

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 насіночисної машини СМ-4 з удосконаленням
решітної частини»

Виконав здобувач вищої освіти IV курсу,

групи ГМ(СМ)-21

ОПП «Галузеве машинобудування»

спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

_____ Жос Дмитро Валерійович

« ____ » _____ 20 ____ р.

Керівник проекту

доцент, канд.техн.наук

_____ Олександр НЕСТЕРЕНКО

« ____ » _____ 20 ____ р.

Рецензент _____ доц. Щербина К.К.

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет Агротехнічний

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Галузеве машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« » 2025 року

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

Жос Дмитро Валерійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту): Модернізація насінєочисної машини СМ-4 з удосконаленням решітної частини
2. Керівник роботи (проекту) Нестеренко Олександр Вікторович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
3. Строк подання роботи до захисту 25.06.2025 р.
4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи (проекту) Підвищення ефективності роботи насінєочисної машини СМ-4 шляхом вдосконалення приводу решітного стану.
5. Перелік графічного матеріалу 1. Насінєочисна машина СМ-4 (Загальний вигляд); 2. Привід решітного стану (складальне креслення); 3. Деталювання. Всього 3 аркуші формату А1 змаштабовані в формат А4.

6. Консультанти розділів роботи

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Дата видачі завдання

«03» лютого 2025 р.

Підпис керівника

(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

« ____ » _____ 2025 р.

Підпис здобувача _____

(прізвище та ініціали)

Зміст

1. Вступ	5
2. Стан питання про насінеочисну машину СМ-4.....	6
3. Конструкторська частина.....	16
4. Охорона праці.....	34
5. Висновки	36
Список використаних джерел	37
Додатки	39

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

1. ВСТУП.

Збільшення обсягів вирощування зернових культур в Україні зумовлює необхідність застосування високоефективних насіннеочисних машин, здатних забезпечити якісну та швидку підготовку зерна до зберігання або висіву [1].

При цьому особливу увагу слід приділяти не лише загальній продуктивності, а й стабільності роботи окремих функціональних систем машини, які безпосередньо впливають на кінцеву якість очищення.

Насіннеочисна машина СМ-4, що широко використовується в господарствах, виконує очищення зерна за комбінованим принципом -повітряно-решітним способом.

Однак у процесі експлуатації виявляються окремі недоліки конструкції, зокрема нестабільна робота решітного стану, що проявляється у нерівномірному коливальному русі решіт, підвищеному зношенні шарнірних з'єднань і, як наслідок, зниженні ефективності сепарації.

Однією з основних причин таких негативних проявів є недосконалість конструкції приводу решітного стану, яка не забезпечує оптимальні параметри коливань, необхідні для якісного розділення зернової маси. При підвищенні навантаження це особливо гостро проявляється через зниження амплітуди коливань, що погіршує рух зерна по решетах та спричиняє засмічення.

У роботі запропоновано технічне рішення з модернізації приводу решітного стану машини СМ-4, яке дозволить покращити рівномірність коливального руху, знизити динамічні навантаження та підвищити загальну ефективність процесу очищення.

Метою роботи є аналіз конструктивних особливостей насіннеочисної машини СМ-4, визначенні конструкційних недоліків її решітної частини і розробці технічного рішення для покращення її технологічної ефективності.

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

2. СУЧАСНИЙ СТАН ВИКОРИСТАННЯ НАСІННЕОЧИСНОЇ ТЕХНІКИ В УКРАЇНІ

2.1. Огляд машин для підготовки насінєвого матеріалу.

Актуальні завдання аграрного сектору України тісно пов'язані з забезпеченням виробництва якісного насіння, яке відповідає встановленим стандартам чистоти, вологості, однорідності та схожості. У зв'язку з цим використання ефективних засобів післязбиральної обробки зернової маси, зокрема насіннеочисної техніки, набуває особливого значення [1].

На сьогодні в Україні експлуатується широкий спектр машин для очищення насіння, як вітчизняного, так і закордонного виробництва. Найбільшого поширення набули комбіновані машини, які поєднують повітряну сепарацію з решітною очисткою, що дозволяє виконувати комплексну обробку зернової суміші за один технологічний цикл.

Однією з найбільш використовуваних машин у дрібнонасінєвому та фермерському господарстві є насіннеочисний комплекс САД-5, який забезпечує очищення насіння на основі попереднього поділу за аеродинамічними властивостями в пневмосепараційному каналі. Перевагою даної машини є простота конструкції, відсутність решітного обладнання та можливість точного виділення фракцій на основі їхньої парусності. САД-5 дозволяє ефективно розділяти зернову суміш навіть при підвищеному вмісті легкої домішки, однак обмежено придатний для великих обсягів, оскільки його продуктивність не перевищує 5 т/год [5].

Широко застосовується також ІСМ-5 - інерційно-пневматична машина українського виробництва, призначена для очищення та калібрування насіння зернових, зернобобових та олійних культур [7]. Її головною особливістю є вібраційна система подачі зернової маси та багатоетапна система очищення, що базується на регульованих потоках повітря.

Завдяки такому підходу машина дозволяє виділяти до чотирьох фракцій та працювати з різноманітним насінневим матеріалом без зміни основних налаштувань.

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

Однак, складність регулювання та висока чутливість до зміни вологості сировини вимагає належної підготовки оператора.

Серед імпоротної техніки слід виділити Petkus Gigant K-531 - машину німецького виробництва, яка відзначається високою надійністю та стабільною роботою [6]. Вона оснащена системою подвійної аспірації та декількома рівнями решіт, що дозволяє забезпечити багатоетапне очищення насіння з високою точністю. Завдяки широкому вибору решіт, машина ефективно адаптується до очищення зерна різних культур. Проте висока вартість обладнання та обслуговування обмежує її застосування здебільшого в насінневих заводах та великих агрохолдингах.

Серед традиційно вживаних машин також залишаються ОВС-25, ЗАВ-20, БЦС-50 та СМ-4, які є основою технологічних ліній попереднього очищення. Ці машини характеризуються простою конструкцією, надійністю, але морально застаріли й потребують удосконалення окремих вузлів — особливо систем подачі та приводу решітного стану, які мають вирішальний вплив на якість сепарації.

На сучасному етапі в Україні спостерігається чітка тенденція до оновлення та модернізації парку насіннеочисної техніки. Вітчизняні виробники все частіше орієнтуються на створення енергоощадних, адаптивних до змінного насінневого матеріалу машин, які поєднують переваги класичних конструкцій і сучасних технологій управління [1, 2].

Таким чином, незважаючи на значне розмаїття машин, основною проблемою залишається необхідність покращення ефективності основних функціональних систем, зокрема решітного стану. Саме привід решіт та параметри його роботи визначають стабільність коливального процесу, який суттєво впливає на якість та глибину розділення зернової маси. Саме тому модернізація приводу решітного стану, як у випадку машини СМ-4, є доцільним напрямком удосконалення з метою підвищення технологічного рівня вітчизняного насіннеочисного обладнання.

