

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проєкту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Обґрунтування конструкції решітного стану зерноочисної машини
з пружинним очищувачем плоских решіт**

Виконав: здобувач групи АІС-1-23

за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

Карячка Владислав Олегович_____

Керівник: _____ Сокол Сергій Петрович

Рецензент: _____

Дніпро – 2026

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис) (прізвище, ініціали)

« ____ » _____ 2026 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

Карячка Владислав Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування конструкції решітного стану зерноочисної машини з пружинним очищувачем плоских решіт..

Керівник роботи Сокол Сергій Петрович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« 5 » травня 2026 року № 912

2. Строк подання студентом роботи 11.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту Аналіз виробничої діяльності господарства. Аналіз літературних джерел та обґрунтування актуальності дипломного проєкту. Аналіз конструкцій очищувачів плоских решіт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1 Характеристика господарства та стан післязбиральної обробки зерна. 2. Аналіз існуючих конструкцій зерноочисних машин та обґрунтування технічного рішення. 3 Конструкторський розрахунок модернізованого решітного стану. 4.

Охорона праці та захист навколишнього середовища. 5. Техніко-економічна оцінка проєктних рішень. Висновки. Бібліографічний список.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Характеристика господарства та стан післязбиральної обробки зерна. (A1). 2. Аналіз конструкцій очищувачів (A1). 3. Кінематичні схеми приводу (A1) 4. Модернізований решітний стан. 3В (A1) 5. Вузол підвіски решітного стану. (A2). Підвіска (A3). Штовхач приводу (A3). 6. Приводний вузол (A2). Підрешітний стан (A2). 6. Обґрунтування ефективності (A1).

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1,2,3,4,5	Сокол С.П., доцент		
Нормо-контроль	Золотовська О.В, доцент		

7. Дата видачі завдання: 09.03.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз господарства	11.03.26-11.04.26	
2	Аналіз проблематики проєкту	13.03.26-13.05.26	
3	Технологічно-конструктивний	14.04.26-21.05.26	
4	Охорона праці	15.04.26-20.05.26	
5	Економічний	19.04.26-7.06.26	
6	Графічна частина	10.05.26-7.06.26	

Здобувач

(підпис)

Карячка В.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Сокол С.П

(прізвище та ініціали)

[illegible]

Анотація

Карячка В.О. Обґрунтування конструкції решітного стану зерноочисної машини з пружинним очищувачем плоских решіт / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

У роботі проаналізовано господарські умови використання зерноочисної машини, стан післязбиральної обробки зерна, наявне технічне забезпечення зернотоку та основні недоліки існуючого обладнання. Запропоновано конструкцію модернізованого решітного стану, яка передбачає використання очищувача у вигляді пружини, відбивної поверхні з комірками, різноспрямованих підвісок та приводу з пружиною і штовхачем.

У конструкторській частині виконано розрахунок основних параметрів модернізованого решітного стану, очищувача у вигляді пружини, відбивної поверхні, підвісок і штовхача приводу.

У розділі з охорони праці розглянуто небезпечні та шкідливі виробничі фактори під час експлуатації зерноочисної машини, а також запропоновано заходи щодо безпечної роботи, електробезпеки, пожежної безпеки та захисту навколишнього середовища.

Техніко-економічне обґрунтування показало доцільність упровадження запропонованої модернізації. У результаті застосування проєктного рішення продуктивність зерноочисної машини підвищується, зменшуються втрати зерна, скорочуються експлуатаційні витрати, а строк окупності капітальних вкладень становить менше одного року.

Ключові слова: зерноочисна машина, решітний стан, пружинний очищувач, решето, відбивна поверхня, підвіска, штовхач, післязбиральна обробка зерна.

ЗМІСТ

Анотація	5
Вступ	7
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА ТА СТАН ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА	10
1.1 Загальні відомості про господарство	10
1.2 Природно-кліматичні умови та виробничий напрям господарства	10
1.3 Структура посівних площ і обсяги виробництва продукції	11
1.4 Машинно-тракторний парк господарства	13
1.5 Технічне забезпечення післязбиральної обробки зерна	14
1.6 Організація очищення та підготовки зерна до зберігання	16
1.7 Аналіз недоліків існуючої технології та обґрунтування напрямку модернізації	17
Висновки	19
2 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗЕРНООЧИСНИХ МАШИН ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ	20
2.1 Роль решітного стану в процесі очищення зернового вороху	20
2.2 Аналіз існуючих механізмів очищення плоских решіт	21
2.2.1 Фрикційні очищувачі	21
2.2.2 Ударні та комбіновані очищувачі	23
2.3 Аналіз кінематичних схем приводу решітного стану	26
2.4 Обґрунтування вибору очищувача у вигляді пружини	28
2.5 Обґрунтування раціональної схеми підвіски решітного стану	30
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗРАХУНОК МОДЕРНІЗОВАНОГО РЕШІТНОГО СТАНУ	33
3.1 Обґрунтування конструктивної схеми модернізованого решітного стану	33
3.2 Розрахунок основних геометричних параметрів решітного стану	36
3.3 Розрахунок параметрів очищувача у вигляді пружини	38
3.4 Розрахунок відбивної поверхні та комірок підрешітного простору	40
3.5 Розрахунок підвісок решітного стану	41
3.6 Розрахунок модернізованого приводу з пружиною та штовхачем	43
Висновки	48
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	49
4.1 Аналіз умов праці під час експлуатації зерноочисного обладнання	49
4.2 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори	50
4.3 Вимоги безпеки під час експлуатації, обслуговування обладнання	51
4.4 Заходи щодо захисту навколишнього середовища	54
Висновки	55
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ	56
Висновки	62
ВИСНОВКИ	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	66

ВСТУП

Однією з важливих умов забезпечення якості зернової продукції є своєчасна та ефективна післязбиральна обробка. Після надходження зернового вороху з поля виникає потреба в його очищенні від домішок, сортуванні та підготовці до подальшого зберігання або використання за призначенням. Якість виконання цих операцій істотно впливає на збереження врожаю, посівні властивості насіннєвого матеріалу, товарні показники продовольчого зерна та загальну економічну ефективність роботи господарства.

У технологічних лініях післязбиральної обробки зерна важливе місце займають зерноочисні машини, зокрема повітряно-решітні агрегати. Їх робота значною мірою визначається ефективністю функціонування решітного стану, оскільки саме на цьому етапі відбувається поділ зернової суміші за геометричними ознаками та видалення значної частини домішок. Разом з тим у серійних машинах існує низка конструктивних недоліків, які знижують продуктивність і якість очищення. До них належать забивання отворів плоских решіт, нерівномірний рух зернової суміші по робочій поверхні, а також підвищені динамічні навантаження на привід і несучі елементи машини.

На практиці для очищення решіт найчастіше використовують кулькові очисники. Вони мають просту конструкцію та достатню надійність, однак не завжди забезпечують стабільне й повне очищення отворів решета від застряглих частинок. Це пояснюється тим, що взаємодія кульок з поверхнею решета має випадковий характер, а площа їх одночасного контакту з решетом є обмеженою. Унаслідок цього знижується коефіцієнт використання живого перерізу решета, погіршується процес сепарації, а зі зростанням подачі зернового вороху ефективність роботи машини ще більше зменшується.

Підвищення ефективності роботи зерноочисної машини можливе за рахунок удосконалення конструкції решітного стану. Перспективним напрямом є застосування очищувача плоских решіт у вигляді пружини, який

за рахунок контакту з решетом усіма витками може забезпечити інтенсивніше очищення отворів. Не менш важливим є удосконалення приводу решітного стану шляхом введення пружного силового зв'язку між ексцентриковим механізмом і решітним станом, що дає змогу знизити інерційні навантаження на раму і привід. Додатковий резерв підвищення ефективності сепарації пов'язаний із раціональним розміщенням підвісок решітного стану, яке сприяє поліпшенню характеру руху зернової суміші по поверхні решета.

Отже, тема вдосконалення решітного стану зерноочисної машини є актуальною як з технічної, так і з виробничої точки зору. Її практичне значення полягає в можливості підвищення якості очищення зерна, збільшення пропускної спроможності машини, зменшення забивання решіт та підвищення надійності роботи обладнання в умовах сільськогосподарського підприємства.

Метою дипломного проєкту є обґрунтування конструкції модернізованого решітного стану зерноочисної машини з пружинним очищувачем плоских решіт, удосконаленим приводом і раціональним розташуванням підвісок для підвищення ефективності сепарації зернового вороху та покращення техніко-експлуатаційних показників машини.

Для досягнення поставленої мети в роботі передбачено вирішити такі завдання:

- проаналізувати виробничі умови господарства та стан технічного забезпечення процесу післязбиральної обробки зерна;
- розглянути існуючі конструкції зерноочисних машин і виявити основні недоліки решітного стану;
- обґрунтувати доцільність застосування пружинного очищувача плоских решіт;
- обґрунтувати конструктивну схему приводу решітного стану з пружним силовим зв'язком;
- визначити раціональні параметри підвісок решітного стану;
- виконати конструкторський розрахунок основних параметрів модернізованого вузла;

- оцінити умови безпечної експлуатації обладнання;
 - визначити економічну доцільність упровадження запропонованого технічного рішення.

Практичне значення одержаних результатів полягає в розробленні конструктивного рішення модернізованого решітного стану, яке може бути використане під час удосконалення зерноочисних машин у господарствах для підвищення ефективності очищення зерна, зменшення навантажень на привід та покращення експлуатаційних показників обладнання.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА ТА СТАН ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА

1.1 Загальні відомості про господарство

Базою для виконання дипломного проєкту прийнято сільськогосподарське підприємство, яке спеціалізується на вирощуванні зернових і технічних культур. Господарство розташоване в центральній частині степової зони України, що зумовлює добрі умови для виробництва озимої пшениці, ячменю, кукурудзи на зерно, соняшнику та ріпаку. Основним напрямом діяльності підприємства є рослинництво, а найбільшу питому вагу в товарній продукції займає зерно.

Земельний фонд господарства дає можливість організувати стабільне виробництво рослинницької продукції, а наявна матеріально-технічна база забезпечує виконання основних механізованих процесів. Разом із тим ефективність роботи підприємства значною мірою визначається не лише обсягом виробництва, а й рівнем технічного оснащення післязбиральної доробки зерна. Саме на цьому етапі формуються умови для збереження якості продукції, зниження втрат і підвищення економічної віддачі від вирощеного врожаю.

Підприємство має зерноток, складські приміщення, навантажувально-транспортне обладнання та зерноочисні машини, які використовуються для первинного і основного очищення зернового вороху. Проте окремі технічні засоби працюють із підвищеним навантаженням, а ефективність очищення зерна не завжди відповідає сучасним вимогам до якості доробки. Саме тому питання удосконалення зерноочисного обладнання для умов такого господарства є практично доцільним.

1.2 Природно-кліматичні умови та виробничий напрям господарства

Природно-кліматичні умови району розташування підприємства загалом сприятливі для вирощування сільськогосподарських культур зернової і

технічної групи. Клімат зони є помірно континентальним із теплим літом і відносно м'якою зимою. Разом із тим у період збирання врожаю нерідко спостерігаються коливання вологості повітря, локальні опади та нерівномірність досягання зернових культур, що безпосередньо впливає на вологість і засміченість вороху, який надходить на зерноток.

Ґрунтовий покрив господарства представлений переважно чорноземами звичайними середньогумусними. Такі ґрунти відзначаються достатнім запасом поживних речовин і сприяють одержанню стабільних урожаїв. Однак навіть за належних агрокліматичних умов якості зерна після збирання значною мірою залежить від того, наскільки швидко воно буде очищене від домішок і підготовлене до зберігання.

Для підприємства зерново-технічного напрямку ключове значення має безперебійна робота післязбирального комплексу. У роки з нестійкою погодою на тік надходить ворох із підвищеним вмістом полови, подрібненої соломи, щуплого зерна та бур'янистих домішок. У таких умовах навантаження на зерноочисні машини різко зростає, а недостатня ефективність очищення решіт стає однією з причин зниження продуктивності всієї технологічної лінії. Слабким місцем повітряно-решітних машин є саме система очищення решіт, оскільки їх забивання безпосередньо зменшує інтенсивність сепарації та загальну продуктивність агрегату.

1.3 Структура посівних площ і обсяги виробництва продукції

Структура посівних площ у господарстві сформована з урахуванням спеціалізації підприємства, наявного машинно-тракторного парку та потреб ринку. Основна частина ріллі використовується під зернові культури, які є базовими для формування валового доходу. Значна частка технічних культур, насамперед соняшнику й ріпаку, дозволяє підтримувати економічну стійкість підприємства, але водночас зумовлює нерівномірне сезонне навантаження на збиральну та доробну техніку.

Таблиця 1.1

Структура посівних площ господарства

Культура	Площа, га	Частка, %
Озима пшениця	1200	30,4
Ячмінь ярий	420	10,6
Кукурудза на зерно	780	19,7
Соняшник	1100	27,8
Ріпак озимий	280	7,1
Горох	170	4,4
Разом	3950	100,0

З наведених даних видно, що найбільшу площу займають озима пшениця, кукурудза на зерно та соняшник. Саме зернові культури створюють основний потік продукції, яка надходить на зерноток у період збирання. Це означає, що зерноочисні машини повинні працювати інтенсивно, без тривалих простоїв і з достатньо високою якістю сепарації.

Структура посівних площ господарства

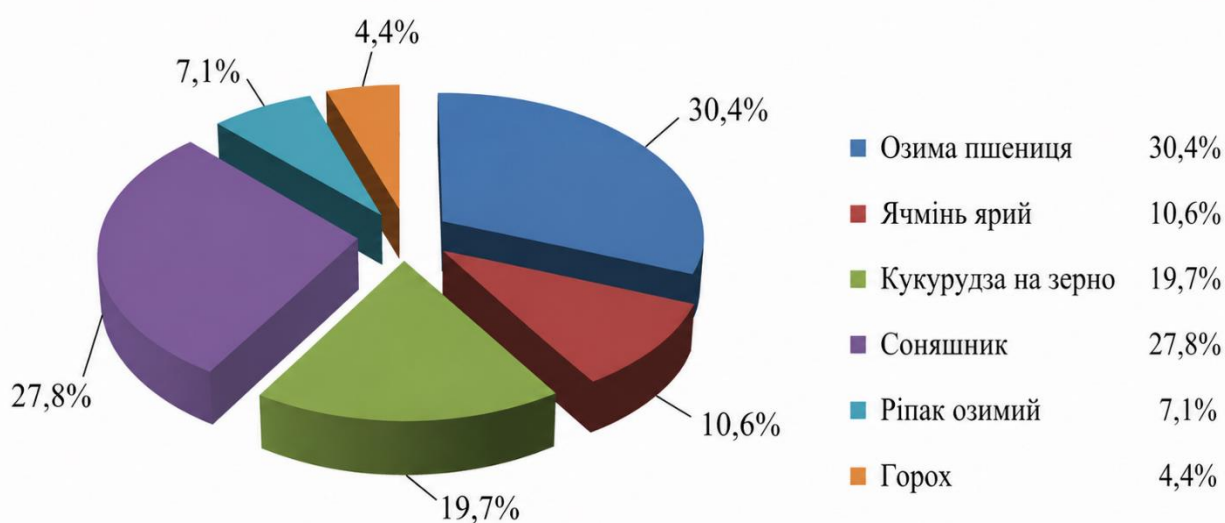


Рисунок 1.1 – Структура посівних площ господарства

Для оцінки завантаження післязбирального комплексу важливо враховувати не лише площі, а й урожайність культур, оскільки саме вона визначає фактичний обсяг вороху, який необхідно оперативно очистити та підготувати до зберігання.

