 - 90}{1319} = 168^\circ.$$

Знайдемо вихідну довжину клинового пасу передачі, що складає $L_0 = 4000$ мм. Визначимо відносну довжину пасу передачі, скориставшись співвідношенням:

$$\frac{L}{L_0} = \frac{3550}{4000} = 0,88.$$

Оберемо за [16] коефіцієнт довжини пасу, що становить $C_U = 0,95$.

Вихідна потужність механізму приводу при $d_{p1} = 90$ мм та швидкості пасу $V = 4,24$ м/с використовуючи [15] становить $N_0 = 0,56$ кВт.

Прийmemo і коефіцієнт обхвату пасом за [15] цей коефіцієнт є рівним $C_\alpha = 0,95$.

Прийmemo, керуючись [16] поправку до крутного моменту, що становить $\Delta T_i = 1,1$ Н·м.

Враховуючи наведені дані та керуючись стандартною залежністю [15], розрахуємо поправку до потужності, маємо:

$$\Delta N = 0,0001 \cdot \Delta T_i \cdot n_i = 0,0001 \cdot 1,1 \cdot 900 = 0,01 \text{ кВт.}$$

Згідно із [14] прийmemo і коефіцієнт режиму роботи передачі, а саме – $C_p = 1,0$.

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

підходом [15] прийнемо для його виготовлення чотири спиці еліптичного перерізу.

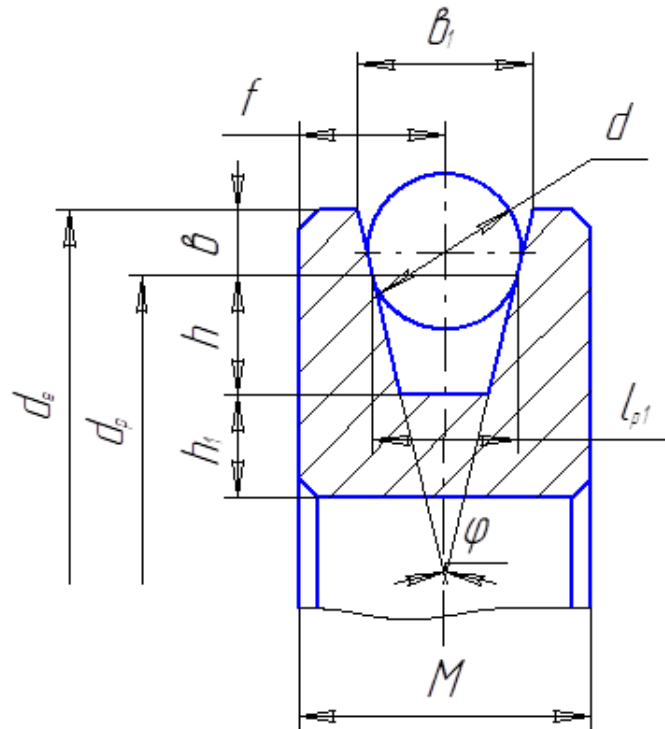


Рис. 10. Схема ободу шківів механізму передач шнека:

$$b_1=11 \text{ мм};$$

$$b=3,3 \text{ мм};$$

$$h=8,7 \text{ мм};$$

$$r=1,0 \text{ мм};$$

$$f=10_{-1}^{+2}$$

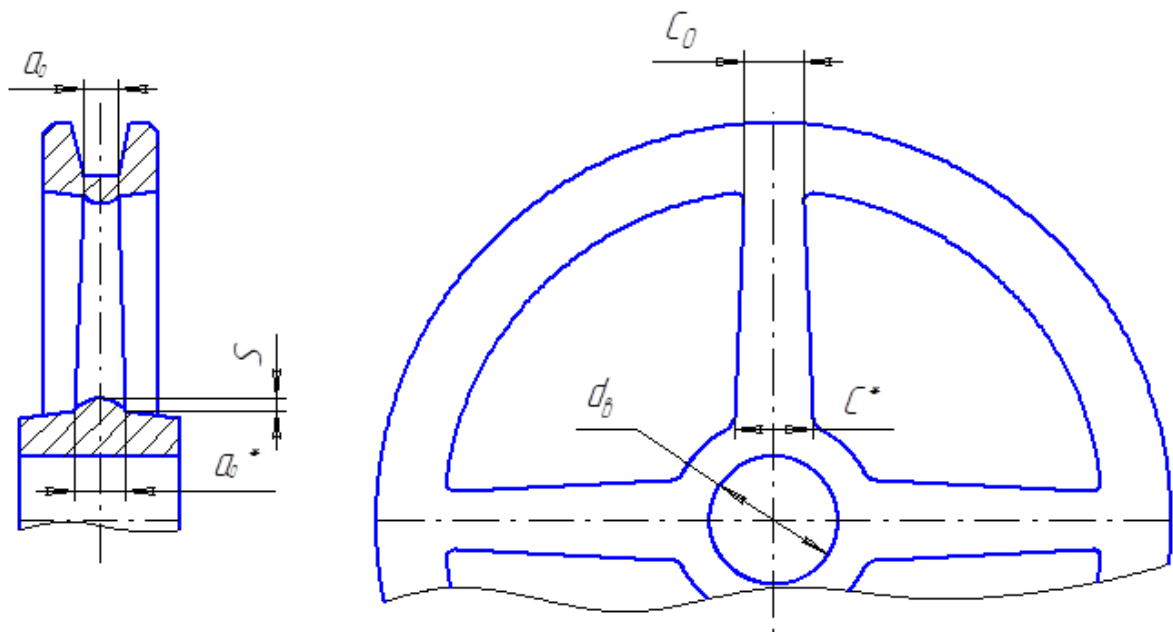


Рис. 11. Характерні розміри веденого шківів механізму передач

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МАОП 00.000 ПЗ

Арк.

35

Розрахуємо більшу вісь перерізу спиці шківів виходячи із його умовного діаметру. Ця умовна висота в символічному вигляді має вигляд:

$$C = \sqrt[3]{\frac{T_2}{0,4m}} = \sqrt[3]{\frac{49 \cdot 10^3}{0,4 \cdot 4}} = 31,3 \text{ мм.}$$

Далі, визначимо меншу вісь еліпса спиці шківів механізму передач за формулою:

$$a = 0,4 \cdot c = 0,4 \cdot 31,3 = 12,52 \text{ мм.}$$

Враховуючи проведені розрахунки, фактичні розміри спиць шківів по його зовнішньому діаметру складають:

$$C_0 = 0,8 \cdot C = 0,8 \cdot 31,3 = 25,04 \text{ мм.}$$

$$a_0 = 0,8 \cdot a = 0,8 \cdot 12,52 = 10 \text{ мм.}$$

Розрахуємо висоту ребра шківів (рис. 11):

$$S = h + 0,02M = 8,7 + 0,02 \cdot 20 = 9 \text{ мм.}$$

Керуючись моментом на валу та маючи допустиме напруження можемо знайти діаметр отвору на шківів під вал, отримаємо:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T_2}{\pi [\tau]}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 49 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 20}} = 23 \text{ мм.}$$

Керуючись стандартним ланцюгом [16] прийmemo діаметр отвору $d = 25$ мм.

У попередній формулі $[\tau]$ – величина допустимого напруження на валу на його скручування, прийmemo $[\tau] = 20$ МПа.

Розрахуємо довжину ступиці шківів механізму передач, отримаємо:

$$L_{cm} = 1,5 \cdot d_B = 1,5 \cdot 25 = 37,5 \text{ мм.}$$

Прийmemo зі стандартного ряду $L_{cm} = 38$ мм.

На завершення, визначимо діаметр ступиці шківів, маємо:

$$d_{cm} = (1,5 \dots 2) d_B = 1,8 \cdot 25 = 45 \text{ мм}$$

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

Таким чином під час проведених розрахунків визначені основні параметри і режими роботи механізму приводу шнека легких домішок аспіратора.

Повний розрахунок аеродинамічного опору повітряної системи аспіратора

Загальний аеродинамічний опір пневмосистеми аспіратора АСХ-2,5 складається з втрат тиску в окремих елементах:

$$\Delta P_{\text{заг}} = \Delta P_{\text{вх}} + \Delta P_{\text{кан}} + \Delta P_{\text{пов}} + \Delta P_{\text{цик}} + \Delta P_{\text{вих}},$$

де $\Delta P_{\text{вх}}$ – втрати на вході в пневмосистему аспіратора;

$\Delta P_{\text{кан}}$ – втрати в пневмосепаруючому каналі;

$\Delta P_{\text{пов}}$ – втрати в поворотах;

$\Delta P_{\text{цик}}$ – втрати в циклоні;

$\Delta P_{\text{вих}}$ – втрати на виході з системи.

Щоб розрахувати втрати тиску в прямолінійних ділянках пневмосистеми скористаємося залежністю:

$$\Delta P = \lambda \cdot \left(\frac{l}{d_r} \right) \cdot \left(\rho_n \cdot \frac{V^2}{2} \right),$$

де λ – коефіцієнт гідравлічного тертя;

l – довжина ділянки, м;

d_r – гідравлічний діаметр, м.

