

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

“ ____ ” _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

Механізація вирощування фацелії з удосконаленням пневмосистеми
аеродинамічного сепаратора САД-5

Виконав здобувач вищої освіти ІV курсу,
групи АІ-22-1

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____Яриш Станіслав Олегович

« ____ » _____ 2026 р.

Керівник проекту

доц., канд.техн.наук

_____Олександр НЕСТЕРЕНКО

« ____ » _____ 2026 р.

Рецензент

доц., канд.техн.наук

_____Сергій МАГОПЕЦЬ

« ____ » _____ 2026 р.

Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет Агротехнічний
Кафедра Сільськогосподарського машинобудування
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень
Галузь знань 20 «Аграрні науки та продовольство»
Спеціальність 208 «Агроінженерія»
Освітньо-професійна програма «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

«__» _____ 2026 року

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

Яриш Станіслав Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Механізація вирощування фацелії з удосконаленням пневмосистеми аеродинамічного сепаратора САД-5
2. Керівник роботи Нестеренко Олександр Вікторович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
3. Строк подання роботи до захисту 16.06.2026 р.
4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи (проекту) Підвищення ефективності використання засобів механізації при вирощуванні і післязбиральному обробітку фацелії, що дозволить забезпечити створення оптимальних умов виробництва та мінімізувати виробничі витрати.
5. Перелік графічного матеріалу 1. Технологічна карта; 2. Операційно-технологічна карта; 3. Сепаратор – функціональна схема; 4. Складальне креслення вузла; 5. Деталювання.
Всього 5 аркушів формату А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-6	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	28.03.2026 р.	
2	Виконання розділу 3		
	Графічна частина арк. 2	18.04.2026 р.	
3	Виконання розділу 4		
	Графічна частина арк. 3, 4	20.05.2026 р.	
4	Виконання розділів 5, 6	02.06.2026 р.	
5	Оформлення пояснювальної записки,		
	графічної частини, підготовка до захисту.	14.06.2026 р.	

Дата видачі завдання

«16» лютого 2026 р.

Підпис керівника

_____ (прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«____» _____ 2026 р.

Підпис здобувача _____ (прізвище та ініціали)

Зміст

1. Вступ.....	5
2. Аналіз типової технології вирощування фацелії в господарстві та визначення напрямків її удосконалення.....	7
3. Операційна технологія післязбирального очищення насіння фацелії.....	18
4. Інженерна частина.....	26
5. Охорона праці.....	44
6. Висновки	46
Список використаних джерел.....	47
Додатки.....	49

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

1. ВСТУП

Сучасний розвиток аграрного виробництва України характеризується необхідністю підвищення ефективності використання земельних ресурсів, зниження енергетичних витрат та забезпечення стабільного виробництва конкурентоспроможної продукції рослинництва [1, 2]. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває вирощування культур багатоцільового призначення, які здатні одночасно виконувати агротехнічні, кормові, екологічні та медоносні функції. Однією з таких культур є фацелія яка останніми роками набуває все більшого поширення в аграрних підприємствах України [2].

Фацелія характеризується високою адаптивністю до різних ґрунтово-кліматичних умов, значною можливістю виробництва нектару, здатністю покращувати фітосанітарний стан ґрунту та підвищувати його родючість. Культура широко використовується як сидерат, медоносна рослина та ефективний попередник для багатьох сільськогосподарських культур [2].

Важливою складовою сучасної технології виробництва насіння фацелії є його очищення та сортування. Насіннєвий матеріал культури характеризується невеликими геометричними розмірами, наявністю домішок, близьких за аеродинамічними властивостями до основного насіння, що ускладнює процес його якісного розділення традиційними методами [1]. Тому особливої уваги потребує вдосконалення технічних засобів аеродинамічної сепарації, які забезпечують розподіл компонентів зернової суміші за аеродинамічними характеристиками без механічного пошкодження насіння.

Одним із перспективних напрямів підвищення ефективності очищення насіннєвого матеріалу є модернізація аеродинамічного сепаратору САД-5. Разом із тим існуючі конструктивні рішення пневмосистеми сепаратора САД-5 не повною мірою забезпечують стабільність повітряного потоку при очищенні дрібнонасінних культур, що знижує ефективність процесу сепарації

					МВФ 00.000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Яриш				Пояснювальна записка		
Перевір.	Нестеренко						
Реценз.							
Н. Контр.	Артеменко						
Затверд.	Васильковський						
					Літ.	Арк.	Аркушів
						5	48
					ЦНТУ, гр. АІ-22-1		

У зв'язку з цим удосконалення пневмосистеми аеродинамічного сепаратора САД-5 для підвищення якості очищення насіння фацелії є актуальним завданням, вирішення якого сприятиме підвищенню посівних якостей насіннєвого матеріалу, продуктивності технологічного обладнання та ефективності виробництва культури в цілому.

Отже, метою роботи є підвищення ефективності механізованої технології вирощування фацелії шляхом удосконалення пневмосистеми аеродинамічного сепаратора САД-5 для покращення показників очищення та сортування насіннєвого матеріалу.

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

2. АНАЛІЗ ТИПОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ФАЦЕЛІЇ В ГОСПОДАРСТВІ З ВИЗНАЧЕННЯМ ШЛЯХІВ ВДОСКОНАЛЕННЯ

2.1. Загальна характеристика фацелії

Фацелія пижмолиста (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) належить до однорічних сільськогосподарських культур універсального призначення та займає важливе місце серед медоносних, сидеральних і кормових рослин. Завдяки високій екологічній пластичності та невибагливості до умов вирощування вона набуває дедалі більшого поширення в сучасних системах землеробства [2].

Рослина формує прямостояче розгалужене стебло висотою від 50 до 90 см. Листкова поверхня добре розвинена та представлена перисто-розсіченими листками, що забезпечують інтенсивне накопичення органічної речовини протягом вегетаційного періоду. Коренева система стрижневого типу проникає в ґрунт на значну глибину, сприяючи покращенню його структури та підвищенню водопроникності [2].



Рис. 2.1. Фацелія пижмолиста. Загальний вигляд рослини

Квітки фацелії мають характерне синьо-фіолетове забарвлення та зібрані в завиткоподібні суцвіття. Тривалий період цвітіння забезпечує стабільне виділення нектару протягом декількох тижнів, що обумовлює високу цінність культури для бджільництва [2].

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

За сприятливих погодних умов медопродуктивність посівів може досягати 250–350 кг/га, а в окремих випадках перевищувати 400 кг/га [1, 2].

Плід являє собою багатонасінну коробочку, у якій формується дрібне темно-коричневе насіння. Маса тисячі насінин зазвичай становить 1,8–2,3 г, що обумовлює підвищені вимоги до якості передпосівного обробітку ґрунту та налаштування посівної техніки [2]. Насіння характеризується достатньо тривалим періодом збереження посівних властивостей і за належних умов може зберігати схожість протягом трьох-чотирьох років.

Однією з важливих переваг фацелії є її здатність адаптуватися до різних ґрунтово-кліматичних умов. Культура успішно вирощується як на родючих чорноземах, так і на менш продуктивних ґрунтах легкого механічного складу. Молоді рослини добре переносять короточасні весняні заморозки до мінус 7–9 °С, що дозволяє проводити сівбу в ранні строки [2].

У процесі росту фацелія інтенсивно формує вегетативну масу, яка після заробки в ґрунт виступає джерелом органічної речовини та поживних елементів. Завдяки цьому культура широко використовується як сидерат для підвищення родючості ґрунту. Встановлено, що за кількістю органічної маси, яка надходить у ґрунт після заорювання, посіви фацелії можуть бути співставними із внесенням значних доз органічних добрив.

Важливою агротехнічною особливістю культури є її висока конкурентна здатність щодо бур'янів. Суцільне покриття поверхні поля листовою масою зменшує інтенсивність проростання небажаної рослинності, а також сприяє захисту ґрунту від ерозій. Крім того, посіви фацелії створюють сприятливі умови для розвитку корисної ентомофауни та покращують фітосанітарний стан агроценозів.

Таким чином, поєднання високої медоносної продуктивності, сидеральних властивостей, здатності покращувати агрофізичний стан ґрунту та значного господарського значення робить фацелію перспективною культурою для сучасного виробництва. Водночас специфічні особливості її насіння висувають підвищені вимоги до технологій очищення, що обумовлює актуальність удосконалення технічних засобів післязбиральної обробки.

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

2.1.1 Технологія основного обробітку ґрунту

Однією з найважливіших умов отримання рівномірних сходів фацелії є створення якісного насіннєвого ложа. Оскільки насіння культури має невеликі геометричні розміри, поверхня поля повинна бути вирівняною, а верхній шар ґрунту - дрібногрудочкуватим і добре ущільненим [3].

Після збирання попередника виконують лушення стерні на глибину 6–8 см дисковими агрегатами. У традиційній технології для цього використовуються лушильники типу ЛДГ-10 або ЛДГ-15 у агрегуванні з тракторами тягового класу 3–5. [4, 6]. Основною метою операції є часткове загортання післяжнивних решток, стимулювання проростання бур'янів та зменшення втрат вологи.

Сучасною альтернативою є застосування коротких дискових борін типу Horsch Joker, Lemken Rubin або Bednar Swifterdisc, які забезпечують інтенсивне перемішування рослинних решток із верхнім шаром ґрунту та скорочують кількість проходів техніки по полю.



Рис. 2.2. Загальний вигляд дискової борони Lemken Rubin 9 [7]

Основний обробіток ґрунту виконується шляхом оранки на глибину 22–25 см. У традиційних технологіях використовують плуги ПЛН-5-35 або ПЛН-6-35 у складі агрегатів із тракторами Т-150К чи ХТЗ-17221 [4, 6]. Разом із тим сучасні господарства дедалі частіше переходять до використання оборотних плугів Lemken Juwel, Kverneland або Kuhn, які забезпечують покращене загортання рослинних решток та більш рівномірний обробіток поля.

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

Для мінімізації ущільнення ґрунту та зменшення енерговитрат перспективним є застосування технологій Mini-Till, за яких основний обробіток виконується комбінованими агрегатами з одночасним вирівнюванням поверхні поля.