Таблиця 1.2

Урожайність та валовий збір основних культур

Культура	Площа, га	Урожайність, т/га	Валовий збір, т
Озима пшениця	1200	5,4	6480
Ячмінь ярий	420	4,8	2016
Кукурудза на зерно	780	7,2	5616
Соняшник	1100	2,9	3190
Ріпак озимий	280	2,7	756
Горох	170	3,1	527
Разом	3950	—	18585

Аналіз таблиці показує, що загальний обсяг вирощеної продукції є значним. Тільки зернові культури формують понад 14 тис. т вороху, який у стислі строки надходить на післязбиральну доробку. За таких умов навіть незначне зниження продуктивності зерноочисної машини веде до накопичення партій зерна, затримки транспорту і збільшення ризику погіршення якості продукції.

1.4 Машинно-тракторний парк господарства

Технічне забезпечення господарства охоплює комплекс машин, необхідних для виконання основних польових і транспортних робіт. Наявний машинно-тракторний парк у цілому дає змогу забезпечити вирощування та збирання основних культур, проте рівень завантаження окремих машин у сезон є досить високим.

Таблиця 1.3

Склад машинно-тракторного парку господарства

Найменування техніки	Марка	Кількість, шт.	Основне призначення
Трактор колісний	МТЗ-82.1	4	транспортні та допоміжні роботи
Трактор колісний	МТЗ-1221	3	посів, обробіток ґрунту
Трактор колісний	John Deere 8430	2	важкі польові роботи
Зернозбиральний комбайн	Claas Lexion 570	2	збирання зернових
Зернозбиральний комбайн	New Holland CX 8080	1	збирання зернових
Сівалка зернова	СЗ-5,4	3	сівба зернових
Культиватор	КПС-4	4	передпосівний обробіток
Дискова борона	БДТ-7	2	основний і поверхневий обробіток
Плуг	ПЛН-5-35	3	оранка
Причіп тракторний	2ПТС-4	5	перевезення вантажів
Автомобіль вантажний	КамАЗ-5320	4	перевезення зерна
Автомобіль вантажний	ГАЗ-САЗ-3507	3	перевезення зерна та матеріалів

Наведений склад техніки свідчить, що господарство забезпечене засобами для виконання виробничих операцій у полі. Однак післязбиральна доробка зерна висуває окремі вимоги до технічного оснащення, оскільки саме цей етап часто стає вузьким місцем у сезон масового надходження продукції.

1.5 Технічне забезпечення післязбиральної обробки зерна

Після збирання врожаю зерновий ворох доставляється транспортними засобами на зерноток, де проходить первинне очищення, а за потреби й досушування. Технологічна схема включає приймання зерна, подачу до очисних машин, видалення домішок, тимчасове зберігання та переміщення до

складів. Ефективність цієї схеми визначається продуктивністю і надійністю кожної ланки.

Таблиця 1.4

Технічні засоби післязбиральної обробки зерна

Найменування обладнання	Марка	Кількість, шт.	Продуктивність	Технічний стан
Зерноочисна машина попереднього очищення	ОВС-25	1	до 25 т/год	задовільний
Зерноочисний агрегат	ЗАВ-20	1	до 20 т/год	задовільний
Зерносушарка	СЗШ-16	1	до 16 т/год	робочий
Норія	НЦ-20	2	до 20 т/год	задовільний
Скребковий транспортер	ТС-10	3	до 10 т/год	робочий
Приймальний бункер	БП-25	1	25 т	робочий
Завальна яма	—	1	30 т	робочий
Зерновий склад	ангарного типу	3	6500 т загалом	робочий

Незважаючи на наявність у господарстві необхідного мінімуму обладнання, його пропускна здатність у піковий період жнив є недостатньою для повного оперативного обслуговування всіх партій зерна. Найбільше навантаження припадає на зерноочисні машини, оскільки саме вони першими приймають ворох із домішками та визначають подальшу якість доробки.

У серійних повітряно-решітних машинах для очищення решіт переважно використовуються кулькові очисники. Вони конструктивно прості й дешеві, однак не забезпечують повного очищення отворів решета, бо взаємодіють із його поверхнею випадково. Натомість очищувач у вигляді пружини має більшу площу контакту з решетом і за даними вашого матеріалу дозволяє підвищити ефективність сепарації на 5–16 %.



Рисунок 1.2 – Технологічна схема післязбиральної обробки зерна в господарстві

У нормальних умовах така схема забезпечує безперервну роботу післязбирального комплексу. Проте в період масового надходження вороху навіть короточасне зниження продуктивності зерноочисної машини відразу створює перевантаження на всьому зерноточі.

1.6 Організація очищення та підготовки зерна до зберігання

Процес післязбиральної обробки зерна в господарстві складається з кількох послідовних операцій. Спочатку ворох приймається на зерноток і накопичується в приймальному бункері. Після цього він подається на зерноочисну машину, де видаляються крупні, легкі та дрібні домішки. Якщо вологість зерна перевищує допустимий рівень, продукт направляється на сушіння, а потім повторно очищується або закладається на зберігання.

Якість цієї доробки значною мірою залежить від роботи решітного стану зерноочисної машини. При засміченні отворів зменшується живий переріз решета, знижується інтенсивність проходу зерна і порушується рівномірність переміщення маси по робочій поверхні. Це веде до погіршення якості очищення і зростання навантаження на привід.

Окреме значення має характер коливального руху решітного стану. У вихідній конструкції підвіски розміщені традиційно, через що рух зернової

маси по поверхні решета не завжди є достатньо рівномірним. У ваших матеріалах показано, що різноспрямоване розміщення підвісок створює не лише поздовжні, а й поперечні коливання, завдяки чому зерноsumіш рівномірніше розподіляється по решету.

Крім того, традиційний ексцентриковий привід у крайніх положеннях створює значні інерційні навантаження, які передаються на привід і раму машини. Один із шляхів зменшення цих навантажень полягає у використанні пружного силового зв'язку між ексцентриком і решітним станом за допомогою пружини та штовхача. Таке рішення дозволяє знизити навантаження на привід і підвищити надійність роботи машини.

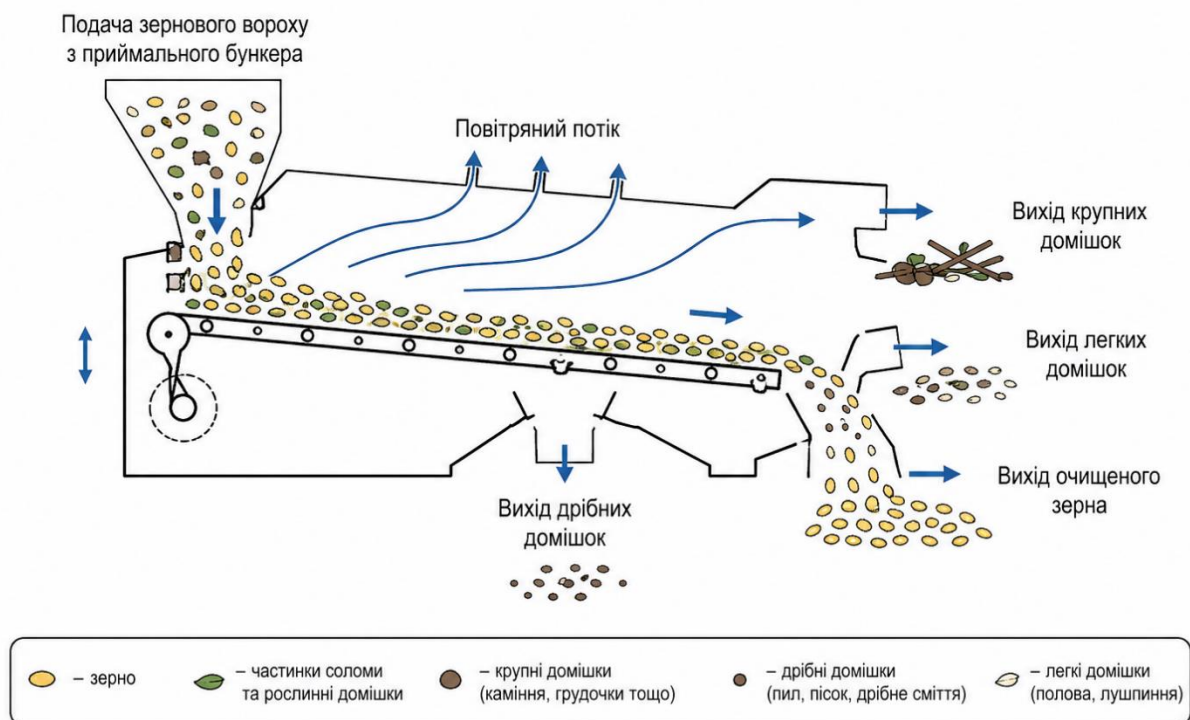


Рисунок 1.3 – Схема руху зернового вороху в процесі очищення

1.7 Аналіз недоліків існуючої технології та обґрунтування напрямку модернізації

Проведений аналіз господарства показує, що при достатньому рівні забезпеченості землею, технікою і складськими приміщеннями найбільш напруженим етапом залишається саме післязбиральна доробка зерна. Це

пов'язано з нерівномірним надходженням вороху на тік, зміною його вологості та засміченості, а також конструктивними обмеженнями наявного зерноочисного обладнання.

Однією з основних причин зниження продуктивності зерноочисної машини є забивання отворів решета. Кулькові очисники, які використовуються в серійних машинах, не завжди забезпечують стабільне очищення, оскільки їх рух має випадковий характер. Унаслідок цього зменшується коефіцієнт використання живого перерізу решета, а разом із ним і пропускна здатність машини. У ваших матеріалах також показано, що пружинний очищувач здатний забезпечити вищий коефіцієнт сепарації, а раціональна довжина комірки становить 50 мм.

Ще одним суттєвим недоліком є динамічне навантаження на привід. При жорсткому зв'язку ексцентрика з решітним станом інерційні сили передаються на раму машини, що знижує довговічність вузлів. Розроблена схема з пружиною і штовхачем дає змогу частково компенсувати ці навантаження та покращує умови роботи приводу.

Крім того, традиційне розміщення підвісок не забезпечує достатнього перемішування і перерозподілу зернової маси по ширині решета. Застосування різноспрямованих підвісок змінює характер руху вороху, що позитивно впливає на процес самосортування і проходження зерна крізь отвори решета.

Таблиця 1.5

Виявлені недоліки існуючої машини та напрями їх усунення

Виявлений недолік	Наслідки для процесу очищення	Запропонований напрям удосконалення
Забивання отворів решета	зниження пропускної здатності і якості сепарації	використання очищувача у вигляді пружини
Випадковий характер роботи кулькових очисників	нерівномірне очищення робочої поверхні	збільшення площі контакту очищувача з решетом
Значні інерційні навантаження на привід	зниження довговічності вузлів, вібрації рами	застосування пружини та штовхача в приводі

Нерівномірний рух зернової маси по решету	погіршення самосортування і проходу зерна	різноспрямоване розміщення підвісок
Обмежена продуктивність у піковий сезон	перевантаження зернотоку та затримка доробки	модернізація решітного стану без повної заміни машини

Отже, для умов господарства найбільш доцільним є не повна заміна наявного обладнання, а цілеспрямоване удосконалення решітного стану зерноочисної машини. Саме цей напрям дає можливість отримати відчутний технічний ефект при порівняно невеликих витратах на модернізацію.

Висновки

Проаналізовано склад машинно-тракторного парку та обладнання зернотоку. З'ясовано, що наявні технічні засоби забезпечують виконання основних операцій, однак у період пікового надходження зерна зерноочисні машини працюють із підвищеним навантаженням.

Установлено, що основними проблемами існуючого обладнання є забивання решіт, недостатня ефективність кулькових очисників, значні інерційні навантаження на привід та нерівномірне переміщення зернової маси по поверхні решета. Це зумовлює зниження якості сепарації та продуктивності машини. У вихідних матеріалах для диплома саме ці проблеми визначені як ключові для серійних решітних зерноочисних машин.

2 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗЕРНООЧИСНИХ МАШИН ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ

2.1 Роль решітного стану в процесі очищення зернового вороху

Післязбиральна доробка зерна є одним із найбільш відповідальних етапів у технології виробництва зернової продукції. Саме на цій стадії відбувається видалення крупних, дрібних і легких домішок, формування одноріднішої фракції зерна та підготовка матеріалу до сушіння, зберігання або подальшого використання. У складі зерноочисної машини ключову роль виконує решітний стан, оскільки саме на решетах реалізується основний процес сепарації за геометричними ознаками частинок. Ефективність цього процесу безпосередньо залежить від того, наскільки стабільно працює робоча поверхня решета, як рухається зернова маса та наскільки якісно очищаються отвори від застряглих частинок.

У більшості серійних зерноочисних машин решітний стан приводиться в коливальний рух ексцентриковим механізмом, який через систему тяг і шарнірів зв'язаний із ситовим кузовом. Така схема є достатньо поширеною, але має істотний недолік: у крайніх положеннях коливального руху виникають значні інерційні сили. Вони залежать від маси решітного стану, частоти коливань і величини ексцентриситету та передаються як на привідні ланки, так і на корпус машини. У результаті зростають напруження в деталях, посилюється вібрація, погіршується надійність роботи і звужуються технологічні можливості машини. У ваших матеріалах наведено, що збільшення частоти коливань на 10 % разом зі збільшенням ексцентриситету на 20 % може підвищувати напруження в деталях приводу і підвісок приблизно на 40 %, що є достатньо відчутним фактором з точки зору довговічності обладнання.

Не менш важливою проблемою є засмічення отворів решета частинками зернового вороху. У разі забивання отворів зменшується живий переріз

решета, погіршується проходження корисної фракції, а отже знижується продуктивність і якість очищення. Тому підвищення ефективності зерноочисної машини потрібно пов'язувати не лише з вибором параметрів приводу, а й з удосконаленням системи очищення плоских решіт та з раціональною організацією руху зернової маси по їх поверхні. Саме ці питання є визначальними для вибору технічного рішення в даному дипломному проєкті.