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

В умовах інтенсивного розвитку агровиробництва актуальним стає використання мобільних та універсальних технічних засобів для підготовки насінєвого матеріалу.

Одним із таких рішень є самохідний аеродинамічний зерноочисний комплекс САД [5] (рис. 2.1), який завдяки своїй конструкції поєднує функції транспортування, очищення та первинного сортування зернової маси.



Рис. 2.1 Загальний вигляд зерноочисного комплексу САД (Аеромех)

Комплекс змонтований на колісному шасі з електродвигуном, що забезпечує його самохідність. Основними вузлами машини є: завантажувальний шнек, пневмосепараційна камера, вентиляторний блок, система регулювання повітряного потоку, відбір фракцій та бункери для збирання очищеного зерна й відходів. Пневмосепарація відбувається на основі різниці аеродинамічних властивостей частинок, що дозволяє розділяти суміш на фракції залежно від їх густини та форми.

До основних переваг комплексу САД належать:

- мобільність і можливість роботи безпосередньо на місці зберігання або збору врожаю;
- відсутність решітного обладнання, що знижує рівень зношення та потребу в частому обслуговуванні;

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

- плавне регулювання інтенсивності повітряного потоку;
- можливість очищення широкого спектра культур.

Водночас серед недоліків варто зазначити обмежену продуктивність (до 5 т/год), недостатню ефективність при обробці насіння з підвищеною вологістю, а також втрати кондиційного зерна при недосконалому налаштуванні повітряного потоку.

Перспективними напрямками удосконалення конструкції є модернізація системи керування потоком повітря за допомогою електроніки, введення автоматичної адаптації до типу зерна, а також підвищення продуктивності шляхом оптимізації форми пневмоканалу та системи завантаження.

В умовах високих вимог до якості насіннєвого матеріалу провідну роль відіграють зерноочисні машини, здатні забезпечити точне й багаторівневе очищення зернової маси. Серед імпортного обладнання, що успішно використовується в українському аграрному секторі, варто виділити зерноочисну машину Petkus Gigant 531 (рис. 2.2), яка зарекомендувала себе як надійний та ефективний агрегат для попередньої і вторинної очистки насіння [6].



Рис.2.2. Зерноочисна машину Petkus Gigant 531 (Нмеччина)

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

Конструктивно машина Petkus 531 є модульним агрегатом, що складається з системи аспірації, попереднього очищення, решітного блоку та трієрного блоку. Основними робочими органами є:

- двоступенева система очищення повітрям (перед аспіраційною камерою і після решіт);
- набір плоских решіт, які можуть бути швидко замінені під конкретний тип культури;
- вібраційний привод решітного стану, що забезпечує рівномірний рух зернової маси по всій площі решіт;
- система регулювання подачі та розподілу потоку зерна на етапі завантаження.
- трієрний блок, що забезпечує остаточне очищення шляхом виділення коротких та довгих домішок.

Petkus Gigant 531 має продуктивність до 15 т/год для попереднього очищення і до 6–8 т/год при тонкому очищенні. Висока точність сепарації досягається завдяки можливості тонкого регулювання частоти коливань решіт, кута їх нахилу, а також швидкості та напрямку потоку повітря.

Трієрна система, інтегрована в конструкцію Petkus Gigant 531, працює за принципом відбору домішок за довжиною частинок. Вона складається з одного або кількох циліндричних трієрів, поверхня яких має спеціальні осередки, що захоплюють короткі домішки (наприклад, насіння бур'янів) або, в іншому варіанті, довгі домішки (відламки соломи, залишки вусиків).

Захоплені домішки виводяться через окремий шнековий вивантажувач. Завдяки цьому забезпечується високий ступінь очищення, який неможливо досягти лише за допомогою решіт чи аспірації.

Серед ключових переваг машини слід відзначити:

- стабільну роботу за умов різної вологості та засміченості зерна;
- високу якість очищення при мінімальних втратах кондиційного матеріалу;
- швидке налаштування під різні культури завдяки змінним ситам;
- низький рівень шуму і вібрацій завдяки якісному балансуванню приводу.

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

Проте недоліками конструкції залишаються:

- висока вартість обладнання, що обмежує доступ до нього для малих фермерських господарств;
- складність технічного обслуговування через потребу в сертифікованих запасних частинах;
- залежність ефективності очищення від ретельності налаштування решіт та аспірації.

Напрямами подальшого вдосконалення Petkus 531 можуть бути впровадження автоматизованих систем контролю параметрів очищення (вологість, пилові викиди, чистота вихідного продукту), застосування датчиків навантаження на решета для адаптивного регулювання, а також інтеграція в цифрові системи управління потоком зерна в рамках сучасних токів і елеваторних комплексів.

Таким чином, Petkus Gigant 531 є технологічно досконалим рішенням для аграріїв, які ставлять на перше місце якість очищення та стабільність роботи.

Удосконалення електронної частини та розширення функціоналу автоматичного регулювання дозволить підвищити ефективність машини в умовах динамічного розвитку агропромислового комплексу.

Зерноочисні сепаратори серії ICM, що виготовляються Харківським заводом зерноочисного обладнання [7], є яскравим прикладом вітчизняної інженерної думки, реалізованої у практичних рішеннях для господарств різних масштабів.

Сепаратори ICM (рис. 2.3) побудовані за принципом інерційно-пневматичного розділення зернової суміші. Основу конструкції становить вібраційний живильник, пневмосепараційний канал, система регульованих повітряних заслінок, осадова камера з напрямними щитами та бункери для фракційного відбору.

Залежно від моделі, продуктивність машин варіюється в межах від 3 до 200 т/год, що забезпечує широке охоплення від фермерських господарств до великих агропромислових комплексів.

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

Пневмосепарація виконується шляхом дії контрольованого вертикального або похилого потоку повітря на зернову суміш. Завдяки різниці аеродинамічних властивостей частинок, маса розділяється на кілька фракцій: важке кондиційне зерно, легші домішки та пошкоджене або щупле зерно.



Рис. 2.3. Загальний вигляд пневмосепаратора ICM (Харківський завод зерночисного обладнання)

Особливістю ICM є відсутність решітного або трієрного механізму, що значно спрощує конструкцію, знижує вібраційне навантаження й потребу в обслуговуванні.

До ключових переваг ICM належать:

- універсальність (підходить для понад 100 видів культур);
- відсутність травмування зерна під час очищення;
- простота обслуговування і налаштування;
- модульна конструкція, що дозволяє масштабування потужностей;
- можливість роботи з сильно засміченим вологим зерном.

Втім, недоліками є:

- недостатня точність розділення за геометричними ознаками (немає ситового компонента);
- складність налаштування повітряного потоку при зміні культур;
- значна залежність ефективності від стабільності подачі матеріалу у вхідний тракт.

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

Шляхи удосконалення конструкції ІСМ полягають у впровадженні електронних систем керування подачею та регулювання потоку повітря, інтеграції систем візуального контролю фракцій, а також розширенні функціоналу за рахунок додавання модульних решіт або комбінованих сепараційних блоків.