Гідравлічний діаметр прямокутного каналу пневмосистеми аспіратора складає:

$$d_r = \frac{4 \cdot F}{\Pi} = \frac{4 \cdot 0,042}{2 \cdot (0,3 + 0,14)} = 0,191 \text{ м.}$$

За умови, що число Рейнольдса складає $R_e > 10^4$ коефіцієнт $\lambda = 0,02$.

Довжина пневмосепаруючого каналу $l = 1,2$ м.

Враховуючи наведені дані втрати в пневмосепаруючому каналі складають:

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

$$\Delta P_{кан} = 0,02 \cdot \left(\frac{1,2}{0,191} \right) \cdot \left(1,205 \cdot \frac{10,24^2}{2} \right) = 7,9 \text{ Па.}$$

Місцеві втрати тиску:

$$\Delta P_m = \zeta \cdot \left(\rho_n \cdot \frac{V^2}{2} \right),$$

де ζ – коефіцієнт місцевого опору.

Для системи аспілятора з урахуванням всіх місцевих опорів:

- вхідний патрубок – $\zeta_1 = 0,5$;
- поворот на 90° – $\zeta_2 = 1,2$;
- розширення – $\zeta_3 = 0,3$;
- циклон – $\zeta_4 = 8,0$;
- вихідний патрубок – $\zeta_5 = 1,0$.

Після підстановки значень маємо:

$$\sum \Delta P_m = (0,5 + 1,2 + 0,3 + 8,0 + 1,0) \cdot \left(1,205 \cdot \frac{10,24^2}{2} \right) = 699 \text{ Па.}$$

Враховуючи це, загальні втрати тиску в пневмосистемі складають:

$$\Delta P_{заг} = 7,9 + 699 = 707 \text{ Па.}$$

Отже, в результаті проведених розрахунків встановлені повні втрати тиску в пневмосистемі аспілятора АСХ-2,5.

Модернізація системи подачі зерна

Існуюча система подачі зерна в пневмосепаруючий канал аспілятора АСХ-2,5 характеризується нерівномірним розподілом матеріалу по ширині каналу, що знижує ефективність сепарації. Зерно надходить у канал через прямокутний отвір шириною 300 мм, що призводить до утворення «мертвих зон» біля стінок каналу.

Для забезпечення рівномірного розподілу зерна по живильнику пропонується застосувати розподільник з регульованими заслінками. Конструкція розподільника включає:

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

1. Приймальний бункер з конічним днищем.
2. Розподільну камеру з перегородками.
3. Систему регульованих заслінок.
4. Вібратор для запобігання зависанню зерна.

Продуктивність завантаження аспіратора за зерном складає:

$$Q_3 = 2,5 \text{ т/Г} = 0,694 \text{ кг/с.}$$

Швидкість руху зерна в розподільнику:

$$V_3 = 0,5 \text{ м/с.}$$

Необхідна площа перерізу розподільника дорівнює:

$$F_3 = \frac{Q_3}{(\rho_3 \cdot V_3)} = \frac{0,694}{(800 \cdot 0,5)} = 1,74 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2,$$

де ρ_3 – насипна щільність зерна, для розрахунку механізму завантаження приймемо $\rho_3 = 800 \text{ кг/м}^3$.

Розподільник зерна в аспіраторі виконується у вигляді прямокутної щілини розміром:

$$b \times h = 600 \times 6 \text{ мм.}$$

Фактична площа перерізу живильника:

$$F_\phi = 0,3 \cdot 0,006 = 1,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт завантаження розподільника становить:

$$k_3 = \frac{F_3}{F_\phi} = \frac{1,74}{1,8} = 0,97.$$

Для запобігання зависанню зерна в розподільнику аспіратора рекомендуємо встановлювати електромагнітний вібратор. Необхідна амплітуда коливань:

$$A = 0,5 \div 1,0 \text{ мм.}$$

Частота коливань живильника аспіратора складає:

$$f = 50 \text{ Гц.}$$

Віброприскорення можна розрахувати за формулою:

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

$$a = (2 \cdot \pi \cdot f)^2 \cdot A = (2 \cdot 3,14 \cdot 50)^2 \cdot 0,001 = 987 \text{ м/с}^2.$$

Сила, що діє на вібратор живильного механізму аспіратора дорівнює:

$$F = m \cdot a = 5 \cdot 987 = 4935 \text{ Н},$$

де m – маса вібруючих частин розподільника.