2.2 Аналіз існуючих механізмів очищення плоских решіт

За принципом дії механізми очищення плоских решіт можна поділити на три основні групи: фрикційні, ударні та комбіновані. До фрикційних належать системи, в яких очищувальний елемент притискається до решета і виштовхує застряглі частинки завдяки взаємному переміщенню очищувача і сита. До ударних відносять пристрої, у яких очищення забезпечується за рахунок ударів по решету або по застряглих частинках. Комбіновані системи поєднують ознаки двох зазначених принципів. Такий поділ є важливим, оскільки дозволяє оцінити не лише спосіб взаємодії очищувача з решетом, а й його конструктивну складність, надійність та придатність до використання в реальних виробничих умовах.

2.2.1 Фрикційні очищувачі

Фрикційні механізми найбільш відомі у вигляді щіткових очищувачів. Їх робота ґрунтується на безпосередньому контакті ворсу щітки з нижньою поверхнею решета. Під час переміщення щітки ворс входить в отвори решета або торкається їх країв, витісняючи застряглі частинки назовні. Конструктивно такі системи можуть відрізнятися способом підведення щіток до решета, типом приводу каретки, схемою синхронізації руху з решітним станом, однак загальний принцип у них однаковий. Перевагами щіткових очищувачів є досить висока ефективність очищення, можливість регулювання притискного зусилля, зручність технічного обслуговування та прийнятна надійність за правильно організованого режиму роботи. У ваших матеріалах зазначено, що за певних умов ефективність щіткових систем може перебувати

в межах 69,2...91,5 %, тобто вони здатні помітно збільшувати використання живого перерізу решета.

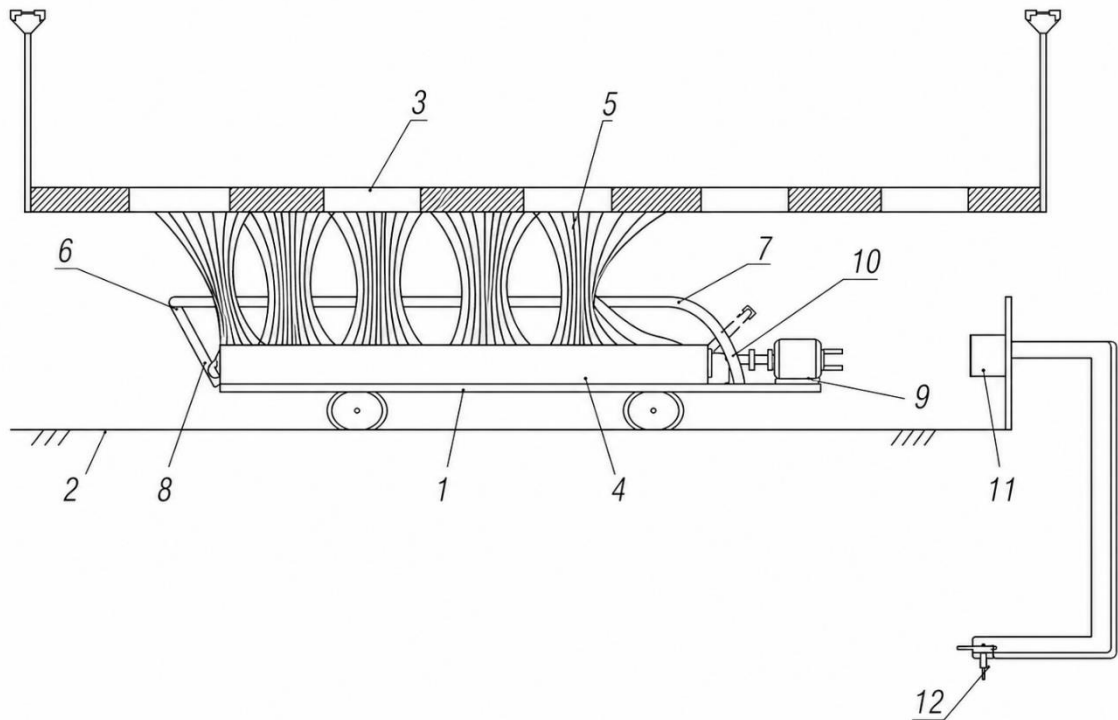


Рисунок 2.1 – Фрикційний очищувач плоских решіт

1 - візок; 2 - напрямні; 3 - сито; 4 - очисна щітка; 5 - ворс щітки; 6 - додаткова рамка; 7 - біметалева пластина; 8 - сережка; 9 - електричний роз'єм; 10 - електричний привід; 11 - друга частина електричного роз'єму; 12 - джерело електричного струму.

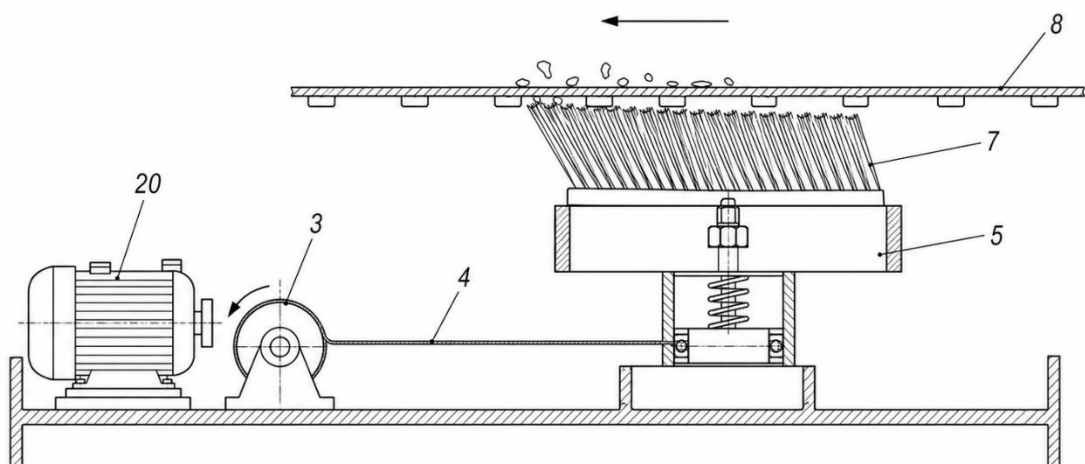


Рисунок 2.2 – Робота фрикційного очищувача при зворотному переміщенні

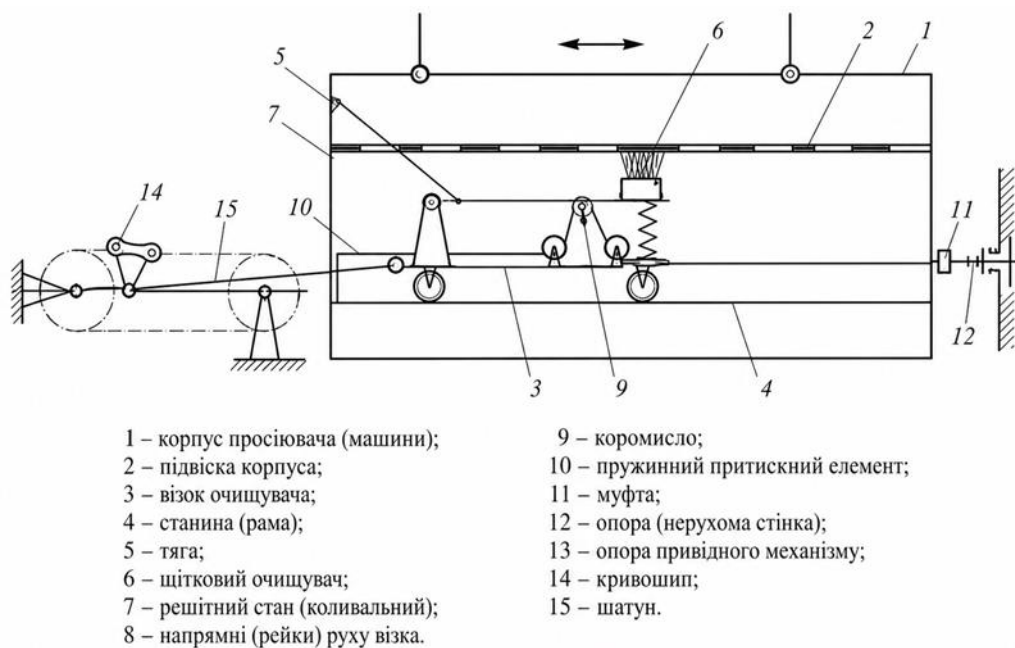


Рисунок 2.3 – Механізм очищення решет зерноочисних машин з коливальним рухом решітного стану

Разом з тим фрикційні очищувачі мають суттєві недоліки. Насамперед це наявність окремого механізму приводу, що збільшує металоємність конструкції, її складність і трудомісткість виготовлення. Під час роботи щіткові системи можуть створювати підвищений рівень шуму і додаткові вібрації. Крім того, наявність приводних елементів та спеціальних вікон у зоні решітного стану погіршує умови компоновки, а зовнішнє забруднення в таких місцях складніше усувати. Ще один важливий момент полягає в тому, що навіть щіткові очищувачі не забезпечують абсолютного очищення решіт за будь-яких режимів роботи. Саме тому, незважаючи на їх поширеність, вони не можуть розглядатися як безумовно оптимальне рішення для модернізації машини.

2.2.2 Ударні та комбіновані очищувачі

Ударні системи очищення працюють за іншим принципом. У таких конструкціях частинки, що застрягли в отворах решета, звільняються завдяки ударам по зворотному боку решета. У ролі робочих органів можуть використовуватися еластичні елементи різної форми: пластини, шайби, пружні бруски, кульки або інші тіла, що вільно переміщуються в підрешітному

просторі. Для того щоб такі очищувачі працювали ефективно, підрешітний простір поділяють на комірки. Це необхідно для більш рівномірного розподілу відбивних тіл по площі решета і забезпечення певної щільності ударного впливу на одиницю його поверхні.

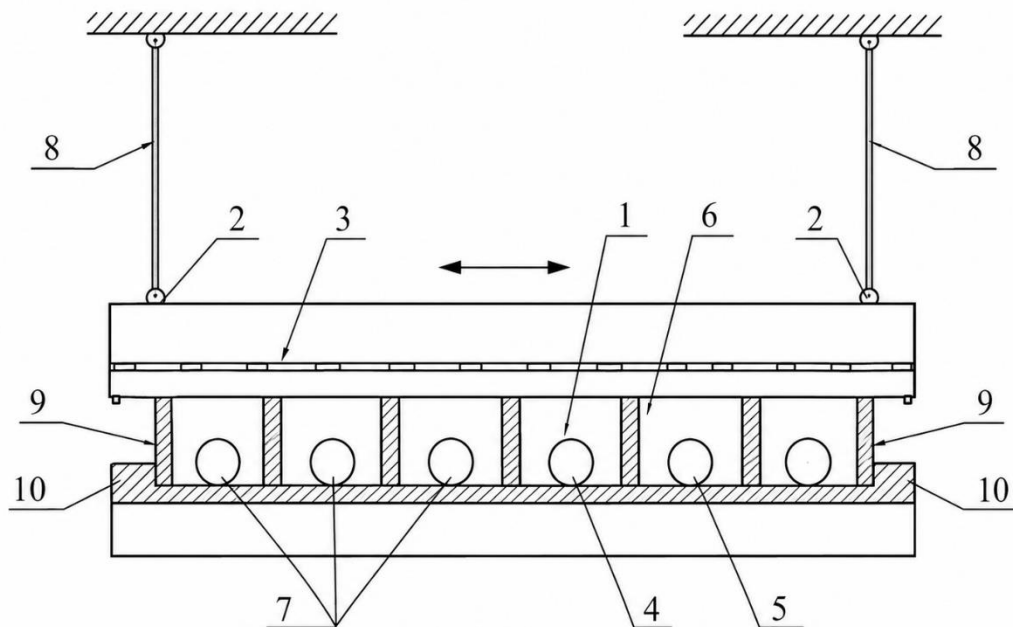
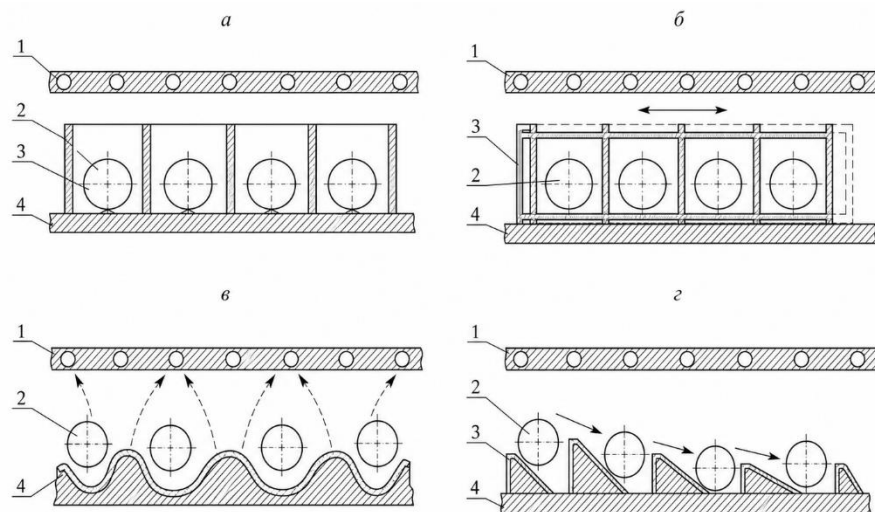


Рисунок 2.4 – Схема кулькового очищувача

1 - решітний стан; 2 - підвіски; 3 - основне решето; 4 - додаткове решето;
5 - рамка; 6 - діагональні перегородки; 7 - гумові кульки; 8 - гнучка підвіска; 9 - отвір; 10 - опорні елементи



1 - плоска решітка; 2 - гумові кульки; 3 - розділювальна стінка (сітка); 4 - відбивна поверхня (опора)

Рисунок 2.5 – Варіант кулькових очищувач плоских решіт

Серед ударних очищувачів найбільш поширеними є кулькові системи. Причина цього полягає в простоті їх конструкції, відсутності складного приводу, довговічності, відносній дешевизні та зручності в експлуатації. Кульки розміщуються між решетом і відбивною поверхнею, а під час коливань решітного стану здійснюють удари по нижньому боку решета, вибиваючи із його отворів застряглі частинки. При цьому для підвищення рівномірності роботи використовуються розділювальні рамки або комірчасті сітки. У ваших матеріалах наведено, що для окремих варіантів кулькових очищувачів коефіцієнт використання живого перерізу решета може досягати 0,95, а за вдосконалення розділювальної клітки зона можливого контакту очищувача з решетом зростає до 98 %.