Таким чином, сепаратори ІСМ є ефективним, надійним і перспективним рішенням для очищення зерна, з великим потенціалом для технологічного вдосконалення відповідно до вимог точного землеробства.

На сучасному етапі розвитку аграрного виробництва дедалі більшого поширення набувають технології безконтактного очищення зернового матеріалу. У цьому контексті повітряні (аеродинамічні) сепаратори ALMA (рис. 2.4) [8], що виготовляються українським виробником, стали інноваційним рішенням для очищення та первинного калібрування зернових, зернобобових і технічних культур.



Рис. 2.4. Повітряний сепаратор ALMA (АГРО-СІМО-МАШБУД)

Машина ALMA випускається в кількох модифікаціях із продуктивністю від 5 до 50 т/год, що дозволяє ефективно застосовувати її як у невеликих фермерських господарствах, так і в елеваторних комплексах.

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

Основний принцип дії ґрунтується на використанні контрольованого вертикального потоку повітря, який розділяє зернову масу відповідно до її аеродинамічних властивостей.

Конструкційно сепаратор складається з наступних основних вузлів:

- вібраційного або шнекового завантажувача;
- вертикального пневмосепараційного каналу;
- системи регульованих заслінок та напрямних щитів;
- циклонної або осадової камери;
- бункерів для відбору фракцій очищеного зерна, відходів та легкої домішки.

Сепарація виконується за рахунок різниці парусності частинок, без застосування решіт або трієрів, що дозволяє уникнути механічного пошкодження зерна.

Завдяки змінній конфігурації заслінок оператор може регулювати інтенсивність потоку та кут його дії, забезпечуючи точне налаштування під конкретну культуру.

Серед переваг сепараторів ALMA слід виокремити:

- повністю безконтактний процес очищення, що виключає травмування насіння;
- високу продуктивність у поєднанні з компактністю конструкції;
- можливість очищення насіння вологого або щуплого без зниження якості роботи;
- зручне технічне обслуговування та простота налаштувань.

Водночас недоліками є:

- обмеження в точності калібрування за геометричними розмірами (відсутність решітного компонента);
- потреба у попередньому видаленні великих домішок, які не піддаються пневмосепарації;
- залежність ефективності від стабільності подачі матеріалу й точності налаштувань потоку повітря.

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

Шляхи подальшого вдосконалення сепараторів ALMA полягають у впровадженні автоматизованих систем керування параметрами сепарації, інтеграції сенсорів вологи та маси, а також розробці комбінованих моделей із модульним приєднанням решітних чи фотосепараційних блоків.

Отже, аеродинамічні сепаратори ALMA представляють ефективне рішення для попереднього очищення зерна і їх подальша модернізація дозволить забезпечити більш глибоку очистку з адаптацією до умов точного землеробства.

Висновки по розділу.

Проведений аналіз сучасних моделей насіннеочисних машин, зокрема САД-5, Petkus Gigant 531, ICM та ALMA, свідчить про значну різноманітність технічних рішень, які застосовуються для забезпечення високої якості очищення зернового матеріалу. Кожен із розглянутих агрегатів має власні конструктивні особливості, що дозволяють ефективно виконувати завдання за певних умов.

Машина з комбінованою системою очистки (як-от Petkus 531) забезпечують високу точність та багаторівневу сепарацію, тоді як пневматичні сепаратори (САД, ICM, ALMA) вирізняються простотою, мобільністю й відсутністю травмування зерна.

Разом з тим, усі конструкції мають варіанти для вдосконалення - зокрема в напрямку автоматизації налаштувань, підвищення точності регулювання потоків та розширення функціональності. Це відкриває перспективи створення більш адаптивних і ефективних систем очищення для сучасного агровиробництва.

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

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Опис об'єкту розробки

Насіннеочисна машина СМ-4 призначена для очищення та фракційного сортування зернових, зернобобових, олійних, технічних культур і насіння трав, які використовуються як для сівби, так і для продовольчих потреб.

Агрегат забезпечує ефективне очищення матеріалу з рівнем засміченості до 10% та вологістю до 16%, після збирання комбайном або після попередньої очистки на машинах типу ОВС чи ОВП.

Машину СМ-4 можливо використовувати в усіх агрокліматичних зонах України. Вона адаптована до роботи як на відкритих токах, так і в закритих складських приміщеннях.

Конструктивно СМ-4 (рис. 3.1) включає: завантажувальний скребковий транспортер, решітний стан, блок повітряної очистки, вертикальний елеватор (двопотокову норію), систему трієрних циліндрів та механізм самохідного пересування.

Технологічна схема роботи машини (рис. 3.2) функціонує наступним чином.



Рис. 3.1 Загальний вигляд машини СМ-4

Під час переміщення машини вздовж бурта зерна, шнекові живильники захоплюють зерно та подають її до піднімальної труби завантажувального вузла.

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

Далі матеріал транспортується у розподільчий шнек, який рівномірно розсіює зерно по ширині машини та спрямовує його в повітряний канал I аспірації. У цьому каналі висхідний повітряний потік видаляє легкі домішки, такі як залишки соломи, колоски, частини бур'янів тощо, які осідають у спеціальній камері.

Після проходження через канал I аспірації (рис. 3.2) зернова маса надходить на решето Б1 решітного стану, де відбувається її розподіл на дві рівновеликі за масою, але різнорозмірні фракції. Подальше очищення кожної фракції відбувається окремо.

Фракція із більшими зернами (схід із решета Б1), у якій відсутні дрібні включення, потрапляє на решето Б2, де виділяються великі домішки.

Фракція з дрібними зернами (прохід через Б1), вільна від крупних часток, спрямовується на підсівне решето В, де усуваються дрібні домішки.