2.1.2. Система удобрення посівів

Фацелія не належить до культур із високим винесенням поживних речовин, однак для формування стабільного врожаю насіння потребує достатнього забезпечення азотом, фосфором та калієм.

Внесення основної дози добрив доцільно виконувати восени під основний обробіток ґрунту. Для цього використовують розкидачі мінеральних добрив MBU-8, Amazone, Rauch Axis або їх аналоги. Орієнтовна норма внесення становить N40–60P40–60K40–60.



Рис. 2.3. Розкидач мінеральних добрив Amazone ZA-TS 3200 [8]

Сучасні технології точного землеробства передбачають використання систем диференційованого внесення добрив на основі карт урожайності, супутникових знімків та результатів агрохімічного аналізу ґрунту. Використання таких систем дозволяє зменшити перевитрати добрив на 10–20 % та забезпечити більш рівномірний розвиток рослин.

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

2.1.3 Підготовка насіння та проведення сівби

Якість насіннєвого матеріалу є одним із визначальних факторів формування майбутнього врожаю. Перед посівом насіння очищують від механічних домішок, калібрують за розмірами та питомою масою, після чого проводять протруювання і, за необхідності, обробку стимуляторами росту.

Для висіву фацелії використовуються зерно-трав'яні або пневматичні сівалки. У багатьох господарствах продовжують застосовувати сівалки СЗТ-3,6А та СЗС-2,1, СЗД-У 25V-03[4, 6]. Однак більш високі показники рівномірності висіву забезпечують сучасні посівні комплекси Horsch Pronto, Väderstad Rapid, Amazone Cirrus та Great Plains.



Рис. 2.4. Загальний вигляд зернотукової універсальної сівалки СЗД-У 25V-03 (компанія DEMENTRA) [9]

Використання навігаційних систем GPS та автоматичного водіння дозволяє уникнути перекриттів і пропусків, що особливо важливо під час висіву дрібнонасінних культур.

Норма висіву залежить від призначення посівів і становить 8–12 кг/га для насінницьких посівів. Глибина загортання насіння не повинна перевищувати 2–3 см.

2.1.4 Догляд за посівами

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

Після проведення сівби важливе значення має забезпечення доброго контакту насіння з ґрунтом. Для цього виконують прикочування кільчасто-шпоровими або кільчасто-зубчастими котками типу КЗК-6 (Тритон) (рис. 2.5).

У випадку утворення ґрунтової кірки проводять легке боронування посівів.



Рис. 2.4. Загальний вигляд кільчасто-зубчастого котка КЗК-6 (Тритон) (компанія DEMENTRA) [9]

Сучасні господарства дедалі ширше використовують безпілотні літальні апарати для моніторингу стану посівів. Використання дронів із мультиспектральними камерами дозволяє оперативно визначати ділянки із дефіцитом елементів живлення, розвитком хвороб або пошкодженням рослин шкідниками [10].

2.1.5 Збирання врожаю

Особливістю культури є нерівномірне досягання насіння, що ускладнює вибір оптимального способу збирання. Основні втрати врожаю пов'язані з обсіпанням насіння при перестої рослин [1, 3].

За рівномірного досягання застосовують пряме комбайнування. Для цього можуть використовуватися зернозбиральні комбайни John Deere серії S, Claas Lexion, New Holland CR або Case IH Axial Flow.

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

За значної нерівномірності досягання більш ефективною є двофазна технологія, яка передбачає попереднє скошування рослин у валки жатками ЖВН, ЖВП або сучасними валковими жатками MacDon.



Рис. 2.4. Загальний вигляд комбайна Claas Lexion 760 [11]

Під час обмолоту необхідно зменшувати частоту обертання молотильного барабана для запобігання пошкодженню насіння та збільшенню кількості дроблених зернин.

2.1.6 Післязбиральна обробка насіння

Саме післязбиральна обробка є найбільш відповідальним етапом технології виробництва насіння фацелії. Через невеликі розміри насіння та наявність значної кількості домішок традиційні решітні машини не завжди забезпечують необхідний рівень очищення.

Первинне очищення вороху доцільно виконувати на машинах Petkus Selektro K-218 або зерноочисних комплексах типу ЗАВ [15]. Після цього насіннєвий матеріал направляють на вторинне очищення.

Для підвищення посівних якостей насіння перспективним є використання аеродинамічних сепараторів серії САД. Принцип їх роботи базується на розділенні частинок за аеродинамічними властивостями у вертикальному повітряному потоці.

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

2.1.6 Післязбиральне очищення насіння фацелії.

Для визначення обсягів обробки насіння фацелії на зерноочисній машині Петкус Селектра К-218, розрахунок річної кількості продукції, яку необхідно очистити, визначається за формулою:

$$W_p = Q_n \cdot S_i, \text{ ц}$$

де Q_n - урожайність насіння фацелії, ц/га ;

S_i - площа вирощування насіння фацелії ,га.

$$G_p = 6 \cdot 100 = 600 \text{ ц} \quad (3.1)$$

Зернова маса фацелії, що надходить після збирання, як правило, має вологість, близьку до гранично допустимої кондиції, зумовленої специфікою кліматичних умов у період жнив.

З метою мінімізації втрат, пов'язаних із псуванням насіння, його обробка організовується у максимально стислі строки, що збігаються з періодом збирання врожаю.

Усі подальші розрахунки здійснюються з урахуванням граничної продуктивності зернозбиральних агрегатів.

На стадії первинного очищення зерноочисне обладнання повинно забезпечити таку якість очищення насіння фацелії, яка дозволяє його подальшу обробку в шахтних сушарках чи тимчасове зберігання за умови активного вентилявання.

Відповідно до вимог державних стандартів, після проходження через сепаратори, насіння фацелії має відповідати базовим показникам якості, встановленим для продовольчого призначення.

Дана технологічна операція виконується на зерноочисній машині Petkus Selekttra K-218, розташованого на одному з виробничих підрозділів господарства. Саме туди надходить зібране з поля насіння для первинної очистки.

Після завершення очищення на зерноочисній машині Petkus Selekttra K-218, оброблене насіння транспортується на тік того ж відділення, де виконується наступний етап підготовки, сушіння (за потреби).

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

На другому етапі очищення зерно повинно доводитись до норм відповідності 1-го або 2-го класу за показниками чистоти.

Для цього використовують аеродинамічний сепаратор САД-5 [14]. При цьому, за умови дотримання заданої продуктивності, повинна бути гарантована необхідна повнота відокремлення домішок та мінімізація втрат основної культури.

Контроль основних показників очищення насіння фацелії здійснюється на основі визначення вмісту домішок у очищеному матеріалі і втрат насіння в домішках.

Вміст домішок у очищеному насінні фацелії має зменшитися при попередньому очищенні не менш ніж на 50%, а при первинному – не менше ніж на 60%. При цьому, втрати насіння в домішках не мають перевищувати при попередньому очищенні 0,2% і 0,5% при первинному [15].

Вміст повноцінного насіння у домішках визначають при продуванні повітряним потоком навіски домішок, які отримали після очищення насіння, із використанням повітряного класифікатора.

2.1.6 Визначення шляхів удосконалення базової технології вирощування фацелії та обґрунтування використання сепаратора САД-5

Проведений аналіз існуючої технології вирощування фацелії показав, що більшість технологічних операцій забезпечують виконання агротехнічних вимог та дозволяють отримувати стабільний урожай культури.

Особливу увагу необхідно приділити підвищенню ефективності запилення посівів під час цвітіння культури. Фацелія належить до найбільш цінних медоносних рослин і характеризується високою інтенсивністю виділення нектару. Встановлено, що залучення бджіл до процесу запилення сприяє покращенню зав'язування насіння, підвищенню виповненості насінневих коробочок та збільшенню врожайності насіння.

У зв'язку з цим доцільним є розміщення пасіки безпосередньо поблизу посівів фацелії в період масового цвітіння.

					МВФ 00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рекомендована щільність розміщення становить від 2 до 4 бджолиних сімей на один гектар посівів залежно від площі масиву та сили бджолиних сімей. Застосування такого технологічного прийому дозволяє підвищити насіннєву продуктивність культури на 10–20 %, а також отримати додаткову продукцію бджільництва у вигляді товарного меду [1].

Важливим напрямом удосконалення технології є оптимізація процесу збирання врожаю. Основною проблемою насінництва фацелії є нерівномірне досягання насіння та його підвищена схильність до обсіпання. Для зменшення втрат доцільно застосовувати роздільний спосіб збирання з попереднім скошуванням рослин у валки або використовувати спеціальні подовжувачі жаток при прямому комбайнуванні.

Однак найбільші резерви підвищення ефективності виробництва насіння фацелії зосереджені на етапі післязбиральної доробки насіннєвого матеріалу. Після обмолоту в насіннєвому воросі міститься значна кількість органічних та мінеральних домішок, уламків суцвіть, недозрілого насіння та інших включень, що погіршують посівні якості продукції.

Традиційні зерноочисні машини, принцип роботи яких ґрунтується на розділенні компонентів суміші за геометричними розмірами, не завжди забезпечують необхідну якість очищення дрібнонасінних культур. Це пояснюється тим, що насіння фацелії має близькі розміри до багатьох домішок, які важко відокремлюються на стандартних решетах.

З метою підвищення якості очищення насіння доцільним є використання аеродинамічного сепаратора САД-5. На відміну від традиційних решітних машин, у сепараторі САД-5 розділення матеріалу здійснюється за аеродинамічними властивостями та питомою вагою частинок. Такий принцип дозволяє більш ефективно відокремлювати щупле, пошкоджене та біологічно неповноцінне насіння від повноцінного насіннєвого матеріалу.

Застосування сепаратора САД-5 забезпечує підвищення чистоти насіння, покращення його схожості та енергії проростання, а також зменшення механічного травмування під час очищення. Крім того, машина характеризується відносно невисоким енергоспоживанням, простотою

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

конструкції та можливістю роботи з широким спектром дрібнонасінних культур.