Однак і кулькові очищувачі не є ідеальними. Їх головний недолік полягає в тому, що ударна взаємодія кульки з решетом має випадковий характер. Елемент, що міцно заклинився в отворі, буде видалений лише за умови безпосереднього влучання кульки саме в цю точку. Крім того, перегородки між кульками збільшують масу решітного стану та частково зменшують корисну площу решета. У ваших матеріалах також показано, що найбільший вплив на якість роботи кулькового очищувача має не стільки форма чи розміри самих очищувальних тіл, скільки рухомість розділювальної клітки: її переміщення дає змогу збільшити коефіцієнт використання живого перерізу решета на 5–16 %, тоді як тип очищувача змінює цей показник у межах 2–10 %, а геометричні параметри клітки — лише на 1–5 %. Це означає, що резерв підвищення ефективності кулькових систем існує, але він обмежений самим принципом імовірнісної ударної взаємодії.

Таким чином, аналіз існуючих фрикційних і ударних очищувачів показує, що кожна з традиційних систем має свої переваги, але жодна не забезпечує одночасно простоти, низької маси, стабільного очищення та високої технологічної ефективності за широкого діапазону режимів. Саме це створює підстави для пошуку іншого конструктивного рішення, яке поєднувало б переваги ударної дії з більшою площею контакту з решетом.

2.3 Аналіз кінематичних схем приводу решітного стану

Окрім системи очищення решіт, важливим елементом зерноочисної машини є привід решітного стану. Відомі конструкції приводів здебільшого побудовані за схемою ексцентрикового механізму, який через жорстко зв'язані ланки передає рух ситовому кузову, підвішеному на пружних або шарнірних підвісках. Такі схеми можуть відрізнятися розташуванням осі ексцентрика, способом підвішування решета або наявністю додаткових елементів очищення, однак їх спільною рисою є те, що в процесі роботи вони формують значні інерційні навантаження. У доданому вами тексті наведено приклади суміщених механізмів приводу й очищення, а також варіанти кулачкових та ексцентрикових схем, які дозволяють змінювати характер руху решітного стану. Проте навіть у цих рішеннях основна проблема динамічного навантаження повністю не зникає.

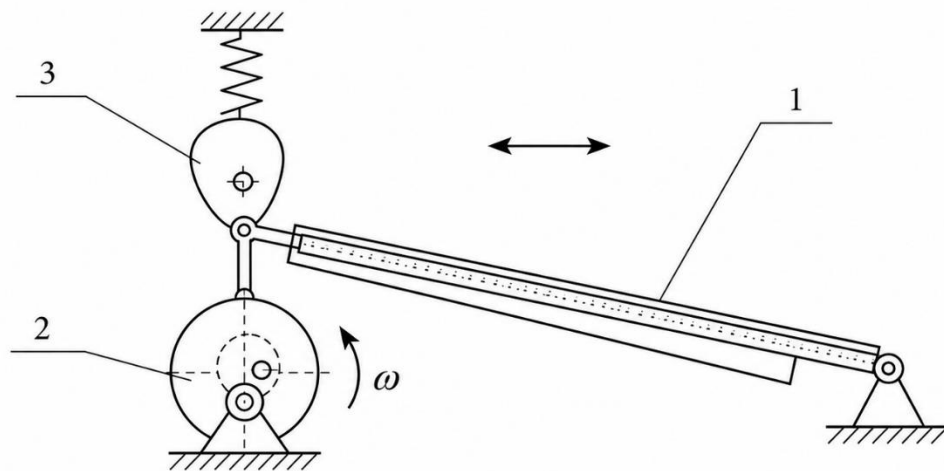


Рисунок 2.6 – Кінематична схема решітного стану з кулачковим приводом

1 - решето, 2 - ексцентриковий вал, 3 – кулачок

Жорсткий зв'язок між ексцентриком і ситовим кузовом призводить до того, що в крайніх положеннях коливань решітного стану енергія системи витрачається не лише на корисний технологічний процес, а й на подолання інерційних сил. Частина цих сил передається на корпус машини, частина — на ланки приводу. Через це підвищується навантаження на осі, шарніри, підвіски

й місця кріплення. Для сільськогосподарського виробництва, де техніка працює в умовах нерівномірного надходження вороху, пилового середовища та сезонних пікових навантажень, така особливість є суттєвим недоліком. Саме тому пошук спрощеної й надійної схеми приводу, здатної пом'якшити динамічний режим роботи, є виправданим з інженерної точки зору.

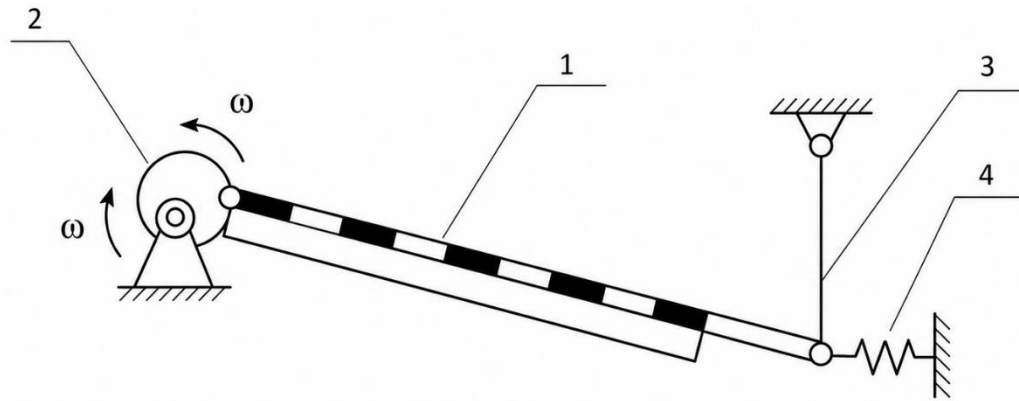


Рисунок 2.7 – Кінематична схема решітного пристрою з ексцентриковим приводом

1 - решето, 2 - ексцентриковий вал, 3 - підвіска, 4 - пружина

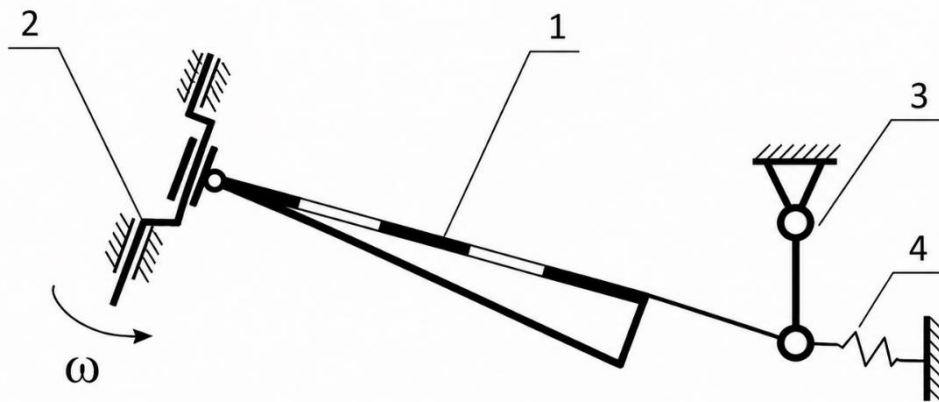


Рисунок 2.8 – Кінематична схема з кривошипно-шатунним механізмом

1 - решето, 2 - ексцентриковий привід, 3 - підвіска, 4 – пружина

Одним із раціональних шляхів удосконалення є використання пружного силового зв'язку між ексцентриком і решітним станом. У наданих вами матеріалах така схема передбачає горизонтально розміщену пружину та штовхач. Під час руху штовхача в один бік відбувається активний етап взаємодії: решітний стан відхиляється, а пружина стискається. У зворотному

напрямку пружина розтискається і частково повертає накопичену енергію, зменшуючи потребу у витратах потужності на вібрацію корпусу. Така схема не усуває коливання як явище, але дозволяє перерозподілити сили в системі та знизити навантаження на ексцентрик і раму машини. Це особливо важливо для підвищення довговічності та надійності обладнання.

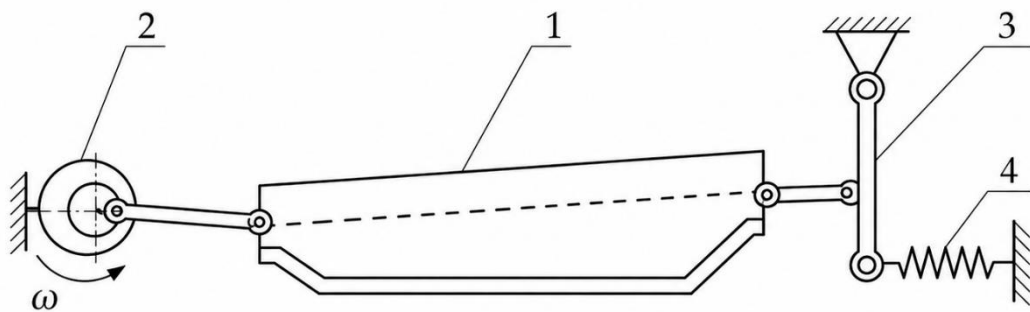


Рисунок 2.9 – Схема модернізованого приводу з пружиною та штовхачем

2.4 Обґрунтування вибору очищувача у вигляді пружини

Надійність роботи решітного стану значною мірою визначається станом робочої поверхні решета під час сепарації зернового вороху. У процесі роботи частина зернин та домішок може застрягати в отворах, унаслідок чого зменшується живий переріз решета, погіршується просіювання матеріалу та знижується ефективність поділу суміші на фракції. Саме тому під час модернізації решітного стану необхідно передбачити таку систему очищення решіт, яка була б простою за конструкцією, надійною в роботі та не вимагала складного додаткового приводу.

У традиційних конструкціях для очищення плоских решіт часто застосовують кулькові або щіткові очищувачі. Кулькові очищувачі мають просту будову, однак їх дія має переважно локальний характер, оскільки контакт із решетом відбувається в окремих точках. Щіткові очищувачі працюють активніше, але потребують окремого механізму переміщення, що ускладнює конструкцію й підвищує металоємність вузла. З огляду на це в даному проєкті більш доцільним є застосування очищувача у вигляді

пружини, який поєднує конструктивну простоту з більшою площею одночасної взаємодії з поверхнею решета.

Пружинний очищувач розміщується в осередку під решетом і працює разом із відбивною поверхнею. У процесі коливального руху решітного стану він переміщується в межах комірки, зіштовхується з виступами відбивної поверхні, відскакує від них та контактує з решетом одразу кількома витками. За рахунок цього очищення отворів відбувається інтенсивніше, ніж при використанні одиничного кулькового елемента. Важливо й те, що такий очищувач не потребує складного механізму приводу, а працює за рахунок уже наявного коливального руху решітного стану. Це робить його конструктивно доцільним для модернізації зерноочисної машини.

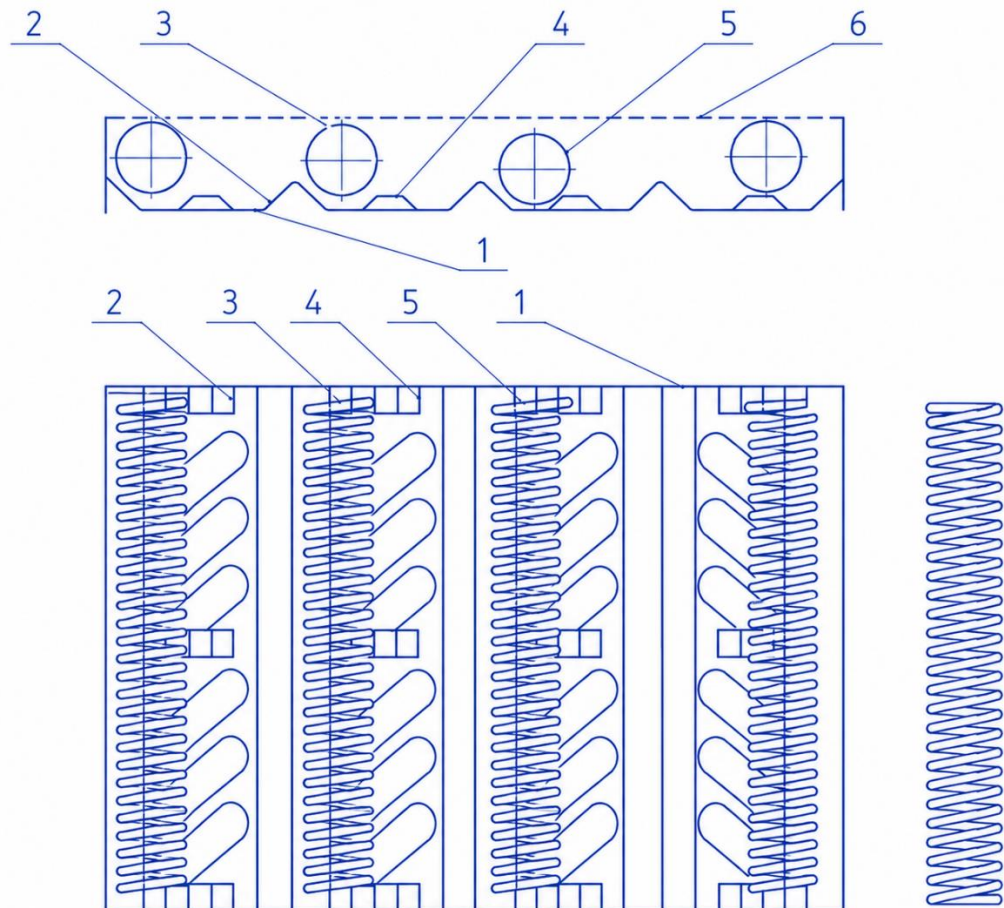


Рисунок 2.10 - Схема пружинного очищувача плоских решіт.