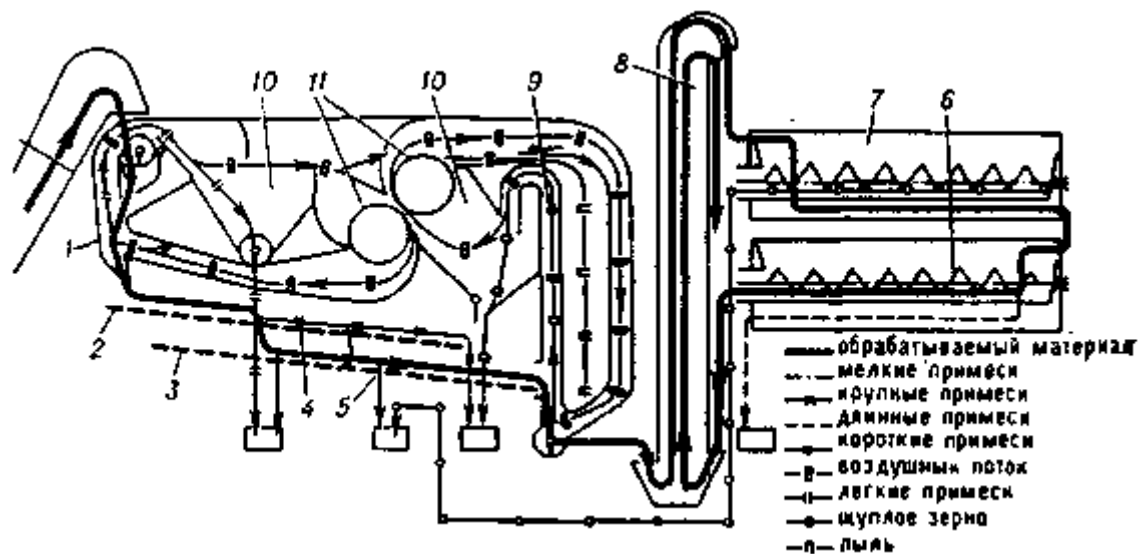


Рис. 3.2. Схема технологічного процесу насінеочисної машини СМ-4:
 1 - аспіраційний канал першого очищення; 2 – решето роздільне; 3- решето для дрібних домішок; 4- решето для колосових домішок; 5 - сортувальне решето; 6- 1-й трієрний циліндр для; 7 – 2-й трієрний циліндр; 8 -вивантажувальна норія; 9- аспіраційний канал другого очищення; 10 - осадові камери аспіраційної системи; 11 – вентилятори.

Технічна характеристика насінеочисної машини приведена в таблиці 3.1.

									Арк.
									17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Технічні дані насінєочисної машини СМ-4

Таблиця 3.1

№ п/п	Найменування	Одиниця виміру	Значення
1	Марка (модель)		СМ-4
2	Тип		Самопересувна
3	Продуктивність сепаратора при очищенні пшениці з вологістю до 16% за 1-ну годину основного часу: - посівного матеріалу з вмістом фуражних домішок до 5%, не менше	т/год	4
	- продовольчого зерна (без використання трієрів) з вмістом домішок до 10%, у тому числі смітєвих 3%, не менше	т/год	6
4	Маса сепаратора, суха (конструктивна) із повним комплектом змінних робочих органів, не більше чим	кг	1957
	Маса машини з комплектом робочих органів і пристосувань для виконання основної технологічної операції, не більше	кг	1830
5	Сумарна потужність ел. двигунів	кВт	5,2
6	Двигун типу 4А112МА6УПУЗ	шт.	
	Потужність ел. двигуна число обертів синхронне	кВт об/мин	
7	Габаритні розміри машини: не більше у робочому положенні	мм	
	ширина сепаратора		3800
	довжина сепаратора		4700
	висота сепаратора	2925	
	в транспортному положенні	мм	
	ширина сепаратора		2350
довжина сепаратора	3180		
висота сепаратора	2925		

Прохід через решето В, що містить дрібні домішки, спрямовується по жолобу в приймач 1. Схід з цього решета подається на сортувальне решето Г, де відділяються залишкові дрібні домішки і зерно незначного калібру (яке відповідає проходу через решето Б2).

Ці домішки по жолобу потрапляють у відповідний приймач, а очищене решетами зерно (схід з решета Г) подається по лотку до другої аспірації. Тут, за допомогою висхідного повітряного потоку, виносяться легкі домішки і щупле зерно в другу осадову камеру.

Далі очищене зерно транспортується шнеком чистого зерна до першої частини відвантажувального елеватора, що подає його у трієрний циліндр для виділення коротких домішок.

Відібрані короткі домішки спрямовуються в лоток, звідки шнековим транспортером вони виводяться з машини, подаються до решітного стану та з'єднуються з проходом через решето Г, утворюючи фуражні відходи.

Основна маса зерна, очищена від коротких домішок, надходить самопливом у трієр довгих домішок. Його осередки вловлюють довгі включення, які подаються в жолоб і вивантажуються шнеком у другу частину відвантажувального елеватора. Довгі домішки, які не втримались у циліндрі, надходять сходом у приймач 4.

При очищенні продовольчого зерна трієрний блок відключають, змінюючи положення заслінки режиму елеватора, завдяки чому зернова маса вивантажується через першу частину елеватора в приймач 5.

Якщо ж обробляється ворох із переважанням довгого насіння (наприклад, овес), основна маса сходить із вівсюжного трієра, а короткі домішки виводяться лотком.

Машина СМ-4 укомплектована системою автоматичного вмикання/вимикання механізму самопересування, що відповідає за дозовану подачу суміші. Основу живильного пристрою складають рифлений валик та регульований підпружинений клапан. Оптимальне завантаження машини встановлюється через регулювання пружини, забезпечуючи рівномірний шар зерна товщиною 8...10 мм на початку решета та 4...5 мм на виході.

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

Решета встановлюються згідно з заводською схемою. Орієнтовні розміри отворів визначаються за табличними даними, а остаточне коригування проводиться на підставі контрольних проб.

Повітряна система СМ-4 складається з двох аспіраційних каналів, в яких циркулює замкнений повітряний потік. Потік, створюваний вентилятором 4, надходить до каналу 14 першої аспірації, куди шнеком 2 подається зернова суміш. Частина легких включень видаляється і разом з потоком повітря переходить до осадової камери 3, де осідають більші за густиною частинки.

У другій аспірації вентилятор 5 всмоктує повітря крізь канал 11, коли зерно сходить із решета Г. Виділені домішки осідають у камері 6. Після очищення в обох камерах, повітряні потоки з'єднуються та додатково проходять через матерчатий фільтр 7 (пилевідокремлювач), де осідає дрібнодисперсний пил. Вентилятор 4 компенсує потік, що створюється вентилятором 5, забезпечуючи стабільний тиск у всмоктуючих каналах.

Завдяки замкненій системі очищення повітря досягається ефективна сепарація без викиду до 90% обробленого повітря у навколишнє середовище. Регулювання швидкості повітряних потоків здійснюється заслінками на патрубках вентилятора та у кожному з аспіраційних каналів: у першому каналі заслінка відкрита на 1/3, а в другому – повністю.

Оцінювання ефективності режиму здійснюється за складом виділених фракцій: у першому каналі – пил, насіння дрібних бур'янів, солома; у другому – додатково неповноцінне зерно.

Із повітряно-решітної частини зернова маса надходить до норії 8 і далі або вивантажується, або спрямовується в комірчасті трієри 9 і 10, де відбувається остаточне відділення дрібних і довгих домішок. Роботу трієрів можна налаштувати як послідовну, так і паралельну.

У СМ-4 встановлено трієрні циліндри діаметром 600 мм, довжиною 1960 мм. Осередки "лялькового" трієра мають діаметр 5 мм, а "вівсюжного" - 8,5 мм. Частота їх обертання - 30 хв^{-1} при очищенні дрібнонасіньових культур та 45 хв^{-1} - для крупнонасіньових.