Разом із тим аналіз конструкції сепаратора САД-5 показує, що ефективність його роботи значною мірою визначається параметрами пневматичної системи. Нерівномірність розподілу швидкостей повітряного потоку в зоні сепарації може призводити до зниження точності розділення насінневої суміші та збільшення втрат повноцінного насіння.

Тому подальше вдосконалення технології вирощування фацелії доцільно здійснювати шляхом модернізації пневмосистеми аеродинамічного сепаратора САД-5, що дозволить підвищити ефективність післязбиральної доробки насіння та покращити економічні показники виробництва культури. Саме цей напрям покладено в основу інженерної частини даної кваліфікаційної роботи.

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

3. ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОГО ОЧИЩЕННЯ НАСІННЯ ФАЦЕЛІЇ.

3.1. План післязбирального очищення насіння фацелії

Визначаємо основні етапи післязбирального очищення насіння фацелії

Засміченість:

- вміст смітєвих домішок в насінні фацелії – 18%

- вміст насінєвих домішок в насінні фацелії - 12%

Вологість насіння фацелії – 15%

Технічне та матеріальне забезпечення при післязбиральній обробці насіння фацелії

Таблиця 3.1

Машина	Операція післязбиральне очищення	продуктивність		Кільк. сепар, шт.	Продук- тивність, т/зм.
		т/год.	т/зм.		
1	2	3	4	5	6
Petkus Selektro K-218	Попереднє сепарація	0,4	1,4	1	2,8
Сушарка	Сушка	0,5	3,5	1	7
Petkus Selektro K-218	Первинна сепарація	0,35	0,7	1	1,4
«САД-5»	Вторинна сепарація	0,2	0,4	2	0,8

Кількісні та якісні показники насіння фацелії

Культура	Площа виросування (S), га	Врожайність (Q _n), т/га	скошування	призначення насіння фацелії	Якість насіння фацелії %		
					Вологість фацелії	Кільк. смітєвих. домішок	Кільк. насінєвих домішок
фацелія	100	0,6	26.07	Насіннєве	15	18	12

Для визначення тривалості збиральних робіт необхідно встановити загальний період роботи зернозбирального агрегату на площі посіву фацелії. Тривалість збирання врожаю визначається залежністю:

$$T_{скош} = S / (N_{комб} \cdot Q_{\partial}) = 100 / (1 \cdot 16) = 6,25 \text{ діб.}$$

де S – загальна площа, на якій вирощується фацелія, га;

$N_{комб}$ – кількість комбайнів, які задіяні для збирання фацелії, шт.;

Q_{∂} – величина добової продуктивності комбайну, при тривалості змін 8 год., в га/доб.

Отже, для повного збирання врожаю фацелії на площі 100 га необхідно приблизно 6,3 доби роботи одного комбайна.

Добовий обсяг насіння, що надходить на післязбиральну доробку, визначається за формулою:

$$P_{нас. ф.} = N_{комб} \cdot Q_{\partial} \cdot V_{\phi}$$

де V_{ϕ} – запланована урожайність насіння фацелії, т/га.

$$P_{нас. ф.} = 1 \cdot 16 \cdot 0,6 = 9,6 \text{ т/доб.}$$

Таким чином, щодобово на зерноочисний комплекс надходитиме 9,6 т насіннєвого вороху.

Продуктивність технологічної лінії визначається найменш продуктивною операцією, що входить до складу процесу післязбиральної доробки. Тому для кожного етапу очищення та сушіння визначають необхідні витрати часу та масу матеріалу після виконання відповідної операції.

Тривалість попереднього очищення визначається виразом:

$$t_I = (P_{нас. ф.} / Q_{сепар}) \cdot k_I = (9,6 / 0,4) \cdot 0,8 = 1,92 \text{ год.}$$

де k_I – коефіцієнт використання робочого часу; $k_I = 0,8$.

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

$Q_{сепар}$ – експлуатаційна продуктивність сепаратора Petkus Selekttra K-218, т/год.;

Фактична продуктивність машини становить:

$$Q_{сепар} = n_{сеп} Q_{ном} \cdot k_e \cdot k_1 \cdot k_2 = 1 \cdot 0,6 \cdot 0,72 \cdot 1 \cdot 0,95 = 0,41 \text{ т/год.}$$

де $Q_{ном}$ – нормативна продукт. Petkus Selekttra K-218 при нормальних умовах, т/доб.;

$N_{зom}$ – сепаратори, які задіяні в очищенні, шт;

k_e – коефіцієнт, який враховує зміну продуктивності відповідно до культури, яка проходить обробку, фацелії $K_e = 0,72$;

K_1 та K_2 – коефіцієнти, які ураховують зміну продуктивності в залежності від зміни вологості та засміченості насіння, $K_1 = 1$, $K_2 = 0,95$.

У процесі очищення відбувається зменшення маси матеріалу внаслідок видалення домішок та часткового відокремлення неповноцінного насіння.

Маса насіння після попередньої сепарації визначається:

$$P_I = P_{нас. ф} - P_{нас. ф} (Z_{д.ф} / 100) = 9,6 - 9,6 \cdot (3,1 / 100) = 6,72 \text{ т.}$$

де $Z_{д.ф}$ – зменшення маси домішок та насіння фацелії, %;

Зміна вологості насіння фацелії визначається

$$W_I = (P_{нас. ф} \cdot W_{ф}) / P_{нас. ф} - (P_{дом} W_{дом}) / P_{дом}$$

де $W_{ф}$ – вологість насіння фацелії, що подавалась на сепарацію за добу, %;

$P_{дом}$ – вага домішок у насіння фацелії, т;

$W_{ф}$ – відносна вологість насіння фацелії, %.

$$W_{I2} = 9,6 \cdot 15 / 6,72 - 3,1 \cdot 15 / 6,72 = 15,25\%.$$

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

Для забезпечення безпечного зберігання насіння необхідно знизити його вологість з 15,2 до 14 %.

Час роботи сушильного обладнання визначається залежністю:

$$t_c = P_{\phi.m} / Q_c \cdot k_I = 60 / 0,5 \cdot 0,8 = 150 \text{ год.}$$

де $P_{\phi.m}$ – маса насіння фацелії в тонах, що буде сушитися, т;

Q_c – продуктивність сушильного обладнання, т/год;

Відповідно, маса насіння фацелії, яке буде проходити сушку становить:

$$P_{\phi.} = P_{\phi.m} \cdot k_{\phi} \cdot k_k = 60 \cdot 1,11 \cdot 1,62 = 107,8 \text{ т.}$$

де k_{ϕ} – коефіцієнт, що враховує вологість фацелії, $k_{\phi} = 1,11$ [16];

k_k – коефіцієнт, що враховує сушку фацелії та цільове призначення,

$k_k = 1,62$;

Вологість з 15,2% зменшуємо до 14 %.

У випадках, якщо сушіння насіння фацелії неможливо завершити протягом визначеної доби, тоді необхідно встановити кількість, яка буде законсервована без сушіння.

Для цього визначаємо необхідну експлуатаційну продуктивність для сушильного обладнання:

$$Q_{e.c.} = P_{\phi.m} / t_c = 60 / 150 = 0,4 \text{ т /год.}$$

Після визначення експлуатаційної продуктивності сушарки встановлюють кількість матеріалу, яка може бути висушена протягом доби. Якщо добова продуктивність сушильного обладнання є меншою за обсяг надходження насіння, частина вороху підлягає тимчасовому консервуванню шляхом активного вентилявання.

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

Розраховуємо масу насіння фацелії, що буде сушитись протягом доби:

$$P_{сушI} = Q_{e.c} \cdot 14 = 1,88 \cdot 14 = 26,32 \text{ т/доб.}$$

де 14 – середня тривалість роботи сушильного обладнання за добу, год.

Маса насіння фацелії, що буде законсервованим визначається

$$P_{конс} = P_{ф.т} - P_{сушI} = 60 - 26,32 = 33,68 \text{ т.}$$

Маса насіння фацелії, яке отримаємо після сушіння становить:

$$P_{сушII} = P_{сушI} \cdot (100 - W_I/100 - W_{II}) = 26,32 \cdot (100 - 15,25/100 - 14) = 25,93 \text{ т.}$$

де W_I – вологість насіння фацелії перед проведенням сушіння, %;

W_{II} – вологість насіння фацелії після проведення сушіння, %.

Після зниження вологості насіння надходить на первинну сепарацію, де здійснюється остаточне видалення основної частини сміттєвих домішок. Експлуатаційна продуктивність сепаратора визначається з урахуванням особливостей культури, вологості та засміченості насіннєвого матеріалу.

Розраховуємо час при проведенні первинної сепарації після сушіння фацелії.

$$t_{Ic} = (P_{сушII} / Q_{Ic}) \cdot kn = (25,93 / 0,35) \cdot 0,62 = 47,65 \text{ год.}$$

де Q_{Ic} – експлуатаційна продуктивність сепаратора Petkus Selektra K-218 для первинного очищення, т/год;

$$Q_{Ic} = Q_{норм} \cdot ke \cdot k_1 \cdot k_2 = 0,35 \cdot 0,71 \cdot 1 \cdot 0,81 = 0,21 \text{ т/год.}$$

де $Q_{норм}$ – нормативна продуктивність сепаратора Petkus Selektra K-218, т/год;

ke – коефіцієнт що враховує особливість насіння фацелії при первинній сепарації, $ke = 0,71$;

k_1 – коефіцієнт, що враховує вологість насіння фацелії, $k_1 = 1$;

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

k_2 – коефіцієнт, що враховує ступінь засміченості насіння фацелії при первинній сепарації, $K_2 = 0,81$.

Визначаємо масу насіння фацелії, яке отримано після первинного очищення:

$$P_{Ic} = P_{cyl2} - (P_{cyl2} \cdot Z_{Icen}) / 100 = 26,32 - (25,93 \cdot 3,16) / 100 = 25,52 \text{ т/доб.}$$

де Z_{Icen} – зміна маси насіння фацелії після первинного очищення, %, що має 3,0% сміттєвих часток, 0,05% домішок насіння фацелії, 0,05% втрат повноцінного насіння, 0,05% втрати дрібного і щуплого зерна. Усього втрати маси насіння фацелії будуть становити 3,16%.