1 - відбивна поверхня; 2 - виступ; 3 - осередок; 4 - напрямні; 5 - очищувач;
6 – решето

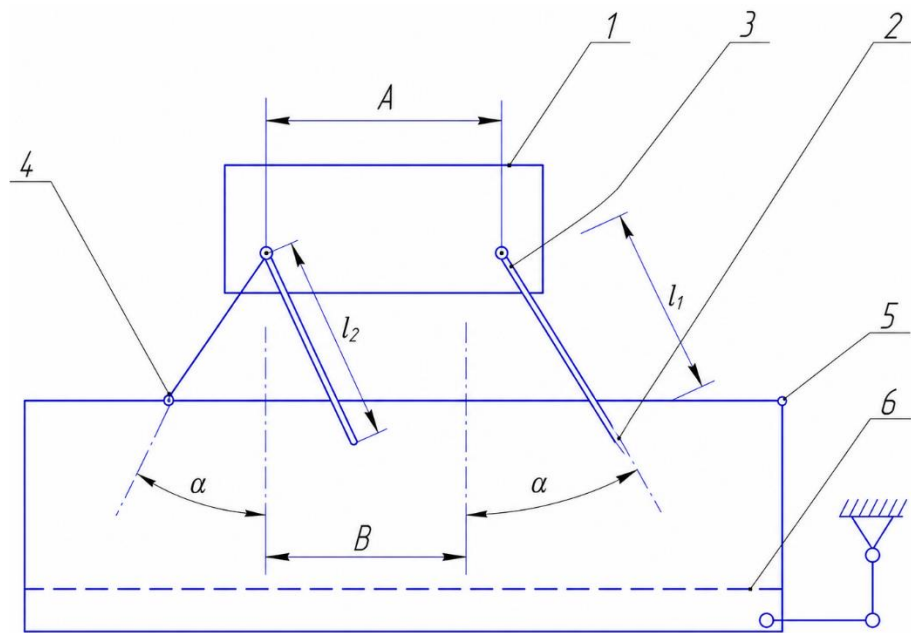
Конструктивна схема такого очищувача має включати відбивну поверхню, виступи, осередок, сам очищувач у вигляді пружини та решето. На схемі доцільно показати, що очищувальний елемент переміщується всередині комірки не хаотично, а у взаємодії з напрямними елементами відбивної поверхні. Завдяки цьому забезпечується не лише ударний вплив на решето, а й ковзання та перекочування очищувача в межах робочого простору. Така організація руху покращує умови очищення та підвищує стабільність роботи вузла.

2.5 Обґрунтування раціональної схеми підвіски решітного стану

Якість сепарації зернового вороху залежить не лише від форми та стану отворів решета, а й від характеру руху зернової маси по його поверхні. Якщо матеріал переміщується нерівномірно, частина робочої поверхні використовується не повністю, а окремі ділянки, навпаки, перевантажуються. У такому разі навіть ефективне очищення решета не забезпечує повною мірою потрібної продуктивності та якості розділення.

У звичайних зерноочисних машинах підвіска решітного стану найчастіше формує переважно поздовжній коливальний рух. Така схема є простою, однак при роботі з неоднорідним ворохом не завжди створює умови для рівномірного розподілу зернової маси по ширині решета. Тому в даному проєкті доцільно прийняти таке розміщення підвісок, яке дозволить отримати не лише поздовжні, а й додаткові поперечні переміщення шару зерна.

Цього можна досягти за рахунок різноспрямованого розташування підвісок решітного стану. При такій схемі під час руху в один бік одна сторона решітного кузова дещо піднімається, а інша опускається. Під час зворотного ходу відбувається протилежне переміщення. У результаті робочий орган одержує складніший характер коливань, а зернова маса активніше перерозподіляється по поверхні решета. Це сприяє кращому самосортуванню частинок і створює більш сприятливі умови для проходження зерна через отвори.



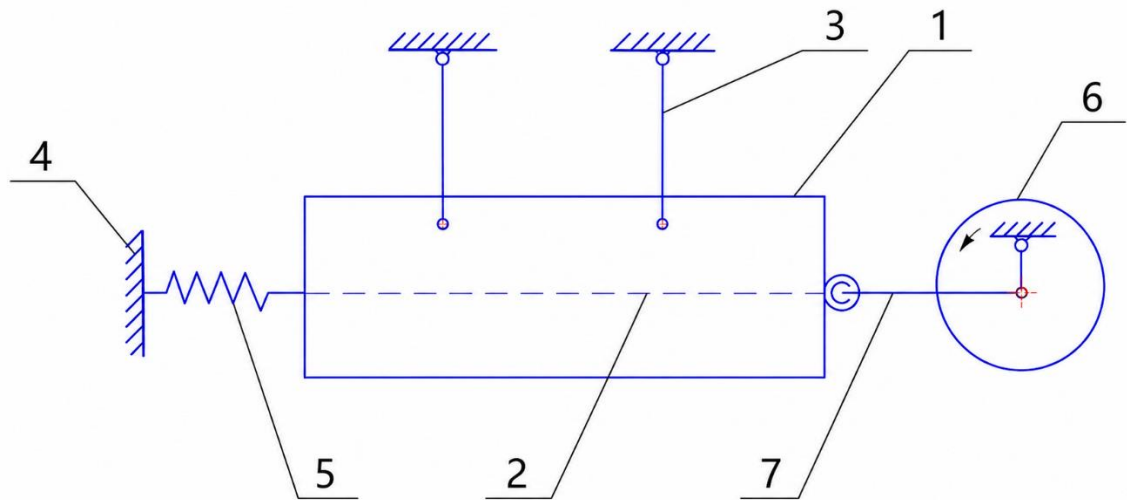
2.11 – Схема різноспрямованого розташування підвісок решітного стану.

З конструктивного погляду така модернізація є цілком доцільною, оскільки не потребує повної зміни приводу чи принципової перебудови решітного стану. Фактично змінюється схема встановлення підвісок, а отже технічне рішення залишається відносно простим у виготовленні та придатним для впровадження в умовах реального господарства.

Отже, для модернізованого решітного стану доцільно прийняти різноспрямовану схему підвіски, яка забезпечує більш раціональний рух зернового вороху по поверхні решета та підвищує ефективність процесу сепарації.

З урахуванням цього в дипломному проєкті приймається технічне рішення, яке передбачає встановлення очищувача у вигляді пружини, використання відбивної поверхні з виступами та напрямними елементами, а також застосування модернізованого приводу з пружиною та штовхачем. Такий привод дає змогу зменшити динамічне навантаження на раму та ексцентрикний механізм, оскільки частина енергії в системі акумулюється пружним елементом і використовується під час зворотного переміщення

решітного стану. У результаті покращуються умови роботи приводу та підвищується надійність машини загалом.



2.12 – Схема модернізованого приводу з пружиною та штовхачем

1 - решітний стан, 2 - решето, 3 - передня і задня плоскі пружини, 4 - рама машини, 5 - пружина, 6 - ексцентрик, 7 – штовхач

Таким чином, для подальшого конструкторського розрахунку в третьому розділі дипломного проєкту приймається модернізований решітний стан зерноочисної машини, який поєднує пружинний очищувач, удосконалений привод із пружиною та штовхачем і раціональну схему підвіски. Таке рішення є технічно обґрунтованим, конструктивно здійсненним і придатним для впровадження в умовах сільськогосподарського виробництва.

З КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗРАХУНОК МОДЕРНІЗОВАНОГО РЕШІТНОГО СТАНУ

3.1 Обґрунтування конструктивної схеми модернізованого решітного стану

Одним із найбільш відповідальних вузлів зерноочисної машини є решітний стан, оскільки саме в ньому здійснюється основний поділ зернового вороху на фракції, видалення домішок та проходження основної частини очищеного зерна крізь отвори решета. Від конструкції цього вузла безпосередньо залежать продуктивність машини, якість очищення, рівномірність руху зернової маси по робочій поверхні, а також надійність і довговічність приводу.

У серійних конструкціях решітних станів, як правило, використовуються звичайні схеми підвіски, жорсткий ексцентриковий привод і традиційні кулькові або щіткові очищувачі. Такі рішення забезпечують працездатність машини, однак мають ряд недоліків. До них належать нерівномірне очищення отворів решета, зниження живого перерізу робочої поверхні при забиванні, недостатньо раціональний характер переміщення зернової маси по ширині решета, а також підвищені інерційні навантаження на елементи приводу у крайніх положеннях коливального руху.

З метою усунення цих недоліків у даному проєкті приймається модернізована конструктивна схема решітного стану, яка включає: корпус решітного стану; решето; відбивну поверхню підрешітного простору з комірками; очищувачі у вигляді пружин; передні та задні різноспрямовані підвіски; ексцентриковий привод; штовхач; пружину приводу; опорну раму.

Корпус решітного стану є несучою частиною вузла. У ньому закріплюється решето, монтується відбивна поверхня та розміщуються вузли підвіски і приводу. Конструкція корпусу повинна бути досить жорсткою, щоб сприймати робочі навантаження, але водночас не надмірно масивною, щоб не збільшувати інерційність системи.

Робочим органом вузла є решето. Саме воно забезпечує розділення зернового вороху за розмірами частинок. Для того щоб отвори решета в процесі роботи не забивалися, під ним передбачено встановлення очищувачів у вигляді пружин. На відміну від кулькових очищувачів, які взаємодіють із решетом лише в окремих точках, пружинний очищувач контактує з нижньою поверхнею решета одночасно кількома витками, що підвищує інтенсивність очищення.

Для спрямування руху очищувача під решетом застосовано спеціальну відбивну поверхню з виступами та западинами, які формують окремі комірки. Під час коливань решітного стану очищувач переміщується в межах комірки, перекочується по відбивній поверхні та періодично взаємодіє з решетом, забезпечуючи вибивання застряглих частинок з отворів.

Важливою особливістю модернізованого вузла є різноспрямоване розташування підвісок. На відміну від звичайної схеми, така конструкція формує не лише основний поздовжній коливальний рух, а й додаткову поперечну складову. У результаті зерновий матеріал активніше перерозподіляється по ширині решета, покращується самосортування частинок і більш повно використовується вся робоча площа решета.

Для зменшення динамічного навантаження на раму та привод у проєкті приймається ексцентриковий привод із пружиною та штовхачем. У цій схемі частина енергії в процесі робочого ходу накопичується в пружному елементі, а під час зворотного переміщення повертається в систему. Завдяки цьому зменшується різкість зміни навантажень, підвищується плавність роботи та покращується надійність вузла.

Отже, для подальшого конструкторського розрахунку приймається модернізований решітний стан зерноочисної машини з пружинним очищувачем, комірчастою відбивною поверхнею, різноспрямованими підвісками та приводом із пружиною й штовхачем.

Для виконання конструкторської частини необхідно прийняти вихідні параметри модернізованого вузла, які надалі використовуються у всіх розрахунках. Оскільки проєкт виконується для зерноочисної машини середньої продуктивності, приймаємо такі вихідні дані:

продуктивність машини: $Q = 20$ т/год;

довжина решета: $l = 1600$ мм = 1,60 м;

ширина решета: $b = 620$ мм = 0,62 м;

ексцентриситет приводу: $e = 14$ мм;

подвійна амплітуда коливань решітного стану: $A = 28$ мм;

частота коливань решітного стану: $n = 280$ хв⁻¹;

маса рухомої частини решітного стану: $m = 65$ кг;

довжина підвіски: $l_{\text{п}} = 300$ мм;

ширина підвіски: $b_{\text{п}} = 40$ мм;

товщина підвіски: $s_{\text{п}} = 8$ мм;

діаметр отворів підвіски: $d_{\text{отв}} = 14$ мм;

кут нахилу підвісок: $\alpha = 12$;

довжина очищувача у вигляді пружини: $L_{\text{оч}} = 120$ мм;

зовнішній діаметр очищувача: $D_{\text{оч}} = 28$ мм;

діаметр дроту очищувача: $d_{\text{др}} = 3$ мм;

крок витків очищувача: $t = 6$ мм;

кількість робочих витків очищувача: $n_{\text{р}} = 18$;

крок комірок відбивної поверхні: $p = 50$ мм;

товщина листа відбивної поверхні: $s = 2$ мм;

висота виступу відбивної поверхні: $h_{\text{в}} = 12$ мм;

ширина вершини виступу: $b_{\text{в}} = 8$ мм;

ширина основи западини: $b_{\text{з}} = 24$ мм;

діаметр штовхача: $d_{\text{ш}} = 20$ мм;

міжосьова відстань штовхача: $l_{\text{ш}} = 230$ мм;

діаметр отворів штовхача: $d_{\text{п}} = 12$ мм.

Прийняті значення відповідають конструкції решітного стану, що виноситься на складальне креслення, і забезпечують узгодженість усіх подальших розрахунків.

3.2 Розрахунок основних геометричних параметрів решітного стану

Першим етапом конструкторського розрахунку є визначення робочої площі решета. Вона дорівнює добутку його довжини на ширину:

$$F = l \cdot b = 1,60 \cdot 0,62 = 0,992 \text{ м}^2$$

Отже, робоча площа решета становить 0,992 м².

Далі визначаємо питоме навантаження на решето. Для цього продуктивність машини поділяємо на площу робочої поверхні:

$$q = \frac{Q}{F} = \frac{20}{0,992} = 20,16 \text{ т/год} \cdot \text{м}^2$$

Отримане значення є прийнятним для зерноочисної машини середньої продуктивності, оскільки забезпечує достатньо повне використання робочої площі решета без його надмірного перевантаження.

Довжину корпусу решітного стану приймаємо більшою за довжину решета з урахуванням крайових полів та елементів кріплення:

$$L_k = l + 2a = 1600 + 2 \cdot 50 = 1700 \text{ мм}$$

де $a = 50$ мм – запас по довжині на кріплення та монтаж.

Ширину корпусу визначаємо аналогічно:

$$B_k = b + 2c = 620 + 2 \cdot 40 = 700 \text{ мм}$$

де $c = 40$ мм – крайові поля по ширині.

Для нормальної роботи очищувачів і розміщення відбивної поверхні приймаємо висоту підрешітного простору:

$$H = 32 \text{ мм}$$

Це значення забезпечує розміщення очищувача діаметром 28 мм із невеликим робочим зазором:

$$\Delta = H - D_{\text{оч}} = 32 - 28 = 4 \text{ мм}$$

Такий зазор є достатнім для вільного переміщення очищувача в комірці без заклинювання.

Число комірок уздовж довжини відбивної поверхні визначається за формулою:

$$N = \frac{l}{p} = \frac{1600}{50} = 32$$

Отже, підрешітний простір доцільно поділити на 32 комірки за довжиною.

Оскільки решітний стан повинен працювати в умовах підвищеного динамічного навантаження, прийняті габарити 1700×700 мм є конструктивно доцільними та забезпечують достатню площу для встановлення решета, підрешітного простору, підвісок і приводу.

3.3 Розрахунок параметрів очищувача у вигляді пружини

Очищувач виконується у вигляді циліндричної гвинтової пружини. Для оцінки його геометричних параметрів спочатку визначаємо середній діаметр пружини:

$$D_{\text{ср}} = D_{\text{оч}} - d_{\text{др}} = 28 - 3 = 25 \text{ мм}$$

Індекс пружини визначається відношенням середнього діаметра до діаметра дроту:

$$i = \frac{D_{\text{ср}}}{d_{\text{др}}} = \frac{25}{3} = 8,33$$

Отримане значення свідчить про технологічну доцільність виготовлення деталі, оскільки індекс пружини знаходиться в допустимих межах.