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

Ефективність виділення довгих і коротких домішок залежить від розташування кромки жолоба, яке задається кутом α . Наприклад, для виділення куколю з пшениці $\alpha = 40^\circ$, а для пшениці з вівсюга — $\alpha = 30^\circ$. Збільшення кута α сприяє виведенню коротких домішок, але може призвести до втрат кондиційного зерна; зменшення α – знижує точність сепарації.

3.2. Пропозиції щодо модернізації насіннеочисної машини СМ-4

У результаті аналізу конструктивної схеми насіннеочисної машини СМ-4 та вивчення протоколів її експлуатаційних випробувань, було встановлено низку конструктивно-технологічних недоліків, які негативно впливають на загальну ефективність функціонування агрегату. Зокрема, одним із головних обмежень є недостатня ефективність повітряної очистки, що зумовлено проникненням великофракційних домішок у пневмосепараційний канал. Це, у свою чергу, дестабілізує розподіл зернової маси та знижує якісні характеристики роботи решітного стану, призводячи до зменшення загальної продуктивності машини в цілому.

З метою підвищення ефективності процесу решітного сепарування, пропонується удосконалити привідний механізм решітного стану шляхом впровадження принципу біогармонічних коливань. Такий тип коливального руху сприяє більш рівномірному розподілу зернової суміші на решетах, що суттєво покращує сепарацію та дозволяє збільшити пропускну здатність системи.

Конструктивна схема модернізованого приводу, реалізованого для генерації біогармонічних коливань решітного стану машини СМ-4, представлена на рисунку 3.3. Проведені дослідження підтверджують, що впровадження такого технічного рішення дозволяє підвищити продуктивність машини приблизно на 25% [9].

До переваг запропонованої системи належить її конструктивна простота, технологічна надійність, а також можливість інтеграції в існуючі моделі СМ-4 без необхідності значних фінансових витрат чи перебудови основних вузлів.

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

Прийmemo $\frac{b}{h} = 3$, тоді $b = 3h$

Відповідно до цього $3h \cdot h = 0,012\text{м}^2$;

$$h^2 = \frac{0,01}{3} ;$$

$$h = \sqrt{\frac{0,01}{3}} = 0,05\text{м}$$

$$b_{ск} = 3 \cdot 0,05 = 0,14\text{м}$$

Для розрахунку потрібної потужності скребкового транспортера користуємось наступною формулою [11].

$$N_{тп} = \eta \cdot Q \cdot L + \frac{Q \cdot H}{270 \cdot 1,36}, \quad (3.3)$$

де Q – продуктивність транспортера, т/год. ;

L – довжина горизонтальної проекції скребкового транспортера, м ;

H – висота вертикальної проекції скребкового транспортера, м ;

η – коефіцієнт опору зернової маси, $\eta=0,0032$.

$$N_{тп} = 0,0034 \cdot 4 \cdot 3,2 + \frac{4 \cdot 2,7}{270 \cdot 1,36} = 0,74\text{кВт},$$

При розробці конструкції жолоба завантажувального скребкового транспортера зазор між скребком та кожухом прийmemo 6мм .

Розраховуємо висоту вікна в верхній горловині скребкового транспортера, що працює нижньою частиною за формулою [11]:

$$S = v \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot h}{g \cdot (tg\alpha - f)}} = 2 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 0,15}{9,81 \cdot (tg40 - 0,37)}} = 0,42\text{м}, \quad (3.4)$$

де α – кут нахилу до транспортера горизонту, $\alpha = 60^\circ$;

h – висота скребка транспортера, м ;

v – поступальна швидкість сепаратора, м ;

f – коефіцієнт тертя зернової маси по скребку, $f = 0,37$;

g – прискорення сили тяжіння, $g=9,81\text{м/с}^2$.

3.3.2. Обґрунтування швидкості руху, необхідної для транспортування зернового матеріалу, та визначення швидкості руху сепаратора.

Для обґрунтування швидкості руху скребків потрібно врахувати показник кінематичного режиму у зоні їх завантаження, що показує, яке відношення між відцентровою силою та силою тяжіння, [11]:

$$k = \frac{\omega^2 \cdot R}{g} \leq 1 \quad (3.5)$$

де ω - кутова швидкість зірочки приводу скребкового транспортера, с^{-1} ;

R - максимально далека точка скребку (прийємо конструктивно), м;

g - прискорення вільного падіння, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

При виконанні рівності (3.5), зерновий матеріал не буде відкидатись за рахунок відцентрової сили із скребка.

Отже, розв'яжемо нерівність (3.5):

$$\frac{\omega^2 \cdot R}{g} = 1$$

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{R}} = \sqrt{\frac{9,81}{0,1}} = 9,9 \text{ с}^{-1}$$

Швидкість скребків розраховуємо за наступною формулою:

$$V_{СК} = \omega \cdot R = 9,9 \cdot 0,12 = 0,98 \text{ м/с}$$

Швидкість ланцюгів визначаємо аналогічно:

$$V_{Л} = \omega \cdot r = 9,9 \cdot 0,05 = 0,48 \text{ м/с}$$

Визначаємо частоту обертів ведучого n_1 і веденого n_2 валу:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}$$

Звідки визначаємо частоту обертання ведучого валу n_1 :

$$n_1 = \frac{30 \cdot \omega}{\pi} = \frac{30 \cdot 9,9}{3,14} = 94,6 \text{ об/хв.}$$

Швидкість визначаємо так:

					КР 00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{60}$$

$$\text{Отже, тоді } n_2 = \frac{60 \cdot V}{\pi \cdot d_2} = \frac{30 \cdot V}{\pi \cdot r_2} = \frac{30 \cdot 0,5}{3,14 \cdot 0,0735} = 68 \text{ об/хв}$$

Кутова швидкість на нижньому валу транспортера:

$$\omega_2 = \frac{\pi \cdot n_2}{30} = \frac{3,14 \cdot 65}{30} = 6,8 \text{ рад/с}$$

Проведемо обґрунтування швидкості руху насінеочисної машини.

Швидкість руху сепаратора залежить від величини бунта на току, ширина якого, згідно технічних умов, не має перевищувати ширини захвату сепаратора $B \leq 4,5 \text{ м}$.

Через те, що бунт формується за рахунок вивантаження автотранспортом, його потужність може змінитись в певних межах, що значно залежать від об'єму кузову автомобілей та його відстані до зерна на току господарства при вивантаженні.

Отже, для підтримання необхідної продуктивності насінеочисної машини її швидкість у процесі роботи має змінюватись в межах від V_{\min} до V_{\max} .