Сумарне зменшення маси матеріалу на цьому етапі обумовлене видаленням сміттєвих домішок, зернових включень та частковим відокремленням щуплого насіння.

Заключним етапом підготовки насіння є вторинна сепарація на аеродинамічному сепараторі САД-5. Використання даної машини дозволяє здійснювати розподіл насіння за аеродинамічними характеристиками та питомою масою, що забезпечує підвищення посівних якостей готового матеріалу.

Визначаємо час для вторинного очищення, що відбувається сепаратором «САД-5»:

$$Q_{IIc} = Q_{Ic} \cdot k_e \cdot k_1 \cdot k_2 = 0,21 \cdot 0,73 \cdot 1 \cdot 0,81 = 0,13 \text{ т/год.}$$

$$P_{IIc} = P_{Ic} - (P_{Ic} \cdot Z_{Icen}) / 100 = 25,52 - (26,32 \cdot 3,16) / 100 = 24,68 \text{ т/доб.}$$

$$t_{IIc} = (P_{Ic} / Q_{IIc}) \cdot k_n = (25,52 / 0,2) \cdot 0,63 = 80,3 \text{ год.}$$

Визначаємо масу насіння фацелії із урахуванням його якості на початку технологічного процесу, яка пройде сепарацію згідно до схеми за добу:

$$P_{нас. ф. I} = (P_{ф. м.} - P_{cyl1}) / P_{н сеп} = (60 - 26,32) / 3,2 = 10,6 \text{ т.}$$

Час сепарації насіння фацелії сепаратором САД-5 становить:

$$t_{с. ф} = (S \cdot V_{ф}) / P_{нас. ф. I} = (100 \cdot 0,6) / 10,6 = 5,66 \text{ доби.}$$

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

Розраховуємо вагу партії для насіння фацелії, що буде потрапляти із поля при скошуванні всього урожаю:

$$P_{n \cdot \text{нас. ф.}} = P_{\text{нас. ф. I}} \cdot t_{c. \text{ф.}} = 8,4 \cdot 6 = 58,6 \text{ т.}$$

В результаті, маємо запланований вихід чистого насіння фацелії:

$$P_{\text{запл. ф.}} = (P_{\text{нас. ф.}} / (S \cdot V_{\text{ф.}})) \cdot 100 = (58,6 / (100 \cdot 0,6)) \cdot 100 = 84,5\%.$$

Отримане значення свідчить про достатньо високий рівень ефективності прийнятої технологічної схеми очищення та підтверджує доцільність використання аеродинамічного сепаратора САД-5 на заключному етапі підготовки насіннєвого матеріалу.

Висновки по розділу:

У результаті проведеного аналізу сучасних технологій вирощування фацелії було розроблено технологічну схему виробництва культури та складено технологічну карту її вирощування. Запропонована технологія орієнтована на отримання врожайності насіння на рівні 6 ц/га та передбачає використання комплексу механізованих операцій, адаптованих до ґрунтово-кліматичних умов господарства.

Як базовий варіант підготовки ґрунту прийнято класичну систему основного обробітку, що включає післяжнивне лушення стерні та проведення зяблевої оранки після збирання попередника – озимої пшениці.

Для забезпечення належного фітосанітарного стану посівів і створення сприятливих умов для росту та розвитку рослин передбачено застосування комплексу заходів захисту, спрямованих на обмеження поширення шкідників, хвороб і бур'янів.

Виконані технологічні та виробничі розрахунки дозволили визначити параметри післязбиральної доробки врожаю фацелії та встановити необхідні режими роботи зерноочисного і сушильного обладнання. Розрахунками встановлено, що обсяг насіння, який надходить на очищення та сушіння, становить 58,6 т, а повний цикл його післязбиральної обробки може бути виконаний протягом шести діб.

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

Аналіз ефективності роботи зерноочисного комплексу показав, що тривалість технологічного процесу значною мірою визначається продуктивністю сушильного обладнання та узгодженістю роботи окремих машин технологічної лінії. У зв'язку з цим подальше вдосконалення технології післязбиральної доробки насіння доцільно здійснювати шляхом підвищення пропускну здатності сушильних установок і забезпечення безперервності руху матеріалу між окремими технологічними операціями.

Для підвищення загальної ефективності роботи комплексу рекомендується реалізувати такі заходи:

- збільшити експлуатаційну продуктивність сушильного обладнання за рахунок удосконалення режимів його роботи або використання більш продуктивних сушарок;

- забезпечити узгодження продуктивностей зерноочисних машин на всіх етапах післязбиральної доробки насіння, що дозволить організувати безперервний потоковий процес очищення та скоротити простої обладнання;

- застосувати аеродинамічний сепаратор САД-5 для заключного етапу очищення насіння з метою підвищення його посівних якостей та збільшення виходу кондиційного насіннєвого матеріалу.

Отримані результати підтверджують технологічну доцільність використання запропонованої схеми післязбиральної обробки насіння фацелії та створюють передумови для подальшого удосконалення пневматичної системи сепаратора САД-5, що розглядається в інженерній частині роботи.

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

4. Інженерна частина

4.1. Опис пневмосепаратора САД-5 та обґрунтування напрямків його удосконалення

Аеродинамічні сепаратори набули значного поширення у технологічних лініях післязбиральної доробки насіння зернових, зернобобових, олійних та дрібнонасінних культур. Їх застосування дозволяє підвищити якість насіннєвого матеріалу за рахунок відокремлення щуплого, недозрілого, пошкодженого та маловагового насіння, яке негативно впливає на посівні властивості готової продукції.

Сепаратор САД-5 (рис. 4.1) успішно використовується як у фермерських господарствах, так і на зерноочисних комплексах та елеваторах різної продуктивності [14]. Основною особливістю даної машини є можливість виконання калібрування насіння за питомою вагою, що забезпечує формування однорідних фракцій з високими біологічними показниками. Завдяки цьому підвищується схожість насіння, енергія проростання та вирівняність майбутніх посівів.



Рис. 4.1 Пневмосепаратора САД – 5 виробництва «АЕРОМЕХ».

На відміну від традиційних зерноочисних машин, які здійснюють розділення переважно за геометричними розмірами частинок, аеродинамічний сепаратор забезпечує сортування за комплексом фізико-механічних

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

властивостей. Такий підхід є особливо ефективним при підготовці насіннєвого матеріалу дрібнонасінних культур, зокрема фацелії, для якої характерна наявність значної кількості важко відокремлюваних домішок.

На попередньому очищенні	до 8 т/год
На первинному очищенні	до 5 т/год
На калібруванні (сортванні)	до 2,5 т/год
Споживана потужність	1,8кВт, 220В, 50Гц
Довжина	1520 мм
Ширина	635 мм
Висота	1850 мм
Маса	211 кг

Рис. 4.2. Технічна характеристика пневмосепаратора САД-5

Конструкція сепаратора включає приймальний бункер, систему формування повітряного потоку, вентилятор, робочу сепарувальну камеру, механізм регулювання процесу розділення, збірники фракцій та систему керування. Робота машини ґрунтується на взаємодії частинок зернової суміші з повітряним потоком у робочій зоні, де відбувається їх просторовий розподіл залежно від маси, форми та аеродинамічного опору.

Результати аналізу конструкції та досвід виробничої експлуатації сепаратора САД-5 свідчать про те, що якість розділення матеріалу значною мірою визначається рівномірністю швидкісного поля повітряного потоку в робочій камері. Наявність зон із підвищеними або зниженими швидкостями руху повітря призводить до погіршення умов сепарації, що особливо помітно під час очищення дрібнонасінних культур.

Проведений аналіз дозволив встановити, що одним із перспективних напрямів підвищення ефективності роботи сепаратора є вдосконалення системи подачі насіннєвого матеріалу до сепарувальної камери (рис. 4.2). У серійній конструкції матеріал надходить суцільним потоком, що може спричиняти

локальне перевантаження окремих зон робочого простору та знижувати точність розділення.

З метою усунення зазначеного недоліку пропонується встановлення спеціального струменевого розподільника на виході з приймального бункера. Запропонований пристрій забезпечує поділ загального потоку насіння на окремі рівномірно розподілені струмені. Завдяки цьому покращуються умови взаємодії частинок із повітряним потоком та підвищується ефективність їх сепарації.

Додатковим напрямом модернізації є вдосконалення системи формування повітряного потоку шляхом встановлення подовжених напрямних жалюзі на вході до пневмосепарувальної камери. Таке конструктивне рішення дозволяє зменшити турбулентність, стабілізувати швидкісний режим та забезпечити більш рівномірний розподіл повітря по всій ширині робочої зони.

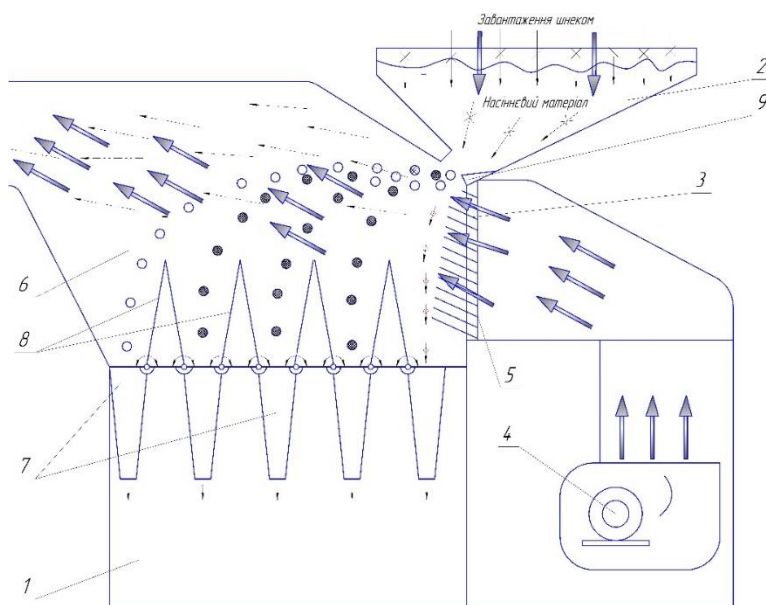


Рис.4.2 Удосконалений сепаратор САД-5

Передбачається, що поєднання струменевої подачі насіння з удосконаленою системою розподілу повітря сприятиме підвищенню точності калібрування насіннєвого матеріалу, зменшенню втрат повноцінного насіння та збільшенню продуктивності сепаратора. Крім того, покращення умов взаємодії зернової суміші з повітряним потоком дозволить знизити потребу у високих швидкостях повітря та створить передумови для використання вентилятора меншої потужності, що позитивно вплине на енергоємність процесу.