Отже, за результатами проведених обґрунтувань і розрахунків запропоновано вдосконалення живильника зернового матеріалу аспіратора АСХ-2,5.

Короткий висновок за розділом

На основі проведеного аналізу, результатів випробувань зерноочисних агрегатів, а також із урахуванням сучасних наукових досягнень і технічних інновацій, у конструкцію базової моделі аспіратора були внесені певні зміни, зокрема:

- здійснено обґрунтування та зменшено глибину пневмосепаруючого каналу до 120 мм, оскільки у стандартній конструкції цей параметр не мав достатнього технічного обґрунтування. Це дозволило знизити споживання енергії аспіратором;
- вдосконалено конструкцію вентилятора шляхом зменшення кількості лопатей до 24, що спростило процес виготовлення джерела повітряного потоку та сприяло покращенню структури повітряного потоку;
- модернізовано привід робочих органів шляхом впровадження клинопасового варіатора, який забезпечує безступеневе регулювання частоти обертання вентилятора в межах від 600 до 900 об/хв.;
- змінено конструкцію живильника шляхом встановлення розподільника з регульованими заслінками, що дозволить більш рівномірно вводити зерновий матеріал в активну зону пневмосепаруючого каналу.

Запропоновані технічні зміни спрямовані на підвищення енергоефективності та зменшення металоємності машини, оптимізацію взаємодії вентилятора із замкненою пневмосистемою, а також на зменшення часу, необхідного для технічного обслуговування. Завдяки використанню

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

- швидкість руху повітря: до 0,3 м/с.

З метою уникнення локального підвищення запиленості, повітря після очищення з осадового пристрою має повертатися в приміщення лише після проходження через додаткові фільтраційні елементи, ступінь очищення яких не менше 95 %.

3. Шум та вібрація

Одним з напрямів модернізації аспіратора є заміна пасового приводу вентилятора на клинопасовий варіатор, що дозволяє регулювати частоту обертання ротора. Водночас при зміні частоти обертання змінюється і рівень шуму. Відповідно до ДСН 3.3.6.037-99, гранично допустимий рівень шуму на робочих місцях не повинен перевищувати 80 дБА.

Щоб забезпечити відповідність цим вимогам, необхідно:

- використовувати варіатор з демпфувальними елементами;
- встановити кожухи на обертових частинах;
- застосовувати віброгасильні основи;
- розміщувати аспіратор у звукоізолюваному відсіку або в окремому приміщенні.

4. Електробезпека

Аспіратор АСХ-2,5 приводиться в дію від електродвигуна, тому важливе значення має дотримання вимог електробезпеки. Категорія електрообладнання – до 1 кВт, напруга – до 380 В.

За класифікацією ПУЕ, виробниче приміщення вважається приміщенням з підвищеною небезпекою, тому передбачається:

- обов'язкове заземлення корпусів електрообладнання;
- використання автоматичних вимикачів із захистом від короткого замикання та перевантажень;
- монтаж електропроводки в металорукавах або коробах;
- проведення періодичних замірів опору ізоляції (не рідше 1 разу на рік).

					МАОП 00.000 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Захист від пилу

Пиловий фактор є одним із найважливіших для аспіраційного обладнання. Запиленість робочої зони не повинна перевищувати гранично допустимі концентрації (ГДК), встановлені ГОСТ 12.1.005-88.

Для захисту працівників необхідно:

- забезпечити герметичність з'єднань повітропроводів;
- застосовувати фільтруючі патрони або циклони на виході з осадового пристрою;
- оснастити аспіратор оглядовим люком з ущільненням;
- персонал забезпечити засобами індивідуального захисту органів дихання (респіратори типу FFP2 або вище).

6. Пожежна безпека

Оскільки в зоні роботи аспіратора можуть накопичуватись пил і дрібні органічні частки, підвищується ризик займання. Пожежонебезпечність класифікується як категорія Г, згідно з ДБН В.1.1-7-2016.

Необхідні заходи:

- установка вогнегасників (вуглекислотних або порошкових) типу ВС;
- використання негорючих матеріалів в конструкції корпусу;
- регулярне очищення поверхонь і повітропроводів від пилу;
- заборона куріння та відкритого вогню в зоні експлуатації.

7. Інструктаж і навчання персоналу

Всі працівники, які обслуговують аспіратор, повинні пройти:

- вступний інструктаж з охорони праці;
- первинний інструктаж на робочому місці;
- повторний (раз на півроку) та позаплановий інструктаж у разі модернізації обладнання.