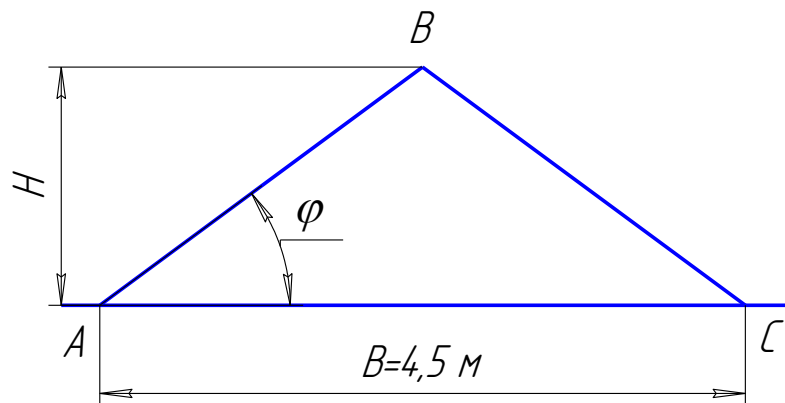


Рис. 3.5. Бунт зерна на току господарства

Параметр V_{\min} обґрунтовуємо з умови:

$$Q_C = V_{\max_{\min}}, \text{ тобто швидкість } V = \frac{Q_C}{S_{\max_{3,5-800\text{min}}}} \cdot 1,1 \text{ м/с} = 1,32 \text{ м/год}$$

де Q_C - секундна продуктивність насінеочисної машини

$$Q_C = Q \frac{400}{3600} = \frac{4}{3,6} = 1,12 \text{ кг/с}$$

S_{\max} – найбільша площа поперечного перерізу бунта зерна:

					КР 00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$S_{\max} = \frac{B}{2} \cdot H = \frac{B^2}{4} \cdot \operatorname{tg} \phi = \frac{4,5^2}{4} \cdot \operatorname{tg} 35^\circ = 3,5 \text{ м}^2$$

$$\frac{H}{B/2} = \operatorname{tg} \phi, \text{ звідки маємо } H = \frac{B}{2} \operatorname{tg} \phi$$

ϕ - кут природного нахилу зернового матеріалу: для зерна пшениці $\phi = 35^\circ$;

γ - об'ємна маса зернового матеріалу $\gamma = 760 \dots 860 \text{ кг/м}^3$

Приймаємо швидкість $V_{\min} = 1,52 \text{ м/год}$.

де λ – коефіцієнт, що враховує нерівномірність потужності бунта, та розраховується на основі даних, що враховують діапазоном зміни швидкості машини. Для насінєочисної машини СМ-4 $\lambda = \frac{V_{\max}}{V_{\min} = \frac{18}{6,7} \approx 3}$.

Відповідно, тоді максимальна швидкість насінєочисної машини

$$V_{\max} = 3 \cdot V_{\min} = 3 \cdot 1,5 = 4,5 \text{ м/год}.$$

3.3.3. Розрахунок продуктивності насінєочисної машини

Перевіряємо продуктивність завантажувального транспортера, враховуючи об'єм скребків та їх розміщення за формулою:

$$Q_M = 3,6 \cdot \frac{W_K}{t} \cdot \gamma \cdot V \quad (3.6)$$

де W_{CK} - об'єм зернового матеріалу, який захоплюється скребком, л., $W_{CK} = 0,4 \text{ л}$;

γ - насипна маса зернового матеріалу, кг/м^3 , $\gamma = 0,82 \text{ кг/м}^3$;

V - швидкість руху скребків, м/с $V = 0,5 \text{ м/с}$

$$Q_M = 3,6 \cdot \frac{0,6}{0,052} \cdot 0,8 \cdot 0,5 = 4,64 \text{ т/год}$$

Продуктивність насінєочисної машини забезпечена.

3.3.4. Розрахунок потужності, що необхідна для пересування насінєочисної машини і вибір електродвигуна

Необхідна потужність визначається за формулою:

					КР 00.000 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		27

3.5. Кінематичний і силовий розрахунки

3.5.1 Розрахунок циліндричної передачі

Вихідні дані до розрахунку:

P_1 – величина потужності на ведучому шківу, $P_1 = 2,2$ кВт;

n_1 - частота обертів ведучого шківу, $n_1 = 490$ хв⁻¹;

U_1 – передаточне відношення, $U_1 = 0,5$;

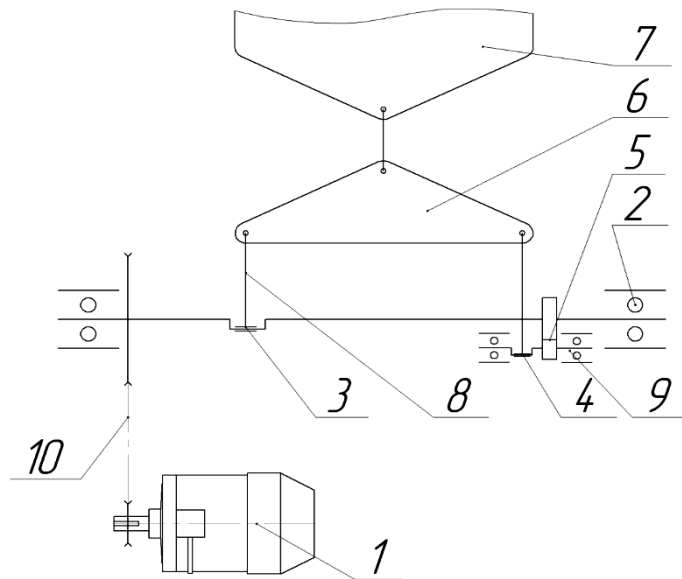


Рис. 3.7 Схема приводу решітного стану.

Момент, що передається через шестерню:

$$T_1 = 30P/\pi_{\text{нэл}} = (30 \cdot 2,2 \cdot 10^3)/(3,14 \cdot 490) = 42,84 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Міжосьову відстань розраховуємо за формулою:

$$a_w \geq (U_1 + 1) \sqrt[3]{\left\{ \frac{z_M \cdot z_\varepsilon \cdot z_H}{[\sigma]_H} \right\}^2 \cdot \frac{T_w \cdot K_H \cdot K_{H\alpha}}{2U \cdot \psi_{ba}}}, \quad (3.7)$$

де Z_M – коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалу спряжених коліс, для сталевих коліс $Z_M=273$;

Z_ε – коефіцієнт, що враховує загальну довжину контактних ліній, приймаємо $Z_\varepsilon=0,86$;

Z_H – коефіцієнт, що враховує форму дотиків поверхні зубців, попередньо прийmemo $Z_H=1,76$

$T_{ш}$ – величина крутного моменту на шестерні, Н·мм;

$$T_{ш} = 10^3 \frac{P_{ш1}}{\omega_1}, \text{ Н·мм}, \quad (3.8)$$

K_H – коефіцієнт навантаження, який попередньо прийємо $K_H = 1,32$;

$K_{H\alpha}$ - коефіцієнт, що враховує нерівномірність розподілу навантаження між зубцями, для прямозубих зубців $K_{H\alpha}=1$;

Ψ_{ba} – коефіцієнт ширини коліс в залежності від міжосьової відстані ($\Psi_{ba}=0,315$) [14];

$[\sigma]_H$ – величина розрахункової контактної напруги, для прямозубих коліс.

Приймаємо величину стандартної міжосьової відстані $a_w=100\text{мм}$.