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

Технологічний процес роботи модернізованого сепаратора відбувається наступним чином. Насіннєвий матеріал із приймального бункера надходить до струменевого розподільника, де формується декілька окремих потоків. Під дією сили тяжіння насіння переміщується в зону взаємодії з висхідним повітряним потоком, сформованим вентилятором через систему напрямних елементів.

У робочій камері відбувається розподіл частинок залежно від їх фізико-механічних та аеродинамічних властивостей. Важкі домішки та мінеральні включення осідають у найближчих приймальниках, кондиційне насіння основної культури концентрується в середніх секціях, а легкі домішки та щуплі зернини переміщуються до крайніх приймальних відсіків. У результаті формується декілька фракцій матеріалу, які відрізняються якісними показниками та можуть використовуватися відповідно до свого призначення.

Таким чином, запропоноване удосконалення спрямоване на підвищення рівномірності повітряного потоку та оптимізацію процесу подачі насіннєвого матеріалу, що дозволить покращити технологічні показники роботи сепаратора САД-5 під час очищення та калібрування насіння фацелії.

4.2. Технологічні розрахунки

4.2.1 Розрахунок шнекового завантажувача

Шнековий завантажувач призначений для подачі насіннєвого матеріалу фацелії з приймальної зони до бункера сепаратора. При виборі його параметрів необхідно забезпечити продуктивність, не меншу за продуктивність сепаратора, а також врахувати кут нахилу транспортера, насипну густину матеріалу, частоту обертання шнека та коефіцієнт заповнення міжвиткового простору.

Розрахункова масова продуктивність завантажувача приймається рівною продуктивності сепаратора:

$$Q_{ш} = 0,3 \text{ т/год} = 300 \text{ кг/год.}$$

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

Об'ємна продуктивність шнека визначається за залежністю:

$$Q_v = Q_{ш} / \rho_n, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (4.1)$$

де $Q_{ш}$ – масова продуктивність шнекового завантажувача, кг/год;

ρ_n – насипна густина насіння фацелії, кг/м³.

$$Q_v = 300 / 400 = 0,75 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Фактичну продуктивність похилого шнека визначаємо за формулою:

$$Q_\phi = 60 \cdot A \cdot S \cdot n \cdot \varphi \cdot k_\beta, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (4.2)$$

де A – площа кільцевого перерізу між зовнішнім діаметром шнека та валом, м²;

S – крок гвинтової спіралі, м;

n – частота обертання шнека, об/хв;

φ – коефіцієнт заповнення;

k_β – коефіцієнт зниження продуктивності при похилому транспортуванні.

Площу робочого перерізу визначаємо за виразом:

$$A = \pi \cdot (D^2 - d^2) / 4, \text{ м}^2, \quad (4.3)$$

де $D = 0,12$ м – зовнішній діаметр шнека; $d = 0,035$ м – орієнтовний діаметр вала.

$$A = 3,14 \cdot (0,12^2 - 0,035^2) / 4 = 0,0103 \text{ м}^2.$$

Приймаємо крок шнека $S = 0,10$ м, частоту обертання $n = 300$ об/хв, коефіцієнт заповнення $\varphi = 0,30$, а для кута нахилу 65° приймаємо $k_\beta = 0,60$.

Тоді:

$$Q_\phi = 60 \cdot 0,0103 \cdot 0,10 \cdot 300 \cdot 0,30 \cdot 0,60 = 3,34 \text{ м}^3/\text{год}.$$

$$Q_{\phi,м} = 3,34 \cdot 400 / 1000 = 1,34 \text{ т/год}.$$

Отримана фактична продуктивність шнекового завантажувача перевищує необхідну продуктивність сепаратора. Це свідчить про достатній запас пропускної здатності. Для запобігання перевантаженню бункера подачу доцільно регулювати заслінкою або частотою обертання приводу.

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

Орієнтовну потужність приводу похилого шнекового завантажувача визначаємо з урахуванням вертикального піднімання матеріалу та втрат на тертя:

$$N_{ш} = (Q_{ш} \cdot g \cdot H) / (3600 \cdot \eta) \cdot k_z, \text{ кВт}, \quad (4.4)$$

де $H = 1,9$ м – висота завантаження;

$\eta = 0,55$ – ККД приводу з урахуванням втрат;

$k_z = 2,5$ – коефіцієнт запасу для подолання сил тертя, пускових навантажень та нерівномірності подачі.

$$N_{ш} = (300 \cdot 9,81 \cdot 1,9) / (3600 \cdot 1000 \cdot 0,55) \cdot 2,5 = 0,007 \text{ кВт}.$$

Теоретичне значення є незначним через малу продуктивність завантажувача. З урахуванням реальних втрат у підшипниках, пасовій передачі, тертя матеріалу об кожух та необхідності стабільного пуску приймаємо електродвигун потужністю 0,37 кВт із пасовою передачею. Такий вибір забезпечує надійну роботу вузла без ризику перевантаження.

4.2.2 Розрахунок об'єму приймального бункера

Приймальний бункер призначений для створення короткочасного запасу насіння перед подачею в робочу камеру сепаратора. Його місткість повинна забезпечувати стабільну роботу машини протягом заданого часу без дозавантаження. За вихідними даними час автономної роботи прийнято 6 хв.

Маса насіння, яка повинна знаходитися в бункері для забезпечення безперервної роботи сепаратора, визначається за формулою:

$$m_б = Q_c \cdot \tau / 60, \text{ кг}, \quad (4.5)$$

де Q_c – продуктивність сепаратора, кг/год;

τ – час автономної роботи бункера, хв.

$$m_б = 300 \cdot 6 / 60 = 30 \text{ кг}.$$

Робочий об'єм бункера визначаємо з урахуванням насипної густини насіння:

$$V_{роб} = m_б / \rho_n, \text{ м}^3. \quad (4.6)$$

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

$$V_{\text{роб}} = 30 / 400 = 0,075 \text{ м}^3.$$

Оскільки насіннєвий матеріал надходить нерівномірно, а в бункері необхідно передбачити запас об'єму для запобігання переповненню, вводимо коефіцієнт запасу $k_{зб} = 1,30$:

$$V_{\text{б}} = V_{\text{роб}} \cdot k_{зб}, \text{ м}^3. \quad (4.7)$$

$$V_{\text{б}} = 0,075 \cdot 1,30 = 0,098 \text{ м}^3.$$

Отже, розрахунковий об'єм бункера доцільно прийняти не менше $0,10 \text{ м}^3$. З урахуванням конструктивної форми бункера, що складається з верхньої конусної, середньої прямокутної та нижньої трапецієвидної частин, приймаємо проєктну місткість $V_{\text{б}} = 0,10 \dots 0,12 \text{ м}^3$.

За висоти бункера $0,8 \text{ м}$ середня площа горизонтального перерізу становитиме:

$$F_{\text{сер}} = V_{\text{б}} / H_{\text{б}}, \text{ м}^2, \quad (4.8)$$

$$F_{\text{сер}} = 0,10 / 0,8 = 0,125 \text{ м}^2.$$

Таку площу можна забезпечити, наприклад, прийнявши середні розміри прямокутної частини близько $0,35 \times 0,36 \text{ м}$. Нахил конусної частини 70° є достатнім для самопливного переміщення дрібного насіння фацелії до зони встановлення струменевих розподільників.

2.2.2 Визначення основних параметрів горизонтального повітряного каналу

Горизонтальний повітряний канал є одним із основних елементів пневматичної системи сепаратора. Його завдання полягає у формуванні рівномірного потоку повітря, який взаємодіє з насіннєвим матеріалом у робочій зоні та забезпечує розділення фракцій за аеродинамічними властивостями.

Площа поперечного перерізу каналу визначається за формулою:

$$F_k = B_k \cdot h_k, \text{ м}^2, \quad (4.9)$$

де $B_k = 0,30 \text{ м}$ – ширина робочої камери;

$h_k = 0,45 \text{ м}$ – висота каналу.

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

$$F_k = 0,30 \cdot 0,45 = 0,135 \text{ м}^2.$$

Для розрахунку приймаємо середню швидкість повітряного потоку $v = 4,0$ м/с, що відповідає заданому діапазону 3,5...4,5 м/с. Витрата повітря через робочий канал визначається:

$$L_k = F_k \cdot v, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (4.10)$$

$$L_k = 0,135 \cdot 4,0 = 0,54 \text{ м}^3/\text{с}.$$

$$L_k = 0,54 \cdot 3600 = 1944 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Отримана витрата характеризує основний потік у робочому каналі. Для врахування втрат, нерівномірності розподілу, підсмоктування повітря та роботи аспіраційної частини вводимо коефіцієнт запасу $kn = 1,8$:

$$L_{заг} = L_k \cdot kn, \text{ м}^3/\text{год}. \quad (4.11)$$

$$L_{заг} = 1944 \cdot 1,8 = 3499 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Для подальших розрахунків приймаємо загальну витрату повітря $L_{заг} = 3500 \text{ м}^3/\text{год}$. Це значення входить у заданий діапазон 3500...4800 $\text{м}^3/\text{год}$ і забезпечує достатній резерв для роботи модернізованої пневмосистеми.