Для уточнення довжини пружини враховуємо, що крім 18 робочих витків є ще два кінцеві витки. Тоді загальна кількість витків:

$$n_{\Sigma} = 18 + 2 = 20$$

Орієнтовна довжина пружини у вільному стані:

$$L_0 = (n_{\Sigma} - 1) \cdot t + d_{\text{др}}$$
$$L_0 = (20 - 1) \cdot 6 + 3 = 117 \text{ мм}$$

З урахуванням технологічного запасу та обробки торців приймаємо:

$$L_0 = 120 \text{ мм}$$

Довжину дроту, необхідного для виготовлення однієї пружини, визначаємо за формулою:

$$l_{\text{др}} = \pi D_{\text{ср}} n_{\Sigma}$$
$$l_{\text{др}} = 3,14 \cdot 25 \cdot 20 = 1570 \text{ мм}$$

Площа поперечного перерізу дроту:

$$A_{\text{др}} = \frac{\pi d_{\text{др}}^2}{4}$$
$$A_{\text{др}} = \frac{3,14 \cdot 3^2}{4} = 7,07 \text{ мм}^2$$

Об'єм дроту однієї пружини:

$$V = A_{\text{др}} \cdot l_{\text{др}} = 7,07 \cdot 1570 = 11099 \text{ мм}^3$$

Маса очищувача:

$$m_{\text{оч}} = \rho \cdot V$$

де $\rho = 7,85 \cdot 10^{-6} \text{ кг/мм}^3$.

$$m_{\text{оч}} = 7,85 \cdot 10^{-6} \cdot 11099 = 0,087 \text{ кг}$$

Отже, маса одного очищувача становить приблизно 0,09 кг, що є цілком прийнятним для роботи в комірці підрешітного простору. Прийняті геометричні параметри забезпечують достатню пружність, технологічність виготовлення та нормальну роботу очищувача.

3.4 Розрахунок відбивної поверхні та комірок підрешітного простору

Відбивна поверхня виконується з листової сталі товщиною 2 мм і має профільовану форму, що утворює комірки для переміщення очищувачів. Крок комірки приймається:

$$p = 50 \text{ мм}$$

Висота виступу:

$$h_b = 12 \text{ мм}$$

Ширина вершини виступу:

$$b_b = 8 \text{ мм}$$

Ширина основи западини:

$$b_3 = 24 \text{ мм}$$

Оскільки довжина робочої частини решета 1600 мм, кількість комірок уздовж довжини становить:

$$N = \frac{1600}{50} = 32$$

Для полегшення деталі та забезпечення проходження дрібної фракції в робочій частині передбачаються подовжені отвори розміром 12×4 мм. Крок розташування отворів уздовж довжини приймаємо 20 мм. Число отворів в одному ряду визначається орієнтовно:

$$n_o = \frac{l - 2a}{s_o}$$

де $a = 20$ мм – крайове поле,

$s_o = 20$ мм – крок отворів.

$$n_o = \frac{1600 - 40}{20} = 78$$

Отже, в одному ряду розміщується приблизно 78 прорізів. Якщо рядів три, загальна кількість прорізів становить:

$$n_{\Sigma o} = 3 \cdot 78 = 234$$

Такий поділ забезпечує достатню перфорацію поверхні без істотного ослаблення її жорсткості.

Для перевірки конструктивної придатності визначаємо співвідношення висоти виступу до діаметра очищувача:

$$\lambda = \frac{h_b}{D_{оч}} = \frac{12}{28} = 0,43$$

Отримане значення свідчить про те, що виступ має достатню висоту для формування руху очищувача, але не є надмірно високим, щоб ускладнювати його переміщення.

Таким чином, прийнята конструкція відбивної поверхні з кроком комірок 50 мм, висотою виступу 12 мм та перфорацією у вигляді отворів 12×4 мм є конструктивно доцільною й придатною для роботи в складі модернізованого решітного стану.

3.5 Розрахунок підвісок решітного стану

Підвіски решітного стану виконуються у вигляді плоских сталевих планок довжиною 300 мм, шириною 40 мм і товщиною 8 мм. Вони працюють на розтяг, стиск і частково на згин у процесі коливального руху.

Для забезпечення амплітуди коливань 28 мм перевіримо зміну кута повороту підвіски. Додатковий кут відхилення визначається як:

$$\beta = \arcsin \frac{A}{l_{\pi}}$$

$$\beta = \arcsin \frac{28}{300} = 5,35^{\circ}$$

Оскільки початковий кут нахилу підвіски становить 12° , сумарне відхилення залишається в допустимих межах і не спричиняє заклинювання вузла.

Для перевірки міцності визначаємо розрахункове зусилля на одну підвіску. Повна маса рухомої системи з урахуванням частини зернового матеріалу приймається:

$$m_{\Sigma} = 80 \text{ кг}$$

Статичне навантаження:

$$G = m_{\Sigma} g = 80 \cdot 9,81 = 785 \text{ Н}$$

За наявності чотирьох підвісок навантаження на одну становить:

$$G_1 = \frac{785}{4} = 196 \text{ Н}$$

Інерційна сила буде визначена далі, але для перевірки підвіски приймаємо на одну підвіску додатково 195 Н. Тоді результуюче навантаження:

$$R = \sqrt{196^2 + 195^2} = 276 \text{ Н}$$

З урахуванням коефіцієнта запасу по динаміці $k_d = 1,5$:

$$R_p = 1,5 \cdot 276 = 414 \text{ Н}$$

Нетто-площа перерізу підвіски в зоні отвору:

$$A_n = (b_n - d_{\text{отв}}) \cdot s_n$$

$$A_n = (40 - 14) \cdot 8 = 208 \text{ мм}^2$$

Напруження в небезпечному перерізі:

$$\sigma = \frac{R_p}{A_n} = \frac{414}{208} = 1,99 \text{ МПа}$$

Отримане значення є значно меншим за допустиме для сталі 45, тому підвіска має достатній запас міцності.

Тиск у зоні отвору:

$$p = \frac{R_p}{d_{\text{отв}} \cdot s_n} = \frac{414}{14 \cdot 8} = 3,70 \text{ МПа}$$

І цей показник знаходиться в безпечних межах.

Отже, підвіска з розмірами 300×40×8 мм і отворами діаметром 14 мм забезпечує необхідну міцність і може бути прийнята для конструкції модернізованого решітного стану.

3.6 Розрахунок модернізованого приводу з пружиною та штовхачем

Частота обертання ексцентрикового приводу становить 280 хв⁻¹. Кутова швидкість:

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{3,14 \cdot 280}{30} = 29,3 \text{ рад/с}$$

Максимальна швидкість коливального руху:

$$v_{max} = \omega e = 29,3 \cdot 0,014 = 0,41 \text{ м/с}$$

Максимальне прискорення:

$$a_{max} = \omega^2 e = 29,3^2 \cdot 0,014 = 12,0 \text{ м/с}^2$$

Інерційна сила, яка виникає в решітному стані:

$$F_i = m a_{max} = 65 \cdot 12,0 = 780 \text{ Н}$$

Для зменшення динамічного впливу на привод у схему вводиться пружина. Якщо допустиме її робоче стискання становить 10 мм, потрібна жорсткість:

$$c = \frac{F_i}{\delta} = \frac{780}{0,010} = 78000 \text{ Н/м}$$

або $c = 78 \text{ Н/мм}$

Для пружини приводу приймаємо: діаметр дроту $d = 12 \text{ мм}$; середній діаметр $D = 70 \text{ мм}$; число робочих витків $n = 8$.

Жорсткість циліндричної пружини стиску:

$$c = \frac{G d^4}{8 D^3 n}$$

де $G = 8 \cdot 10^4 \text{ МПа}$.

$$c = \frac{80000 \cdot 12^4}{8 \cdot 70^3 \cdot 8} = 75,6 \text{ Н/мм}$$

Отримане значення близьке до потрібного, тому прийнята пружина забезпечує необхідний режим роботи.

Сила, яку розвиває пружина при стисканні на 10 мм:

$$F = c \cdot \delta = 75,6 \cdot 10 = 756 \text{ Н}$$

Це відповідає розрахованій інерційній силі, отже параметри пружини приводу вибрано правильно.

3.8 Перевірочний розрахунок штовхача на міцність:

Штовхач приводу виконується у вигляді стрижня діаметром 20 мм з отворами діаметром 12 мм у головках. Для розрахунку приймаємо максимальне зусилля з урахуванням динамічного коефіцієнта:

$$F_p = 1,3 \cdot 756 = 983 \text{ Н}$$

Площа поперечного перерізу стрижня:

$$A = \frac{\pi d_{\text{ш}}^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 20^2}{4} = 314 \text{ мм}^2$$

Напруження в стрижні:

$$\sigma = \frac{F_p}{A} = \frac{983}{314} = 3,13 \text{ МПа}$$

Це значно менше за допустиме напруження для сталі 45, тому стрижень має достатній запас міцності.

Перевіримо тиск у зоні отвору головки. При товщині головки 16 мм:

$$p = \frac{F_p}{d_{\Pi} \cdot t} = \frac{983}{12 \cdot 16} = 5,12 \text{ МПа}$$

Отримане значення також є допустимим.

Таким чином, штовхач із діаметром стрижня 20 мм, отворами 12 мм і міжосьовою відстанню 230 мм забезпечує необхідну міцність і може бути прийнятий у конструкцію.

3.9 Перевірочний розрахунок підвіски решітного стану на міцність:

Для остаточної перевірки підвіски врахуємо не лише осьове навантаження, а й умови роботи отворів під пальці. Максимальна сила на одну підвіску вже визначена:

$$R_p = 414 \text{ Н}$$

Площа зминання в отворі:

$$A_{\text{зм}} = d_{\text{отв}} \cdot s_{\Pi} = 14 \cdot 8 = 112 \text{ мм}^2$$

Напруження зминання:

$$\sigma_{\text{зм}} = \frac{R_p}{A_{\text{зм}}} = \frac{414}{112} = 3,70 \text{ МПа}$$

При допустимих значеннях для сталі 45 ця величина є незначною.

Крім того, коефіцієнт запасу за міцністю можна визначити як:

$$n_{\text{зап}} = \frac{[\sigma]}{\sigma}$$

Приймаючи допустиме напруження $[\sigma] = 140$ МПа, отримаємо:

$$n_{\text{зап}} = \frac{140}{1,99} = 70,35$$

Отже, підвіска має значний запас міцності, що є позитивним з точки зору довговічності та надійності роботи вузла.

3.10 Опис складального креслення та деталювання основних деталей:

У графічній частині дипломного проєкту на складальне креслення винесено модернізований решітний стан зерноочисної машини. На кресленні показано загальний вигляд вузла, вигляд зверху, поздовжній і поперечний розрізи, а також виносні елементи найбільш відповідальних зон. На складальному кресленні зображені корпус решітного стану, решето, відбивна поверхня підрешітного простору, очищувачі у вигляді пружин, передні та задні підвіски, ексцентриковий привод, штовхач, пружина приводу та опорна рама.

Особливу увагу на складальному кресленні приділено: конструкції підрешітного простору; розміщенню очищувачів у вигляді пружин; різноспрямованому розташуванню підвісок; компоновці приводу з пружиною та штовхачем.

На деталювання винесено чотири основні деталі модернізованого вузла: очищувач у вигляді пружини; відбивна поверхня з комірками; штовхач приводу; підвіска решітного стану.

На кресленні очищувача показано його довжину, зовнішній і внутрішній діаметри, діаметр дроту, крок навивки та кількість робочих витків.

На кресленні відбивної поверхні подано її загальний вигляд, профіль комірок, вигляд зверху та робочу ділянку з розмірами виступів, западин, отворів і кроку комірок.

На кресленні штовхача наведено головний вигляд, додаткові зображення головки та поперечний переріз, що дозволяють визначити всі розміри, необхідні для виготовлення деталі.

На кресленні підвіски подано головний вигляд і вид збоку з розмірами довжини, ширини, товщини, діаметра отворів та радіусів заокруглення.

Отже, графічна частина повністю відображає конструкцію модернізованого решітного стану та забезпечує можливість виготовлення його основних деталей.

Висновки

Обґрунтовано геометричні параметри очищувача у вигляді пружини. Прийнято довжину 120 мм, зовнішній діаметр 28 мм, діаметр дроту 3 мм, крок витків 6 мм і 18 робочих витків. Встановлено, що така деталь є технологічною у виготовленні та має достатню пружність для роботи в комірці підрешітного простору.

Розраховано відбивну поверхню, для якої прийнято крок комірок 50 мм, висоту виступу 12 мм, ширину вершини 8 мм і ширину основи западини 24 мм. За довжини 1600 мм підрешітний простір поділено на 32 комірки.

Для різноспрямованих підвісок прийнято довжину 300 мм, ширину 40 мм і товщину 8 мм. Перевірочний розрахунок показав, що напруження в небезпечному перерізі становить лише 1,99 МПа, що значно менше допустимого.

Для модернізованого приводу визначено максимальну інерційну силу 780 Н. Необхідна жорсткість пружини приводу становить 78 Н/мм, а прийнята конструкція пружини забезпечує жорсткість 75,6 Н/мм, що є достатнім для роботи вузла.

Перевірочний розрахунок штовхача підтвердив його працездатність: напруження в стрижні становить 3,13 МПа, а тиск у зоні отворів – 5,12 МПа, що не перевищує допустимих значень.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Аналіз умов праці під час експлуатації зерноочисного обладнання

Експлуатація зерноочисної машини в умовах сільськогосподарського підприємства належить до робіт, під час яких працівник контактує з рухомими механізмами, електрообладнанням, пиловим середовищем і транспортно-технологічними потоками зернової маси. Відповідно до Закону України «Про охорону праці», умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин і механізмів, а також стан засобів колективного та індивідуального захисту мають відповідати вимогам законодавства, а роботодавець зобов'язаний створити безпечні умови в кожному структурному підрозділі. Для підприємств, де виконують роботи зі зберігання та переробки зерна, додатково діють галузеві Правила охорони праці, затверджені наказом Мінсоцполітики від 20.09.2017 № 1504 і зареєстровані в Мін'юсті 23.10.2017 за № 1288/31156.

Для модернізованого решітного стану характерною є робота в зоні подавання і очищення зернового вороху, де одночасно діють механічні, електричні та пилові фактори. Працівник під час обслуговування такого обладнання може перебувати біля приводу, підвісок, місць подавання зерна, випускних отворів та вузлів очищення решета. За галузевими правилами всі трудомісткі процеси на складах зерна і сировини мають бути механізовані та виконуватися згідно із затвердженим технологічним процесом, а під час робіт, пов'язаних із пробовідбором чи зачисткою, повинні вживатися заходи, що унеможливають пуск технологічного обладнання.

З урахуванням призначення модернізованого вузла основними зонами ризику є місце взаємодії ексцентрикового приводу зі штовхачем, підвіски решітного стану, підрешітний простір з очищувачами, а також зони накопичення пилу біля решета і транспортних комунікацій. Тому під час проектування і подальшої експлуатації вирішальне значення мають захисні

огородження рухомих частин, правильна організація технічного обслуговування, періодичне видалення пилу, надійне заземлення електрообладнання та недопущення виконання ремонтних робіт на працюючій машині. Такі підходи узгоджуються із загальними вимогами законодавства про охорону праці та спеціальними правилами для робіт зі зберігання і переробки зерна.