3.6 Розрахунок вала на міцність

Вал передає крутний момент:

$$T_1 = \frac{T}{u} = \frac{14}{1,44} = 9,74 \text{кН} \cdot \text{м}. \quad (3.9)$$

Величина дільного діаметру зірочки буде визначатись:

$$d_\sigma = \frac{t}{\sin \frac{180}{t}} = \frac{38}{\sin \frac{180}{8}} = 102 \text{мм} \quad (3.10)$$

Величина окружної сили:

$$F_u = \frac{2T}{d_\sigma} = \frac{2 \cdot 9,72 \cdot 10^3}{102} = 76 \text{Н} \quad (3.11)$$

Величина радіальної сили:

$$F_u = F_t \cdot \frac{\text{tg} \alpha}{\cos \beta} = 76 \cdot \frac{\text{tg} 22^\circ}{\cos 0^\circ} = 28 \text{Н}, \quad (3.12)$$

Де кут $\alpha=22^\circ$, $\beta=0^\circ$.

Визначаємо реакції опор у вертикальній площині:

$$\Sigma M_B = -R_{AY} \cdot l + F_r \cdot \frac{l}{2} = 0;$$

$$R_{AY} = \frac{F_r \cdot \frac{l}{2}}{l} = \frac{32 \cdot 184}{362} = 18 \text{Н}.$$

Розраховуємо межі витривалості для сталі 45:

при згинанні: $\sigma_{-1}=0,43 \cdot \sigma_B=0,43 \cdot 610=264\text{МПа}$;

при крученні: $\tau_{-1}=0,58 \cdot \sigma_{-1}=0,58 \cdot 260=152\text{ МПа}$.

Розраховуємо нормальні напруження:

$$\sigma_a = \sigma_u = \frac{M}{W} = \frac{9224}{1532} = 6,8\text{МПа}, \quad (3.13)$$

де
$$W = \frac{\pi d^3}{32} = \frac{3,14 \cdot 25^3}{32} = 1532\text{мм}^2. \quad (3.14)$$

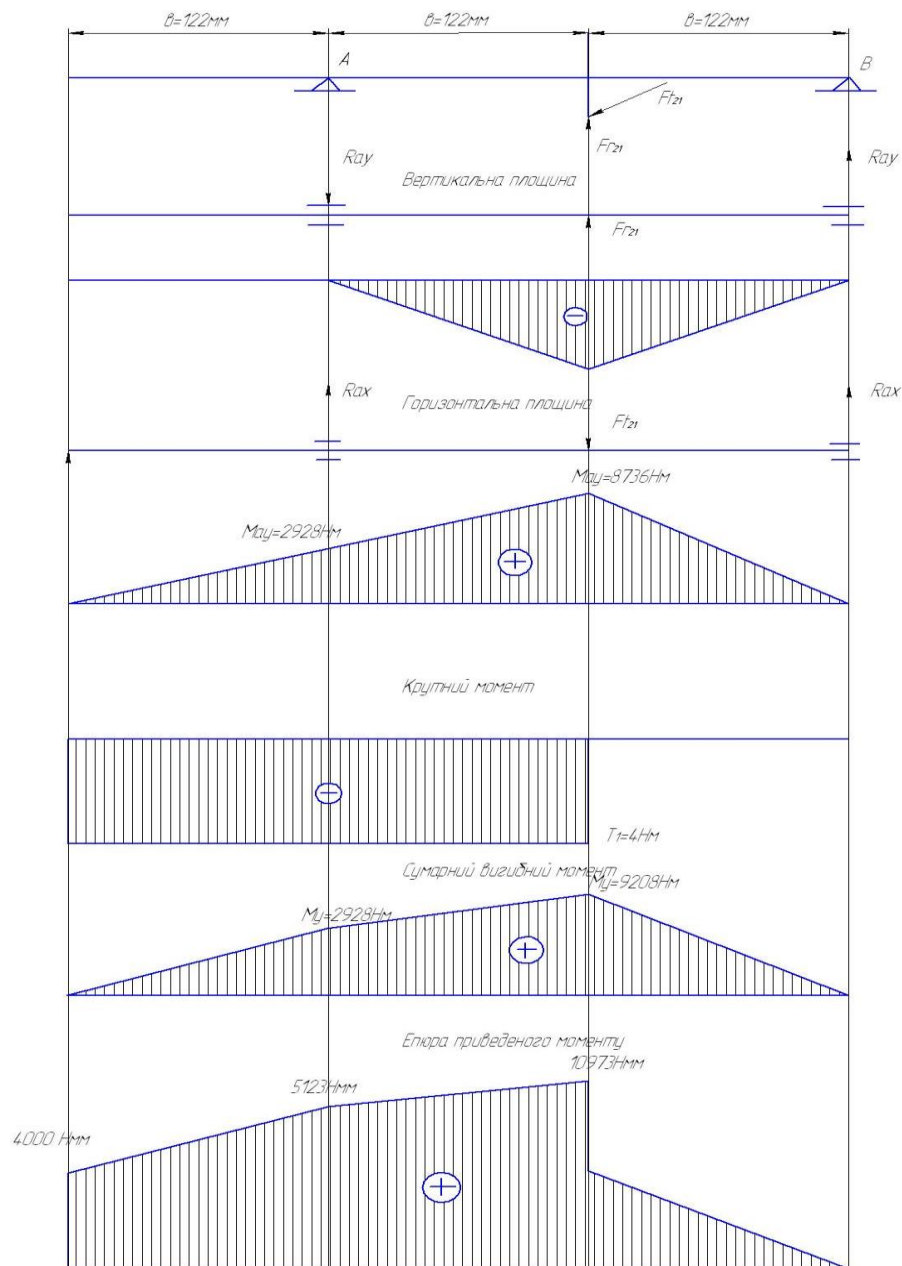


Рис. 3.8 Епюри крутних моментів валу.

Визначаємо дотичні напруження:

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів при експлуатації машини СМ-4

Під час використання насіннеочисної машини СМ-4 можуть виникати різноманітні ризики для здоров'я та безпеки обслуговуючого персоналу [15].

Умовно їх можна класифікувати на кілька груп:

1. Фізичні шкідливі та небезпечні фактори:

- відкриті обертові елементи та механізми (наприклад, шнеки подачі, транспортери, приводи та вузли самопересування);
- незахищені вузли обладнання, що обертаються (зокрема, шнеки);
- підвищене запилення повітря робочої зони (виникає через обробку зерна);
- високий рівень температури й вологості повітря в зоні обслуговування;
- значне шумове навантаження та вібрація;
- наявність електричного струму небезпечної напруги (380/220 В), що становить ризик у разі замикання;
- недостатній рівень природного освітлення;
- контакт із нагрітими поверхнями окремих деталей машини.

2. Хімічні чинники:

- вплив токсичних речовин при проведенні техобслуговування або ремонту, які можуть проникати через шкіру.

3. Пожежна безпека:

- можливість займання внаслідок несправності електричного обладнання.