Динамічний тиск повітряного потоку визначаємо за формулою:

$$p_d = \rho_n \cdot v^2 / 2, \text{ Па}, \quad (4.12)$$

де $\rho_n = 1,24 \text{ кг/м}^3$ – густина повітря.

$$p_d = 1,24 \cdot 4,0^2 / 2 = 9,92 \text{ Па}.$$

Гідравлічний діаметр прямокутного каналу становить:

$$D_g = 2 \cdot B_k \cdot h_k / (B_k + h_k), \text{ м}. \quad (4.13)$$

$$D_g = 2 \cdot 0,30 \cdot 0,45 / (0,30 + 0,45) = 0,36 \text{ м}.$$

Втрати тиску на тертя в прямій ділянці каналу визначаються за виразом:

$$\Delta p_{тр} = \lambda \cdot (l_k / D_g) \cdot p_d, \text{ Па}, \quad (4.14)$$

де $\lambda = 0,025$ – коефіцієнт тертя для металевих повітропроводів;

$l_k = 0,9 \text{ м}$ – довжина горизонтального каналу.

$$\Delta p_{тр} = 0,025 \cdot (0,9 / 0,36) \cdot 9,92 = 0,62 \text{ Па}.$$

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

Отримане значення є малим, тому основну частину повного опору системи формують місцеві втрати на вході, виході, жалюзі, поворотах та напрямних елементах. Для розрахунків приймаємо сумарний опір горизонтального каналу в межах 350 Па.

4.2.5 Визначення витрати повітря в аспіраційному каналі

Аспіраційний канал забезпечує видалення пилу, легких органічних домішок і частинок із малою питомою масою. Для модернізованого сепаратора приймається один аспіраційний канал із площею поперечного перерізу 0,135 м².

$$F_a = 0,135 \text{ м}^2.$$

Розрахункова витрата повітря в аспіраційному каналі визначається аналогічно основному каналу:

$$L_a = F_a \cdot v_a, \text{ м}^3/\text{с}. \quad (4.15)$$

За швидкості $v_a = 4,0 \text{ м/с}$:

$$L_a = 0,135 \cdot 4,0 = 0,54 \text{ м}^3/\text{с} = 1944 \text{ м}^3/\text{год}.$$

З урахуванням нерівномірності руху повітря, додаткових місцевих опорів і втрат через напрямні елементи фактична потреба в повітрі для всієї аспіраційної системи приймається на рівні 3500 м³/год.

Місцеві втрати тиску визначаються через суму коефіцієнтів опору:

$$\Delta p_m = \Sigma \zeta \cdot p_0, \text{ Па}, \quad (4.16)$$

де $\Sigma \zeta$ – сумарний коефіцієнт місцевих опорів. З урахуванням входу, виходу, жалюзі, поворотів, розподільників та інерційного пилоочисника сумарний опір системи приймаємо за заданими даними 160...170 кгс/м².

Переведемо заданий тиск у паскалі:

$$p_0 = 170 \cdot 9,81 = 1668 \text{ Па}.$$

Отже, для проектного підбору вентилятора приймаємо повний тиск $H_v = 1668 \text{ Па}$. Таке значення враховує втрати в каналах, на жалюзійних напрямних, у робочій камері та в пиловловлювальній частині.

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

4.2.6 Розрахунок параметрів струменевих розподільників

Струменеві розподільники встановлюються в нижній частині бункера і призначені для поділу загального потоку насіння на окремі рівномірні струмені. Такий спосіб подачі забезпечує кращу взаємодію кожної порції матеріалу з повітряним потоком і знижує ймовірність перевантаження окремих зон пневмосепараційної камери.

За вихідними даними приймаємо 12 розподільних каналів. Ширина одного каналу становить $b = 8$ мм, висота щілини $h = 16$ мм, відстань між каналами 16 мм, кут нахилу напрямних пластин 35° .

Площа одного розподільного каналу визначається:

$$f_1 = b \cdot h, \text{ м}^2. \quad (4.17)$$

$$f_1 = 0,008 \cdot 0,016 = 0,000128 \text{ м}^2.$$

Загальна площа відкритих перерізів розподільників становить:

$$F_p = n_p \cdot f_1, \text{ м}^2, \quad (4.18)$$

$$F_p = 12 \cdot 0,000128 = 0,001536 \text{ м}^2.$$

Об'ємна витрата насіння через бункер при продуктивності 0,3 т/год становить:

$$Q_{н.в} = Q_c / \rho_n = 300 / 400 = 0,75 \text{ м}^3/\text{год} = 0,000208 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Середня швидкість виходу насіння через розподільні щілини дорівнює:

$$v_n = Q_{н.в} / F_p, \text{ м/с}. \quad (4.19)$$

$$v_n = 0,000208 / 0,001536 = 0,135 \text{ м/с}.$$

Отримана швидкість є достатньо малою, що свідчить про спокійний характер подачі насіння в робочу зону сепаратора. Це позитивно впливає на рівномірність розподілу матеріалу по ширині камери та зменшує ймовірність утворення ущільнених потоків.

Загальна ширина блока розподільників визначається за формулою:

$$B_p = n_p \cdot b + (n_p - 1) \cdot a, \text{ м}, \quad (4.20)$$

де $a = 0,016$ м – відстань між сусідніми каналами.

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

$$B_p = 12 \cdot 0,008 + 11 \cdot 0,016 = 0,272 \text{ м.}$$

Оскільки ширина робочої камери становить 0,30 м, блок із 12 розподільниками шириною 0,272 м конструктивно розміщується в межах камери та забезпечує рівномірне живлення робочої зони по всій її ширині.

4.2.7 Проектний розрахунок вентилятора

Вентилятор є основним енергетичним елементом пневмосистеми сепаратора. Він повинен забезпечувати необхідну витрату повітря та створювати повний тиск, достатній для подолання опору робочого каналу, аспіраційної системи, напрямних елементів, жалюзі та пиловловлювальної частини.

За результатами попередніх розрахунків приймаємо розрахункову витрату повітря:

$$L_{zag} = c = 3500 / 3600 = 0,972 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Повний тиск вентилятора приймаємо:

$$H_e = 170 \text{ кгс/м}^2 = 1668 \text{ Па.}$$

Потужність, необхідна для приводу вентилятора, визначається за формулою:

$$N_e = (L_{zag} \cdot H_e) / (1000 \cdot \eta_e \cdot \eta_{\partial e}), \text{ кВт,} \quad (4.21)$$

де $\eta_e = 0,55$ – ККД вентилятора;

$\eta_{\partial e} = 0,65$ – ККД електродвигуна та приводу.

$$N_e = (0,972 \cdot 1668) / (1000 \cdot 0,55 \cdot 0,65) = 2,34 \text{ кВт.}$$

Для забезпечення стійкої роботи вентилятора в умовах зміни засміченості насіннєвого матеріалу та можливого зростання опору повітряної системи вводимо коефіцієнт запасу потужності $k_z = 1,30$:

$$N_{\partial e} = N_e \cdot k_z, \text{ кВт.} \quad (4.21)$$

$$N_{\partial e} = 2,34 \cdot 1,43 = 1,63 \text{ кВт.}$$

За стандартним рядом потужностей електродвигунів приймаємо двигун потужністю 1,5 кВт.

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

Частоту обертання робочого колеса вентилятора приймаємо в межах 1200...1300 об/хв. Тип вентилятора – відцентровий, з жорстким кріпленням на рамі сепаратора.

Якщо в процесі уточнення конструкції буде прийнята максимальна витрата повітря 1800 м³/год, тоді потрібна потужність електродвигуна з урахуванням запасу становитиме близько 1,63 кВт. У такому випадку доцільно застосувати електродвигун потужністю 1,5 кВт. Для прийнятого в роботі режиму 3500 м³/год достатнім є електродвигун 1,5 кВт.

4.2.8. Розрахунки на міцність деталей пневмосистеми сепаратора

Розраховуємо пасову передачу вентилятора сепаратора (рис. 4.2).

Вихідні дані для розрахунку:

- величина потужності електродвигуна вентилятора $N_{\text{дв}} = 1,5$ кВт;
- значення частоти обертання на валу електродвигуна $n_{\text{дв}} = 1280$ об/хв
- величина передаточного відношення пасової передачі $i_{\text{дв}} = 1,08$.

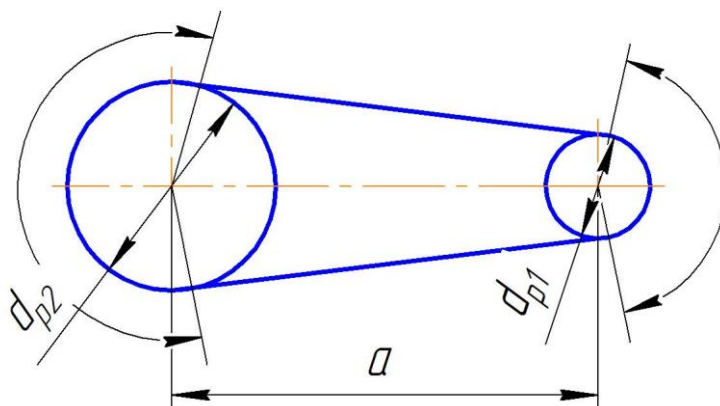


Рис. 4.2 Схема до розрахунку пасової передачі вентилятора сепаратора.

Визначаємо крутний момент на першому валу вентилятора:

$$P_6 = 9550 \cdot \frac{N_{\text{дв}}}{n_{\text{дв}}} \quad (4.22)$$

$$T_6 = 9550 \cdot \frac{1,5}{1280} = 11,19 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Із урахуванням [19] приймемо значення перерізу пасу вентилятора «В» із такими параметрами: $b_{\text{пер}} = 12,0$ мм, $h = 8,6$ мм, $b_{\text{п}} = 16$ мм, $y = 4,2$ мм, $F = 1,44$ см².

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

Відповідно, діаметр меншого шківу буде мати наступні рекомендації [19], $d_{ш1} = 128$ мм.