4.2 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Під час роботи зерноочисної машини на працівника можуть діяти небезпечні та шкідливі фактори різної природи. До небезпечних факторів належать рухомі частини приводу, штовхач, підвіски, можливість затягування одягу або частин тіла у зону коливального руху, а також ризик травмування під час очищення чи регулювання обладнання без його повної зупинки. До шкідливих факторів належать підвищена запиленість повітря робочої зони, шум, вібрація, нервово-фізичне напруження під час спостереження за технологічним процесом і небезпека ураження електричним струмом. Не менш важливо враховувати й пожежну небезпеку, оскільки зерновий пил та органічні відкладення можуть накопичуватися на конструктивних елементах машини і в приміщенні.

Особливо небезпечною є зона приводу модернізованого решітного стану, де відбувається перетворення обертального руху на зворотно-поступальний. Тут за наявності відкритих деталей можливий контакт працівника з ексцентриком, штовхачем чи шарнірними з'єднаннями. Тому всі елементи, які здійснюють рух або передають зусилля, повинні бути закриті захисними кожухами, а доступ до них під час роботи машини має бути виключений. Для ремонтних і налагоджувальних операцій машина повинна бути повністю зупинена та відключена від джерела живлення. Такий підхід відповідає вимозі законодавства про забезпечення безпеки машин, механізмів і устаткування на робочому місці.

Другим суттєвим чинником є пиловий фактор. Під час очищення зерна утворюється значна кількість органічного пилу, який погіршує умови праці, подразнює органи дихання та зору, а при накопиченні в приміщенні підвищує пожежонебезпечність виробництва. Галузеві правила прямо вимагають перед закладанням чергової партії зерна проводити зачистку днищ, змітання і видалення пилу. Це положення є особливо важливим для зерноочисних відділень, де пил осідає не лише на будівельних конструкціях, а й на машині, електропроводці та приводних вузлах.

До шкідливих факторів належить і шумовий вплив, який формується внаслідок роботи приводу, тертя зернової маси по решету та ударної взаємодії очищувачів із підрешітним простором. Для модернізованого решітного стану цей фактор не зникає, але його вплив може бути зменшений за рахунок правильної збірки вузла, балансування приводу, використання справних шарнірів і своєчасного технічного обслуговування. Вібраційний вплив також повинен бути обмежений, оскільки надмірні коливання не тільки погіршують умови праці, а й прискорюють зношування елементів машини.

4.3 Вимоги безпеки під час експлуатації, обслуговування обладнання

Безпечна експлуатація модернізованого решітного стану повинна починатися з правильної організації допуску працівників до роботи. Закон України «Про охорону праці» вимагає, щоб працівники під час прийняття на роботу і в процесі роботи проходили за рахунок роботодавця інструктаж, навчання з питань охорони праці, з надання першої допомоги та правил поведінки у разі аварії, а до роботи не допускаються особи, які не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань. Для обладнання, яке містить рухомі механізми і належить до робіт підвищеної небезпеки, ця вимога є принциповою.

Перед пуском зерноочисної машини оператор повинен перевірити загальний технічний стан вузла: наявність і справність огорожень,

відсутність сторонніх предметів у зоні решета та приводу, цілісність підвісок, штовхача і пружини, надійність кріплення решета, а також справність пускової апаратури. Окремо необхідно перевірити, щоб у підрешітному просторі очищувачі вільно переміщувалися в комірках і не були заклинені. Роботу машини дозволяється розпочинати лише після того, як працівник переконався у відсутності людей у небезпечній зоні. Таке правило узгоджується із загальною вимогою роботодавця забезпечити безпечний технічний стан обладнання і відповідні умови праці на робочому місці.

Під час роботи машини забороняється знімати захисні кожухи, підправляти зерновий потік руками, очищати решето, усувати заклинювання очищувачів або проводити регулювання приводу на ходу. Усі такі операції слід виконувати тільки після повного вимкнення електродвигуна, зупинки решітного стану та вжиття заходів, що унеможливають раптовий пуск. Галузеві правила для зернових підприємств прямо передбачають, що під час робіт, пов'язаних із пробовідбором, зачисткою чи доступом у небезпечну зону, мають бути вжиті заходи, що унеможливають запуск транспортерів, норій та іншого обладнання. Цей принцип повністю поширюється і на зерноочисну машину.

Технічне обслуговування модернізованого вузла має включати регулярну перевірку стану підвісок, пальців, шарнірів, пружини приводу, штовхача, решета та відбивної поверхні. Особливу увагу потрібно приділяти стану отворів під пальці, кріпильних елементів і відсутності тріщин у місцях концентрації напружень. Під час змащування, підтягування кріплень чи заміни деталей машина повинна бути знеструмлена, а на пусковому пристрої слід вивішувати попереджувальний напис про заборону вмикання. Для робіт усередині підрешітного простору чи в зоні приводу має забезпечуватися нагляд з боку іншого працівника, що відповідає загальній логіці вимог безпечного доступу до технологічного обладнання на зернових підприємствах.

Оскільки привід решітного стану здійснюється електродвигуном, одним із головних завдань є забезпечення електробезпеки. Для цього електродвигун,

пускова апаратура та металеві неструмоведучі частини машини повинні бути надійно заземлені, електричні кабелі — захищені від механічних пошкоджень, а апаратура керування — розміщена в зручному і безпечному для оператора місці. Будь-які ремонтні роботи на електричній частині повинні виконуватися лише після відключення напруги. Законодавство про охорону праці покладає на роботодавця обов'язок забезпечувати безпечний стан обладнання та засобів виробництва, а галузеві правила для зернопереробних об'єктів містять вимоги щодо надійного заземлення пультів управління та недопущення робіт у небезпечних режимах.

Не менш важливою є пожежна безпека. Для об'єктів зі зберігання та переробки зерна пожежний ризик підвищується через наявність горючого органічного пилу, сухих відкладень, електрообладнання та тертя рухомих елементів. Кодекс цивільного захисту України покладає на суб'єкти господарювання обов'язок забезпечувати власні об'єкти засобами цивільного захисту, у тому числі системами протипожежного захисту, а також виконувати вимоги техногенної та пожежної безпеки. Для зернових підприємств діють і спеціальні пожежні правила, які регламентують основні та спеціальні вимоги пожежної безпеки під час експлуатації й технічного переоснащення таких об'єктів.

Для розглядуваного вузла це означає, що приміщення зерноочисного відділення повинно бути забезпечене первинними засобами пожежогасіння, вільними проходами до евакуаційних виходів, справною електромережею та систематичним прибиранням пилу. У зоні роботи машини не допускається використання відкритого вогню, куріння, накопичення промасленого ганчір'я та зберігання легкозаймистих матеріалів. Регулярне очищення машини, підлоги та будівельних конструкцій від пилу є не лише санітарною, а й протипожежною вимогою. Галузеві правила для підприємств зернової сфери прямо вимагають проводити видалення пилу, а спеціальні пожежні правила для зернозберігальних і зернопереробних об'єктів регламентують особливий режим експлуатації таких приміщень.

Вимоги виробничої санітарії для зерноочисного відділення передбачають обмеження запиленості та шуму, забезпечення природного і штучного освітлення, провітрювання, зручного робочого місця оператора і використання засобів індивідуального захисту. Відповідно до Закону «Про охорону праці», роботодавець повинен за власний рахунок забезпечувати працівників засобами індивідуального захисту. Для оператора зерноочисної машини це, насамперед, спецодяг, захисне взуття, рукавиці, захисні окуляри, а за потреби — респіратор і протишумові засоби.

4.4 Заходи щодо захисту навколишнього середовища

Експлуатація зерноочисної машини повинна здійснюватися з урахуванням вимог екологічної безпеки. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища» є чинною базовою нормою, яка встановлює загальні правові засади охорони довкілля в Україні. У межах даного проєкту природоохоронні заходи стосуються насамперед зменшення викидів органічного пилу, недопущення засмічення території відходами очищення зерна, раціонального використання електроенергії та правильної організації поводження з відходами.

Для зниження впливу на довкілля зерноочисну машину доцільно експлуатувати в закритому приміщенні з налагодженим пилопригніченням або аспірацією, а домішки, видалені в процесі очищення, необхідно збирати в окрему тару чи бункери. Не допускається розсипання відходів по території підприємства, їх змішування з нафтопродуктами або вивезення без організованого збирання. Оскільки при роботі обладнання утворюється сухий органічний пил, особливе значення має своєчасне прибирання підлоги та будівельних конструкцій, що одночасно поліпшує санітарний стан, знижує пожежну небезпеку і зменшує вторинне запилення навколишнього середовища. Такі заходи узгоджуються як з екологічними вимогами, так і з

галузевими правилами, що передбачають обов'язкове видалення пилу в зернових приміщеннях.

Додатковим напрямом екологізації є зменшення енерговитрат за рахунок підвищення ефективності роботи самого решітного стану. У модернізованій конструкції це досягається завдяки кращому очищенню решета, рівномірнішому розподілу зернової маси та більш раціональній роботі приводу. Скорочення непродуктивних втрат енергії, зменшення простоїв на очищення та стабільніший режим роботи машини позитивно впливають не лише на техніко-економічні показники, а й на екологічний аспект експлуатації обладнання.

Висновки

Для модернізованого вузла основними небезпечними факторами є рухомі частини приводу, підвіски, підрешітний простір, пилове середовище, електрообладнання, шум і вібрація. Зниження професійного ризику досягається за рахунок огороження рухомих частин, блокування пуску під час обслуговування, регулярного видалення пилу, застосування засобів індивідуального захисту, заземлення електрообладнання та забезпечення первинними засобами пожежогасіння.

Техніко-економічне обґрунтування виконується з метою визначення доцільності впровадження модернізованого решітного стану зерноочисної машини в умовах господарства. Економічна оцінка дозволяє встановити, наскільки запропоноване технічне рішення є вигідним у порівнянні з базовим варіантом, а також визначити строк повернення вкладених коштів.

У даному проєкті порівнюються два варіанти роботи зерноочисної машини: базовий варіант – серійний решітний стан; проєктний варіант – модернізований решітний стан з очищувачем у вигляді пружини, удосконаленим приводом і раціональною схемою підвіски.

Для розрахунків приймаємо річний обсяг очищення зерна:

$$G = 5000 \text{ т/рік}$$

До капітальних вкладень включають витрати на виготовлення нових деталей, придбання матеріалів, механічну обробку, складання, монтаж і налагодження модернізованого вузла.

Загальна сума капітальних вкладень визначається за формулою:

$$K = K_d + K_m + K_{\text{скл}} + K_{\text{мон}} + K_{\text{ін}}$$

де:

K_d – вартість деталей і матеріалів, грн;

K_m – витрати на механічну обробку, грн;

$K_{\text{скл}}$ – витрати на складання вузла, грн;

$K_{\text{мон}}$ – витрати на монтаж і налагодження, грн;

$K_{\text{ін}}$ – інші витрати, грн.

За прийнятими розрахунковими даними:

$$K = 80000 \text{ грн}$$

Отже, загальна сума капітальних вкладень на модернізацію решітного стану становить 80000 грн.

Тривалість роботи машини за базовим варіантом визначається за формулою:

$$T_6 = \frac{G}{Q_6}$$

де:

G – річний обсяг очищення зерна, т;

Q_6 – продуктивність базового варіанта, т/год.

$$T_6 = \frac{5000}{20,0} = 250 \text{ год}$$

Для проєктного варіанта:

$$T_{\pi} = \frac{G}{Q_{\pi}}$$

де $Q_{\pi} = 22,4$ т/год.

$$T_{\pi} = \frac{5000}{22,4} = 223 \text{ год}$$

Зменшення тривалості роботи машини становить:

$$\Delta T = T_6 - T_{\pi}$$

$$\Delta T = 250 - 223 = 27 \text{ год}$$

Річні витрати на оплату праці визначаються за формулою:

$$Z = T \cdot n \cdot C_{\text{год}}$$

де:

T – річна тривалість роботи машини, год;

n – кількість працівників, осіб;

$C_{\text{год}}$ – погодинна оплата праці одного працівника, грн/год.

Для базового варіанта:

$$Z_{\text{б}} = T_{\text{б}} \cdot n \cdot C_{\text{год}}$$

$$Z_{\text{б}} = 250 \cdot 2 \cdot 60 = 30000 \text{ грн}$$

Для проєктного варіанта:

$$Z_{\text{п}} = T_{\text{п}} \cdot n \cdot C_{\text{год}}$$

$$Z_{\text{п}} = 223 \cdot 2 \cdot 60 = 26760 \text{ грн}$$

Економія витрат на оплату праці:

$$\Delta Z = Z_{\text{б}} - Z_{\text{п}}$$

$$\Delta Z = 30000 - 26760 = 3240 \text{ грн}$$

Річні витрати на електроенергію визначають за формулою:

$$E = N \cdot T \cdot C_{\text{е}}$$

де:

N – споживана потужність, кВт;

T – тривалість роботи машини, год;

C_e – тариф на електроенергію, грн/(кВт·год).

Для базового варіанта:

$$E_6 = N_6 \cdot T_6 \cdot C_e$$

$$E_6 = 8,0 \cdot 250 \cdot 6,5 = 13000 \text{ грн}$$

Для проєктного варіанта:

$$E_{\pi} = N_{\pi} \cdot T_{\pi} \cdot C_e$$

$$E_{\pi} = 7,4 \cdot 223 \cdot 6,5 = 10721 \text{ грн}$$

Економія витрат на електроенергію:

$$\Delta E = E_6 - E_{\pi}$$

$$\Delta E = 13000 - 10721 = 2279 \text{ грн}$$

Для базового варіанта річні витрати на ремонт і технічне обслуговування приймаємо:

$$R_6 = 18000 \text{ грн}$$

Для проєктного варіанта:

$$R_{\pi} = 14000 \text{ грн}$$

Економія за рахунок зниження витрат на ремонт:

$$\Delta R = R_6 - R_{\pi}$$

$$\Delta R = 18000 - 14000 = 4000 \text{ грн}$$

5.3.5 Втрати зерна при очищенні:

Маса втрат зерна за базовим варіантом:

$$G_{\text{б.б}} = G \cdot \beta_{\text{б}}$$

де

$\beta_{\text{б}}$ – частка втрат зерна за базовим варіантом.

$$G_{\text{б.б}} = 5000 \cdot 0,006 = 30,0 \text{ т}$$

Маса втрат зерна за проектним варіантом:

$$G_{\text{б.п}} = G \cdot \beta_{\text{п}}$$

де $\beta_{\text{п}} = 0,0035$.

$$G_{\text{б.п}} = 5000 \cdot 0,0035 = 17,5 \text{ т}$$

Зменшення втрат зерна становить:

$$\Delta G_{\text{б}} = G_{\text{б.б}} - G_{\text{б.п}}$$

$$\Delta G_{\text{б}} = 30,0 - 17,5 = 12,5 \text{ т}$$

Вартість зекономленого зерна визначається за формулою:

$$\Delta W = \Delta G_{\text{б}} \cdot C$$

де C – ціна 1 т зерна, грн/т.

$$\Delta W = 12,5 \cdot 9000 = 112500 \text{ грн}$$

Річний економічний ефект визначається як сума економії за окремими статтями витрат:

$$E_p = \Delta Z + \Delta E + \Delta R + \Delta W$$

$$E_p = 3240 + 2279 + 4000 + 112500 = 122019 \text{ грн}$$

Отже, річний економічний ефект від упровадження модернізованого решітного стану становить:

$$E_p = 122019 \text{ грн/рік}$$

Строк окупності капітальних вкладень визначається за формулою:

$$T_{\text{ок}} = \frac{K}{E_p}$$

$$T_{\text{ок}} = \frac{80000}{122019} = 0,66 \text{ року}$$

тобто приблизно 8 місяців.