Для зменшення впливу пилу персонал повинен використовувати індивідуальні засоби захисту, зокрема респіратори типу У-2К або ватно-марлеві пов'язки. За умови експлуатації машини в приміщеннях, обов'язковою є наявність системи вентиляції.

4.2 Заходи щодо забезпечення нормальних санітарно-гігієнічних умов

Для зниження вібраційного та шумового навантаження в машині СМ-4 реалізовано наступні рішення [16]:

- змащування вузлів, які створюють шум (особливо в зонах завантаження й аспірації);

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

- монтаж агрегатів на пружні амортизувальні елементи;
- позначення шумонебезпечної зони рівнем 80 дБ згідно ГОСТ 12.4.026-76.

Усі кнопки, вимикачі та запобіжники мають чітке маркування з прив'язкою до відповідного вузла.

На кожному електродвигуні нанесено стрілку жовтого кольору, що вказує напрям обертання. Для очищення приймальної камери передбачені сервісні люки. Площадка, де працює машина, повинна бути обладнана медичною аптечкою та протипожежним інвентарем у справному стані.

7.1.3 Заходи безпеки при експлуатації

Для попередження травм механізми приводу та ходу обладнуються захисними кожухами, які пофарбовані у контрастний колір (наприклад, червоний) або мають смуги сигнального кольору під кутом 45°.

Перед запуском основних органів оператор подає звуковий сигнал за допомогою сирени СС-143 (220 В, 50 Гц, ТУ25-00.1044-76). Електромережа захищена пристроєм температурного контролю УВТЗ-5.

Заборонено використовувати машину без попереднього обкатування та перевірки технічного стану. Шафа керування виконана у пилевологозахищеному виконанні, оснащена замком та має принципову схему на внутрішній стороні дверцят. Наявність знака високої напруги відповідає нормам ГОСТ 12.2.026-76.

Більшість підшипників у конструкції закриті, решта - ущільнені гумовими кільцями з притискним фланцем, що перешкоджає потраплянню пилу.

У завантажувачі реалізовано запобіжну муфту, яка спрацьовує у разі заклинювання або зіткнення із стороннім об'єктом. Механізм самопересування дозволяє змінювати швидкість руху машини без зупинки, а важіль управління розміщено на безпечній відстані.

Заборонено прокладати гнучкий електропровід на шляху руху техніки. Для його кріплення використовують спеціальні фіксатори або скоби, не допускається підключення проводів методом «внакрутку».

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

5. ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз сучасних моделей насіннеочисних машин, зокрема САД-5, Petkus Gigant 531, ICM та ALMA, свідчить про значну різноманітність технічних рішень, які застосовуються для забезпечення високої якості очищення зернового матеріалу. Кожен із розглянутих агрегатів має власні конструктивні особливості, що дозволяють ефективно виконувати завдання.
2. У результаті аналізу конструктивного виконання насіннеочисної машини СМ-4 та вивчення експлуатаційних випробувань встановлено, що основною проблемою є недостатня ефективність решітного очищення зернового матеріалу.
3. Для усунення виявленого недоліку було розроблено технічне рішення з модернізації приводу решітного стану шляхом реалізації біогармонічного режиму коливань, що дозволяє значно покращити якість та інтенсивність процесу решітної сепарації.
4. Запропоноване вдосконалення позитивно впливає як на продуктивність очищення, так і на технологічні показники пневмосепарації, що у сукупності сприяє підвищенню загальної ефективності функціонування насіннеочисної машини.
5. У конструкторському розділі виконано розрахунок основних характеристик завантажувального транспортера, здійснено кінематичний аналіз решітного стану, а також проведено технологічні та розрахунки на міцність, які підтверджують доцільність і надійність запропонованої модернізації.
6. У розділі, присвяченому питанням охорони праці, розроблено комплекс заходів для забезпечення безпечних умов експлуатації вдосконаленої машини.

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

Список використаної літератури

1. Підготовка насіннєвого матеріалу. Пропозиція. Електронний журнал.
<https://propozitsiya.com/articles/tekhnika-ta-obladnannya-inshe/pidhotovka-nasinnnyevoho-materialu>
2. Котов Б.І., Степаненко С.П., Пастушенко М.Г., Тенденції розвитку конструкції машин та обладнання для очищення і сортування зерноматеріалів. – Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Випуск 33. Кіровоград: КДТУ, 2003 – с. 53-59.
3. Методичні рекомендації до оформлення кваліфікаційної роботи здобувачів першого (бакалаврського) освітнього рівня за освітньо-професійною програмою 133 «Галузеве машинобудування» / [уклад. : Д. І. Петренко, О. М. Васильковський, С. М. Лещенко та ін.] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. с.-г. машинобуд. – Кропивницький : ЦНТУ, 2025. – 58 с.
<https://dspace.kntu.kr.ua/items/5fadab17-61ae-4a09-ae9f-1c939d0f874b>
4. Комаристов В.Ю. Довідник з механізації післязбиральної обробки зерна / В.Ю. Комаристов, М.М. Петренко. – К.: Урожай, 1990. – 184 с.
5. <https://aeromehcad.com.ua/ru/goods/separator-zernoochistitelnyy-sad-5-podgotovka-posevnogo-materiala-4556042/>
6. Проспект фірми «Petkus». Машини попереднього і інтенсивного очищення К-527, К-526, К-560.
7. Каталог продукції зернових сепараторів ІСМ
<https://ismgrain.com.ua/goods/separator-zernovoy-ism-5/>
8. <https://simo.com.ua/ua/obladnannya/aspiratoryi/vozdushnie-separatori-agma>
9. Комаристов В.Ю., Петренко М.М. Довідник з механізації післязбиральної обробки зерна. - К.: Урожай. 1990. - 1 84 с.
10. Сисолін П.В., Рибак Т.І., Сало В.М. Сільськогосподарські машини/ Теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 2. Машини для рільництва// За ред. М.І. Черновола. - К.: Урожай, 2002. - 364 с.

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

11. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: Навчальний посібник / За ред. Д.Г. Войтюк, С.С. Яцун, Довжик М.Я. // Суми. Університетська книга – 2008. – 450 С.
12. Войтюк Д.Г., Дубровін В.О., Іщенко Т.Д. та ін. Сільськогосподарські та меліоративні машини// За ред. Д.Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2004. 544 с.
13. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навч. посібник для студ. машинобуд. спец. усіх форм навчання / А. В. Гайдамака. Харків : НТУ «ХП», 2020. 275 с.
14. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: Підручник. - К.: Вища школа, 1993. - 556 с.
15. Войналович О.В., Білько Т.О., Марчишина Є.І. Охорона праці у сільському господарстві : навч. посібник. Київ : Центр учбової літератури, 2020. 424 с.
16. Основи охорони праці: Підручник / М.С. Одарченко, А.М. Одарченко, В.І. Степанов, Я.М. Черненко. – Х.: Стиль-Издат, 2017. – 334 с.

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

ДОДАТКИ