Визначаємо значення діаметру більшого шківу вентилятора сепаратора:

$$d_{ш2} = d_{ш1} \cdot i \cdot (1 - \varepsilon) \quad (4.23)$$

де $\varepsilon = 0,021$ – значення коефіцієнту просковзування клинового пасу [19];

$$d_{ш2} = 128 \cdot 1,08 \cdot (1 - 0,021) = 138 \text{ мм}$$

На підставі обчислень приймемо стандартний діаметр $d_{ш2} = 140$ мм

Розрахуємо фактичне значення передаточного числа пасової передачі:

$$i = \frac{d_{ш2}}{d_{ш1} \cdot (1 - \varepsilon)} \quad (4.24)$$

$$i = \frac{140}{138 \cdot (1 - 0,012)} = 1,09$$

Розраховуємо необхідну швидкість руху пасу:

$$v_n = \frac{\pi \cdot d_{ш1} \cdot n_d}{60 \cdot 1000} \quad (4.25)$$

$$v_n = \frac{3,14 \cdot 128 \cdot 1280}{60 \cdot 1000} = 8,57 \text{ м/с}$$

Необхідна частота оберту веденого вала пасової передачі буде:

$$n_B = \frac{d_{ш1} \cdot n_d \cdot (1 - \varepsilon)}{d_{ш2}} \quad (4.26)$$

$$n_B = \frac{128 \cdot 1280 \cdot (1 - 0,02)}{140} = 1146 \text{ об/хв.}$$

Міжосьова відстань буде відповідно до рекомендацій [19]:

$$a = 0,951 \cdot d_{ш2} = 0,951 \cdot 140 = 133,14 \text{ мм.}$$

Розраховуємо необхідну довжину пасу:

$$L_n = 2 \cdot a + \frac{\pi}{2} \cdot (d_{ш1} + d_{ш2}) + \frac{(d_{ш1} - d_{ш2})^2}{4 \cdot a} \quad (4.27)$$

$$L_p = 2 \cdot 133,14 + \frac{3,14}{2} \cdot (128 + 140) + \frac{(140 - 128)^2}{4 \cdot 133,14} = 687,82 \text{ мм.}$$

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

Тоді приймемо стандартне значення довжини пасу $L = 708$ мм.

Відповідно до значення стандартної довжини паса, значення міжосьової відстані буде:

$$a = \frac{2 \cdot L - \pi \cdot (d_{w1} + d_{w2}) + \sqrt{[2 \cdot L - \pi \cdot (d_{w1} + d_{w2})]^2 - 8 \cdot (d_{w2} - d_{w1})^2}}{8}, \quad (4.28)$$

$$a = \frac{2 \cdot 708 - 3,14 \cdot (128 + 140) + \sqrt{[2 \cdot 708 - 3,14 \cdot (128 + 140)]^2 - 8 \cdot (140 - 128)^2}}{8} = 154$$

Визначаємо значення кута обхвату на меншому шківі вентилятора сепаратора:

$$\alpha_1^0 = 180^0 - 60^0 \cdot \frac{d_{w2} - d_{w1}}{a} \quad (4.29)$$

$$\alpha_1^0 = 180^0 - 60^0 \cdot \frac{140 - 128}{154} = 168^0.$$

Відповідно, значення вихідної довжини пасу [19], $L_{\Pi} = 2236$ мм; величина відносної довжини $L/L_{\Pi} = 708/2236 = 0,316$.

Коефіцієнт довжини пасу вентилятора [19], $C_{LB} = 0,82$. Значення вихідної потужності $-d_{w1} = 128$ мм та швидкість паса $v_n = 8,57$ м/с, $N_{0B} = 2,28$ кВт.

Вибираємо з таблиці значення коефіцієнту кута обхвату [19], $C_{06} = 0,96$. Також врахуємо поправку до крутного моменту на передаточне відношення [19], $\Delta T_B = 2,14$ Н·м.

Відповідно, визначаємо поправку до потужності двигуна:

$$\Delta N_v = 0,0001 \cdot \Delta T_B \cdot N_d, \quad (4.30)$$

$$\Delta N_v = 0,0001 \cdot 2,14 \cdot 1280 = 0,27 \text{ кВт}$$

Відповідно до [19], значення коефіцієнту режиму роботи двигуна при нормальному навантаженні буде, $C_{реж} = 0,76$.

Визначаємо допустиме значення потужності на один пас вентилятору:

$$[N_I] = (N_{0B} \cdot C_a \cdot C_L + \Delta N_v) \cdot C_{реж}, \quad (4.31)$$

$$[N_I] = (2,28 \cdot 0,98 \cdot 0,814 + 0,291) \cdot 0,76 = 1,66 \text{ кВт}.$$

N_I

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

Розраховуємо необхідне значення кількості пасів :

$$z_n = \frac{N_d}{[N_1]}, \quad (4.32)$$

$$z = \frac{2,28}{1,68} = 1,35.$$

Тоді, коефіцієнт, що враховує величину нерівномірності навантажень $C_{нер} = 1$.

Розрахуємо необхідне значення кількості пасів у передачі:

$$z' = \frac{z}{C_{нер}} \quad (4.33)$$

$$z' = \frac{1,35}{1} = 1,35.$$

Відповідно до розрахунків приймемо необхідне значення кількості пасів $z' = 2$ шт.

Сила початкового натяга для клинового паса визначається рівнянням:

$$S_{поч} = \frac{780 \cdot N_d}{v \cdot C_a \cdot C_L \cdot z_n} + q \cdot v^2, \quad (4.34)$$

$$S_{поч} = \frac{780 \cdot 2,28}{8,57 \cdot 0,981 \cdot 0,86 \cdot 2} + 0,181 \cdot 9,26^2 = 1638$$

де q – значення ваги паса, $q = 0,181$ кг/м ([19]);

Розраховуємо зусилля, яке діє на вали пасової передачі вентилятора:

$$Q_n \approx 2 \cdot S_{поч} \cdot z' \cdot \sin \frac{\alpha_1^0}{2} \quad (4.35)$$

$$Q_n = 2 \cdot 1638 \cdot 2 \cdot \sin \frac{174^0}{2} = 6552 \text{ Н}$$

Відповідно до [14] розміри ободів шківів вентилятора мають такі значення:

- $l_p = 14$ мм; $h = 12,8$ мм; $b = 4,32$ мм; $e = 16$ мм; $f = 11,5$ мм; $r = 1,0$ мм;
- $h_{1min} = 12$ мм; $\alpha_1 = 36^0$; $\alpha_2 = 44^0$.

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

Розраховуємо зовнішні значення діаметрів шківів пасової передачі:

$$d_{31} = d_{u1} + 2 \cdot b, \quad (4.36)$$

$$d_{31} = 128 + 2 \cdot 4,32 = 138 \text{ мм};$$

$$d_{32} = d_{u2} + 2 \cdot b, \quad (4.37)$$

$$d_{32} = 140 + 2 \cdot 4,32 = 146,32 \text{ мм}$$

Відповідно, тоді, ширину ободів шківів будемо мати наступну:

$$M_{06} = (z' - 1) \cdot e + 2 \cdot f, \quad (4.38)$$

$$M_{06} = (2 - 1) \cdot 16 + 2 \cdot 11,5 = 30 \text{ мм}$$

4.2.9 Узагальнення прийнятих конструктивно-технологічних параметрів

За результатами проведених розрахунків встановлено основні параметри модернізованої пневмосистеми сепаратора САД-5. Запропоновані зміни спрямовані на підвищення рівномірності подачі насіння фацелії та стабілізацію повітряного потоку в зоні сепарації.

Запропонована конструкція дає можливість організувати більш рівномірне надходження насіння з бункера до робочої камери. Розподіл матеріалу на 12 окремих струменів зменшує локальне перевантаження повітряного потоку та покращує умови розділення компонентів насіннєвої суміші. Встановлення напрямних елементів у повітряному каналі сприяє вирівнюванню швидкісного поля та зменшенню турбулентності.

Висновки до інженерної частини

У даному розділі виконано технологічні та конструктивні розрахунки основних вузлів модернізованої пневмосистеми аеродинамічного сепаратора САД-5, призначеного для очищення насіння фацелії. Встановлено, що за заданої продуктивності сепаратора 0,3 т/год необхідна об'ємна подача насіння становить 0,75 м³/год.

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

Розрахунком шнекового завантажувача встановлено, що при діаметрі шнека 120 мм, кроці 100 мм і частоті обертання 300 об/хв його фактична продуктивність становить 1,34 т/год. Це перевищує необхідне значення та забезпечує технологічний запас. Для приводу шнека прийнято електродвигун потужністю 0,37 кВт із пасовою передачею.

Розрахунковий об'єм приймального бункера з урахуванням шести хвилин автономної роботи та коефіцієнта запасу становить 0,098 м³. Конструктивно прийнято бункер місткістю 0,10...0,12 м³, що забезпечує стабільну подачу матеріалу до робочої камери.

Для горизонтального повітряного каналу площею 0,135 м² при швидкості повітря 4,0 м/с основна витрата повітря становить 1944 м³/год. З урахуванням запасу та втрат у пневмосистемі прийнято загальну витрату 3500 м³/год.

Розраховано параметри струменевих розподільників: прийнято 12 каналів із розмірами щілини 8 × 16 мм, а ширина блока розподільників – 0,272 м, що узгоджується з шириною робочої камери 0,30 м.

Проектним розрахунком вентилятора встановлено, що при витраті повітря 350 м³/год і повному тиску 1668 Па необхідна потужність із урахуванням запасу становить 1,63 кВт. За стандартним рядом прийнято відцентровий вентилятор з електродвигуном потужністю 1,5 кВт та частотою обертання робочого колеса 1200...1300 об/хв.

Отримані результати підтверджують технічну доцільність модернізації пневмосистеми сепаратора САД-5. Запропоноване рішення забезпечує передумови для підвищення якості очищення насіння фацелії, зменшення втрат кондиційного матеріалу та підвищення стабільності технологічного процесу сепарації.

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

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів під час експлуатації зерноочисної машини САД-5

Експлуатація аеродинамічного сепаратора САД-5 пов'язана з виконанням технологічних операцій очищення та сортування насіння фацелії, під час яких на обслуговуючий персонал можуть впливати різноманітні небезпечні та шкідливі виробничі фактори [24]. Відповідно до вимог чинного законодавства України з охорони праці, усі виробничі фактори повинні бути виявлені, оцінені та мінімізовані шляхом впровадження організаційних і технічних заходів безпеки.