Навчання персоналу роботі з модернізованим варіатором повинно включати демонстрацію зміни частоти обертання вентилятора з урахуванням технічних і безпекових меж.

					МАОП 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

6. ВИСНОВОК

У процесі виконання кваліфікаційної роботи було здійснено всебічне дослідження процесу очищення зернових культур за допомогою повітряного потоку. На основі аналізу запропоновано вдосконалення існуючої технології очищення шляхом застосування модернізованого пневмосепаратора типу АСХ-2,5.

У результаті технічного вдосконалення конструкції повітряного сепаратора АСХ-2,5 було внесено зміни в робочу схему повітряної системи. Зокрема, обґрунтовано оптимальні параметри пневмосепаруючого каналу та джерела повітряного потоку, що сприяло зниженню як енергоємності, так і металоємності агрегату. Окрему увагу приділено розробці нового механізму приводу робочих органів з безступеневим регулюванням частоти їх обертання.

Проведено інженерний аналіз та оптимізовано глибину пневмосепаруючого каналу до 120 мм, що дозволило зменшити енергоспоживання машини. Також удосконалено конструкцію живильника шляхом впровадження регульованих заслінок, які забезпечують рівномірне надходження зернової маси в активну зону сепарації.

Передбачені конструктивні зміни спрямовані на підвищення енергоефективності агрегату, зменшення витрат матеріалів на його виготовлення, поліпшення взаємодії вентилятора із замкненою пневмосистемою, а також на скорочення часу, необхідного для технічного обслуговування. Застосування варіатора дає можливість оперативно змінювати режим подачі повітряного потоку без необхідності демонтажу окремих вузлів машини.

У процесі технологічних розрахунків були визначені основні параметри роботи замкненої повітряної системи, характеристик приводу вентилятора, відвантажувального шнека, а також виконано обґрунтування конструктивних особливостей діаметрального вентилятора та живильного

					МАОП 00.000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

пристрою. Додатково оцінено сумарний аеродинамічний опір пневмосистеми сепаратора.

У розділі з охорони праці розглянуто потенційні небезпечні та шкідливі чинники, що можуть виникати під час експлуатації машини, а також наведено комплекс заходів, спрямованих на їх усунення чи мінімізацію.

					МАОП 00.000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Методичні рекомендації до оформлення кваліфікаційної роботи здобувачів першого (бакалаврського) освітнього рівня за освітньо-професійною програмою 133 «Галузеве машинобудування» / Д.І. Петренко, О.М. Васильковський, С.М. Лещенко, Ю.В. Мачок, Д.Ю. Артеменко, О.В. Нестеренко, С.М. Мороз. М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. с.-г. машинобуд. – Кропивницький : ЦНТУ, 2025. – 58 с.
2. Марченко В.В. Механізація технологічних процесів у рослинництві: Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2007. – 334 с.
3. Бондаренко М.Г. Комплектування і використання машинно-тракторного парку в рослинництві / Бондаренко М.Г., Демещук В.А. – К.: Вища школа, 1995. – 237 с.
4. Довідник з машиновикористання в землеробстві / За ред. В.І. Пастухова – Харків: Веста, 2001. – 347 с.
5. Практикум із машиновикористання в рослинництві: Навч. посібник / За ред. І.І. Мельника. – К.: Кондор, 2009. – 284 с.
6. Механізація технологічних процесів в землеробстві: Навчально-методичний комплекс: навч. посіб. / С.М. Грушецький, І.М. Бендера, Т.Д. Іщенко та ін.. – Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О.В., 2011. – 352 с.
7. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві: Підручник / С.М. Каленська, Л.М. Єрмакова, В.Д. Паламарчук та ін.. – Вінниця: ФОП Рогальська І.О., 2015. – 448 с.
8. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: Підруч. у 2 т: Т. 2 / А.В. Рудь, І.М. Бендера, Д.Г. Войтюк та ін.; за ред. А.В. Рудя. – К. Агроосвіта, 2012. – 434 с.

					МАОП 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

18. Проектування сільськогосподарських машин : навч. посіб. / [Бендера І. М. та ін.]; за ред. І. М. Бендери, А. В. Рудя, Я. В. Козія. – Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О. В., 2011. – 640 с.
19. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник для студентів вищих навчальних закладів. За редакцією М.П. Гандзюка. – К.: Каравела, 2003.– 408 с.
20. Пістун І.П., Хом'як Й.В., Хом'як В.В. Охорона праці в галузі сільського господарства: Навчальний посібник. – Суми: Університетська книга, 2009. – 365 с.

					МАОП 00.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