Таблиця 5.2

Порівняння техніко-економічних показників базового і проєктного варіантів

Показник	Базовий варіант	Проектний варіант	Відхилення
Річний обсяг очищення, т	5000	5000	0
Продуктивність, т/год	20,0	22,4	+2,4
Тривалість роботи за рік, год	250	223	-27

Споживана потужність, кВт	8,0	7,4	-0,6
Витрати на оплату праці, грн	30000	26760	-3240
Витрати на електроенергію, грн	13000	10721	-2279
Витрати на ремонт і обслуговування, грн	18000	14000	-4000
Втрати зерна, т	30,0	17,5	-12,5
Вартість втрат зерна, грн	270000	157500	-112500
Річний економічний ефект, грн	—	122019	+122019
Капітальні вкладення, грн	—	80000	+80000
Строк окупності, року	—	0,66	—

Висновки

За рахунок зменшення тривалості роботи та поліпшення умов функціонування вузла знижуються витрати на оплату праці, електроенергію і технічне обслуговування. Додатковий економічний ефект досягається завдяки зменшенню втрат зерна в процесі очищення. Якщо в базовому варіанті річні втрати становлять 30,0 т, то після модернізації вони знижуються до 17,5 т. Таким чином, господарство отримує додатково 12,5 т товарного зерна, що суттєво впливає на кінцевий результат.

Сумарний річний економічний ефект від упровадження модернізованого решітного стану становить 122019 грн. За таких умов строк окупності капітальних вкладень дорівнює 0,66 року, тобто менше одного виробничого сезону. Це свідчить про те, що запропонована модернізація є економічно виправданою і може бути рекомендована до впровадження в умовах сільськогосподарського підприємства.

ВИСНОВКИ

1. У процесі виконання роботи проаналізовано існуючі конструкції механізмів очищення плоских решіт, кінематичні схеми приводів і варіанти підвіски решітних станів.

2. Визначено, що найбільш суттєвими недоліками серійних рішень є забивання отворів решета, недостатньо рівномірний рух зернової маси по його поверхні та підвищені динамічні навантаження на приводні елементи.

3. Встановлено, що робоча площа решета становить 0,992 м², а питоме навантаження на нього відповідає прийнятій продуктивності машини. Обґрунтовано геометричні параметри очищувача у вигляді пружини, відбивної поверхні, штовхача та підвіски решітного стану.

4. Виконані перевірочні розрахунки показали, що вибрані розміри деталей забезпечують достатній запас міцності та придатність вузла до роботи в умовах знакозмінних навантажень.

5. Введення пружини та штовхача в кінематичну схему сприяє пом'якшенню динамічного режиму роботи, знижує різкість передачі навантажень на решітний стан і раму машини та покращує загальну надійність вузла.

6. Визначено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, характерні для роботи модернізованого решітного стану, а також запропоновано заходи щодо запобігання травмуванню працівників, зниження запиленості, забезпечення електро- та пожежної безпеки, а також зменшення негативного впливу на навколишнє середовище.

7. Техніко-економічне обґрунтування показало, що впровадження проєктного варіанта є економічно доцільним. У результаті модернізації продуктивність зерноочисної машини зростає з 20,0 до 22,4 т/год, зменшуються витрати на оплату праці, електроенергію та технічне обслуговування, а також скорочуються втрати зерна в процесі очищення. Загальний річний економічний ефект становить 122019 грн, а строк окупності капітальних вкладень дорівнює 0,66 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Про затвердження Правил охорони праці для працівників, зайнятих на роботах зі зберігання та переробки зерна : наказ Міністерства соціальної політики України від 20.09.2017 № 1504 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України.

2. Сенчук М. М., Демещук В. А. Насіннєочисні машини : навчально-методичний посібник для самостійної роботи та лабораторно-практичних занять за кредитно-модульною системою навчання студентів агробіотехнологічного факультету. Біла Церква, 2015. 195 с.
3. Войтюк Д. Г., Аніскевич Л. В., Волянський М. С., Мартишко В. М., Гуменюк Ю. О. Сільськогосподарські машини : навч. посіб. Київ : Агроосвіта, 2017. 180 с.
4. Войтюк Д. Г. та ін. Сільськогосподарські машини : підручник / за ред. Д. Г. Войтюка. Київ : Агроосвіта, 2015. 679 с.
5. Orobinsky V. I., Gievsky A. M., Baskakov I. V., Gulevsky V. A., Chernyshov A. V. Analysis and features of operation of fractional grain cleaners and secondary seed cleaning separators // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. Vol. 845, No. 1. Art. 012064.
6. Mykhailov Y., Zadosna N., Postnikova M., Pedchenko G., Khmelovskiy V., Bondar M. et al. Energy assessment of the pneumatic sieve separator for agricultural crops // Agricultural Engineering. 2021. Vol. 25, No. 1. P. 147–156.
7. Kharchenko S., Kharchenko F., Samborski S., Paśnik J., Kovalyshyn S., Sirovitskiy K. Influence of Physical and Constructive Parameters on Durability of Sieves of Grain Cleaning Machines // Advances in Science and Technology Research Journal. 2022. Vol. 16, No. 6. P. 156–165.
13. Ялпачик В. Ф., Загорко Н. П., Скляр О. Г., Кюрчев С. В., Буденко С. Ф., Верхоланцева В. О., Паляничка Н. О., Кюрчева Л. М., Циб В. Г. Обладнання складів. Зберігання зерна і зернопродуктів : навч. посіб. Мелітополь : Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2018. 293 с.
14. Подпрятков Г. І., Бобер А. В. Післязбиральна доробка та зберігання продукції рослинництва : навч. посіб. Київ : Редакційно-видавничий відділ НУБіП України, 2019. 492 с.

- 15.Подпрятков Г. И., Бобер А. В., Гунько С. М. Переробка продукції рослинництва : навч. посіб. Київ : Редакційно-видавничий відділ НУБіП України, 2023. 580 с.
- 16.Orobinsky V. I., Gievsky A. M., Baskakov I. V., Gulevsky V. A., Chernyshov A. V. Analysis and features of operation of fractional grain cleaners and secondary seed cleaning separators // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 845, No. 1. Art. 012064.
- 17.Mykhailov Y., Zadosna N., Postnikova M., Pedchenko G., Khmelovskiy V., Bondar M. et al. Energy Assessment of the Pneumatic Sieve Separator for Agricultural Crops // *Agricultural Engineering*. 2021. Vol. 25, No. 1. P. 147–155.
- 18.Kharchenko S., Kharchenko F., Samborski S., Paśnik J., Kovalyshyn S., Sirovitskiy K. Influence of Physical and Constructive Parameters on Durability of Sieves of Grain Cleaning Machines // *Advances in Science and Technology Research Journal*. 2022. Vol. 16, No. 6. P. 156–165.
- 19.Badretdinov I., Mudarisov S., Lukmanov R., Ibragimov R., Permyakov V., Tuktarov M. Mathematical Modeling and Study of the Grain Cleaning Machine Sieve Frame Operation // *INMATEH – Agricultural Engineering*. 2020. Vol. 60, No. 1. P. 19–28.
- 20.Bulgakov V., Adamchuk V., Kaletnik G., Nozdrovický L., Arak M. Experimental substantiation of parameters of aspiration channel for separation of grain materials // *Engineering for Rural Development*. 2020. Art. tf099.
- 21.Vaiciukevičius E., et al. Determination of Optimal Technological Parameters for Grain Cleaning // *Processes*. 2023. Vol. 11, No. 12. Art. 3441.
- 22.Liu Y., et al. Study on Fugitive Dust Control Technologies of Agricultural Material Cleaning Devices // *Agriculture*. 2022. Vol. 12, No. 7. Art. 1038.

ДОДАТКИ

Обґрунтування конструкції решітного стану зерноочисної машини з пружинним очищувачем плоских решіт.
Демонстраційний матеріал до дипломного проєкту освітнього ступеня «Бакалавр»

Виконав: групи АІС-1-23
Карячка Владислав Олегович

Керівник: к.т.н., доцент
Сокол Сергій Петрович

Дніпро 2026

Активация Windows
Чтобы активировать Windows, перейдите в «Параметры».

ХАРАКТЕРИСТИКА ГОСПОДАРСТВА ТА СТАН ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ ЗЕРНА

1.1 Загальні відомості про господарство

- База дипломного проєкту – ТОВ «Камос-Агро»
- Спеціалізація: вирощування зернових і технічних культур
- Розташування: центральна частина степової зони України
- Основний напрям: розведення худоби
- Основна продукція: зерно
- Найважливіші види зернових: пшениця, кукурудза, соняшник
- Найважливіші види технічних культур: соя, горох
- Основні напрямки розвитку: модернізація техніки, оптимізація витрат
- Основні напрямки розвитку: модернізація техніки, оптимізація витрат

1.2 Природно-кліматичні умови

- Клімат: помірно континентальний, середньорічна температура +10,5°C
- Тривалість безморозного періоду: 180 днів
- Особливості: вологий клімат, опаді під час збирання, підвищена вологість зерна

Актуальність роботи

- Недостатня ефективність очищення зерноочисної машини, що призводить до зменшення продуктивності та збільшення витрат на збирання. Необхідно розробити модернізовану машину.

1.3 Структура посівних площ господарства

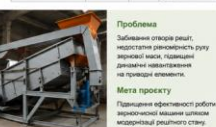


1.3 Урожайність та валовий збір основних культур

Культура	Площа, га	Урожайність, ц/га	Валовий збір, т
Пшениця	1200	5,4	6480
Кукурудза	420	4,8	2016
Соняшник	180	1,2	216
Соя	1100	3,9	4290
Горох	280	3,7	1036
Ріпак	170	3,1	527
Разом	3950	-	18885

1.4 Машинно-тракторний парк

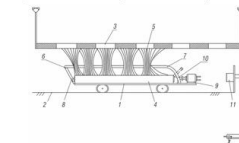
Назва машини	Модель	Кількість, шт.	Примітки
Трактор колісний	MTZ-802	4	Застосовують для різних робіт
Трактор колісний	MTZ-1201	3	Для збирання зерно
Трактор колісний	MTZ-802	2	Для збирання зерно
Трактор колісний	MTZ-802	1	Для збирання зерно
Трактор колісний	MTZ-802	1	Для збирання зерно
Трактор колісний	MTZ-802	1	Для збирання зерно
Трактор колісний	MTZ-802	1	Для збирання зерно
Трактор колісний	MTZ-802	1	Для збирання зерно
Трактор колісний	MTZ-802	1	Для збирання зерно
Трактор колісний	MTZ-802	1	Для збирання зерно



Очікуваний результат

- Підвищення продуктивності зерноочисної машини
- Зменшення витрат на збирання зерно
- Зменшення витрат на збирання зерно
- Зменшення витрат на збирання зерно

Фрикційний очищувач плоских решіт



при зворотному переміщенні



з коливальним рухом решітного стану

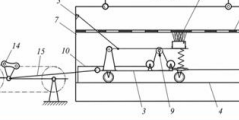
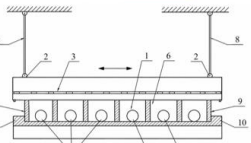
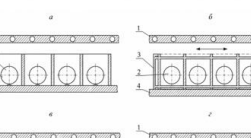


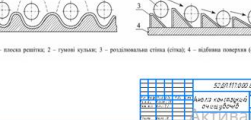
Схема кулькового очищувача



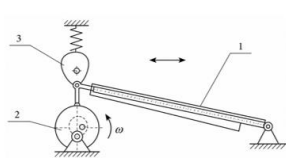
при зворотному переміщенні



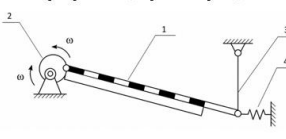
з коливальним рухом решітного стану



Кінематична схема решітного стану з кульковим приводом



Кінематична схема решітного стану з ексцентриковим приводом



Кінематична схема з кривошипно-шатунним механізмом

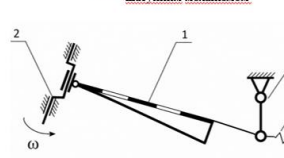
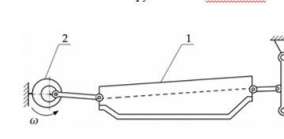


Схема модернізованого приводу з пружиною та штовхачем



[illegible]

- Забезпечити надійне кріплення всіх елементів на плавність ходу стани.
- Амплітуда коливань решета на холостому ході 4-6 мм.
- Частота коливань 4,5-6,5 Гц.
- Навів пружини пружини 120...150 Н.
- Залоз не минають площину решета та верхніми крокочки конторк підсилювачі повинні 20...30 мм.
- Підсилювач повинні вільно переміщуватися, без заїдань.
- Після складання перевірити легкість ходу та відсутність сторонніх шумів.



Р/п	Наименование	Кол	Материал	Примеч.
1	Бетонные опоры	1	Сталь С3. 1-3 мм	
2	Прутки арматуры	2	Сталь С3. 1-3 мм	
3	Прутки арматуры	2	Сталь 650	
4	Опоры арматуры	2	Сталь С3. 1-3 мм	
5	Крепеж (болты)	3	Сталь С3. 1-3 мм	

Итого: 12,000,000.00

Подпись: _____

Активация

Показник	Базовий варіант	Проективний варіант
Річний обсяг очищення, т	5000	5000
Продуктивність, т/год	20,0	22,4
Тривалість роботи за рік, год	250	223
Споживана потужність, кВт	8,0	7,4
Витрати на оплату праці, грн	30000	26760
Витрати на електроенергію, грн	13000	10721
Витрати на ремонт і обслуговування, грн	18000	14000
Втрати зерна, т	30,0	17,5
Вартість втрат зерна, грн	270000	157500
Річний економічний ефект, грн	–	122019
Капітальні вкладення, грн	–	80000
Строк окупності, року	–	0,66

[illegible]