Одним із найбільш поширених шкідливих факторів при роботі зерноочисного обладнання є підвищена запиленість повітря робочої зони. У процесі переміщення, очищення та сепарації насіннєвого матеріалу відбувається виділення значної кількості органічного пилу, який містить подрібнені частинки рослинних решток, оболонок насіння, мінеральних домішок та мікроорганізмів. Тривалий вплив пилу на органи дихання працівників може спричинити розвиток професійних захворювань, подразнення слизових оболонок, алергічні реакції та зниження працездатності.

До небезпечних факторів належать рухомі частини машин і механізмів. Особливу небезпеку становлять приводні ремені, шківи, вали, шнековий завантажувач, а також робоче колесо вентилятора. У разі відсутності або пошкодження захисних огорожень існує ризик травмування персоналу під час технічного обслуговування чи усунення несправностей обладнання.

Підвищену небезпеку створює також електричне обладнання сепаратора. Живлення електродвигунів здійснюється від мережі змінного струму, тому при пошкодженні ізоляції, несправності пускової апаратури або відсутності заземлення можливе ураження працівників електричним струмом.

Важливим фактором ризику є пожежна безпека. Насіннєвий пил належить до горючих речовин і при накопиченні у виробничих приміщеннях може утворювати вибухонебезпечні пилоповітряні суміші.

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

Джерелами займання можуть бути перегрівання електродвигунів, короткі замикання електрообладнання, іскроутворення або порушення правил експлуатації машин [20].

Під час завантаження насіння до бункера та очищення обладнання можливі фізичні перевантаження працівників. Виконання ручних операцій, пов'язаних із переміщенням мішків із насінням, призводить до додаткових навантажень на опорно-руховий апарат і підвищує ризик виникнення виробничого травматизму.

При проведенні технічного обслуговування та ремонтних робіт існує небезпека падіння працівника з висоти під час доступу до верхньої частини бункера або аспіраційних каналів. Особливої уваги потребує дотримання вимог безпеки під час очищення та регулювання обладнання.

Таким чином, найбільш суттєвими небезпечними та шкідливими виробничими факторами при експлуатації сепаратора САД-5 є підвищена запиленість повітря, виробничий шум, наявність рухомих механізмів, електричний струм, пожежна небезпека та фізичні навантаження на персонал. Для забезпечення безпечних умов праці необхідно передбачити комплекс профілактичних заходів.

5.2 Розробка заходів щодо забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних умов праці

Для створення безпечних умов праці при експлуатації модернізованого сепаратора САД-5 необхідно реалізувати комплекс організаційних, технічних та санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на зменшення впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів на працівників.

Одним із головних напрямів забезпечення належних умов праці є боротьба із запиленістю повітря виробничих приміщень. З цією метою сепаратор повинен бути обладнаний аспіраційною системою, яка забезпечує видалення пилу безпосередньо із зони його утворення. У приміщенні зерноочисного комплексу необхідно передбачити загальнообмінну припливно-витяжну вентиляцію, яка підтримуватиме нормативні параметри повітряного

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

середовища. Крім того, працівники повинні бути забезпечені індивідуальними засобами захисту органів дихання у вигляді протипилових респіраторів [24].

Для зменшення шумового навантаження рекомендується використовувати гумові антивібраційні опори під електродвигунами та вентилятором, а також застосовувати звукопоглинальні матеріали на внутрішніх поверхнях виробничого приміщення. Працівники, які тривалий час перебувають у зоні підвищеного шуму, повинні використовувати протишумові навушники або вкладиші.

Безпечна експлуатація рухомих частин сепаратора забезпечується встановленням суцільних захисних кожухів на пасових передачах, приводних механізмах та робочих органах машини. Виконання ремонтних і налагоджувальних робіт дозволяється лише після повної зупинки обладнання та відключення його від електромережі.

Для захисту від ураження електричним струмом усі металеві неструмоведучі частини машини повинні бути надійно заземлені. Електрообладнання необхідно оснащувати автоматичними вимикачами захисту від перевантажень і коротких замикань.

Особливу увагу необхідно приділяти заходам пожежної безпеки. Виробниче приміщення повинно бути оснащено порошковими або вуглекислотними вогнегасниками, ящиками з піском та іншими первинними засобами пожежогасіння. Забороняється використання відкритого вогню поблизу зерноочисного обладнання та накопичення пилу на конструкціях і технологічному обладнанні.

До роботи на сепараторі допускаються лише працівники, які пройшли навчання з охорони праці, первинний інструктаж на робочому місці та ознайомлені з правилами експлуатації обладнання.

Отже, реалізація запропонованих організаційних, технічних та санітарно-гігієнічних заходів забезпечить безпечну експлуатацію модернізованого аеродинамічного сепаратора САД-5, знизить ризик виробничого травматизму та професійних захворювань, а також створить умови праці для персоналу.

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

6. Висновки

1. На основі аналізу сучасних технологій вирощування фацелії розроблено технологічну карту її вирощування на площі 100 га з прогнозованою урожайністю 0,6 т/га. Встановлено, що ефективність виробництва насіння значною мірою залежить від якості післязбирального очищення

Розрахунками післязбиральної обробки встановлено, що при добовому надходженні 9,7 т насіння повний цикл очищення та сушіння врожаю обсягом 58,6 т може бути виконаний протягом 6 діб. Очікуваний вихід кондиційного насіння становить 84,5 %.

2. Обґрунтовано доцільність використання аеродинамічного сепаратора САД-5 для очищення насіння фацелії. Встановлено, що традиційні решітні машини не забезпечують необхідної якості розділення через близькість фізико-механічних властивостей насіння та домішок.

3. За результатами аналізу конструкції САД-5 визначено основний недолік машини - нерівномірний розподіл швидкостей повітряного потоку в робочій камері, що негативно впливає на якість сепарації та продуктивність.

4. Запропоновано удосконалення пневмосистеми сепаратора шляхом встановлення струменевого розподільника на днищі бункера та подовжених жалюзійних напрямників повітряного потоку. Запропонована конструкція забезпечує формування рівномірних потоків насіння та покращує умови його взаємодії з повітряним середовищем.

5. Виконано інженерні розрахунки основних елементів модернізованої системи, зокрема шнекового завантажувача, бункера, горизонтального повітряного каналу, аспіраційної системи та вентилятора. Отримані параметри підтвердили працездатність і технічну доцільність запропонованої конструкції.

6. Розроблено комплекс заходів з охорони праці, спрямованих на зниження впливу пилу, шуму, рухомих механізмів та електричного струму на персонал, що забезпечує безпечну експлуатацію модернізованого сепаратора.

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

Список використаної літератури

1. Зінченко О.І., Салатенко В.Н., Білоножко М.А. Рослинництво. К.:Аграрна освіта, 2001. С.356 – 373.
2. Фацелія-медонос, сидерат та кормова культура
<https://propozitsiya.com/ua/faceliya-medonos-siderat-ta-kormova-kultura>
3. Технологія виробництва продукції рослинництва : навч. посіб. Ч.2 / [Мельник С.І., Муляр О.Д., Кочубей М.Й., Іванцов П.Д.]. – К. : Аграрна освіта, 2010. – 405 с.
4. Петров П.В. Агротехнологія і технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур : навч. посіб. / Петров П.В., Посполітак Т.Є., Юркевич Є.О. – К. : Аграрна освіта, 2009. – 268 с.
5. Сільськогосподарські машини :підручник / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агроосвіта», 2015. – 679 с.
6. Бендера І.М. Машини для виробництва продукції рослинництва : навчальний посібник. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин Я.І., 2013. 576 с.
7. https://lemken.com.ua/files/prospekti/Rubin9_ru.pdf
8. <https://amazone.net/>
9. <https://demetra-site.com.ua/>
10. Васильковська К.В., Андрієнко О.О., Шепілова Т.П. Ефективність агродронів в системі точного землеробства. Аграрні інновації. – Херсон: Видавничий дім «Гельветика». 2023. Вип. 16. С. 13-18.
11. <https://www.claas.com/uk-ua>
12. Методичні рекомендації до оформлення кваліфікаційної роботи здобувачів першого (бакалаврського) освітнього рівня за освітньо-професійною програмою 208 «Агроінженерія» / Укл.: Д.І. Петренко, С.М. Лещенко, В.М. Сало, О.М. Васильковський, О.В. Бевз, С.О. Магопець. – Кропивницький : ЦНТУ, 2022. – 99 с.
<https://dspace.kntu.kr.ua/items/eedef525-77bb-4dad-b450-a9b7cef948bf>

					МВСЩ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

13. Нестеренко О.В. Перспективний напрямок інтенсифікації повітряної сепарації зерна / О.В Нестеренко, О.М Васильковський, С.М. Лещенко, Д.І. Петренко, Д.В. Богатирьов // Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: Зб. наук. пр. Кіровоградського нац. техн. ун-ту. Кіровоград: КНТУ, 2012. – Вип. 25. Ч.1. – С.49-53.

14. <https://aeromeh.com.ua/product/separator-sad-5/>

15. Гевко Б.М. Машини для післязбиральної обробки зерна та насіння : навчальний посібник. Тернопіль : ТНТУ, 2014. 248 с.

16. Погорілий Л.В. Машини для післязбиральної обробки зерна. Київ : Урожай, 1997. 240 с.

17. Цимбал А.М. Основи проектування та розрахунку транспортуючих машин. Київ : Аграрна освіта, 2008. 312 с.

18. ДСТУ 2240-93. Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. Технічні умови.

19. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості.

20. НПАОП 01.0-1.01-12. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві.

21. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропивний В.М. Сільськогосподарські машини: Теоретичні основи, конструкція, проектування/Під ред. Чорновола М.І.–К.:Урожай, 2001.–382с.

22. Машини для сівби, садіння та догляду за посівами: навчальний посібник / В. Сало, С. Лещенко, П. Лузан, Л. Сало/ –Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2022. – 220 с.

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

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

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

ДОДАТКИ