

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Таврійський Державний Агротехнологічний Університет
імені Дмитра Моторного
Навчально-науковий інститут загально університетської підготовки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. каф. "Машиновикористання в землеробстві"

доц. _____ Володимир КУВАЧОВ

" ____ " _____ 2021 року

Пояснювальна записка

до дипломної роботи здобувача СВО «Магістр»
(ступінь вищої освіти)

на тему: «Підвищення якості очищення вороху соняшника при збиранні за рахунок застосування решіт зі змінними отворами на базі приватного підприємства імені Суворова Великобілозерського району Запорізької області»

32МЗД.118.000000ПЗ

Виконав: здобувач ВО 2 курсу, групи 21МБ АІ 3
спеціальності 208 Агроінженерія

за ОПП Агроінженерія

шифр і назва спеціальності та ОПП

_____ **О.О. НЕСТЕРЕНКО**

(підпис)

Керівник проф.

(підпис)

Консультант проф. _____ **Ю.П. РОГАЧ**

(підпис)

Нормоконтроль доц. _____ **Т.С. ЧОРНА**

(підпис)

Рецензент _____

(підпис)

(ініціали та прізвище)

Мелітополь
2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

Інститут, факультет ННІ ЗУП
землеробстві

Кафедра Машиновикористання в

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 208 Агроінженерія

ОПП Агроінженерія

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МВЗ

доцент _____

Володимир

КУВАЧОВ

“ ___ ” _____ 2020 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

НЕСТЕРЕНКО Олександр Олегович

1 Тема роботи: « Підвищення якості очищення вороху соняшника при збиранні за рахунок застосування решіт зі змінними отворами на базі приватного підприємства імені Суворова Великобілозерського району Запорізької області »

керівник проекту

затверджена наказом ректора університету від “ ___ ” _____ 2020 р. № _____.

2 Строк подання студентом роботи 22.01.2021 р.

3 Вихідні дані до роботи Результати практики, Інформація з науково-практичних періодичних видань України, рекомендовані технологічні карти на вирощування сільськогосподарських культур на півдні України, нормативні документи тощо.

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Сучасний стан питання пристроїв очищення зернозбиральних комбайнів

2. Теоретичні дослідження процесу просіювання вороху соняшника крізь решето з регульованими отворами

3. Методика проведення експериментальних досліджень

4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

5. Техніко-економічна оцінка використання решета з регульованими отворами

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Аналіз технічних засобів очищення вороху соняшника при збиранні

2. Аналіз теоретичних досліджень руху частинки

3. Конструкція решета з регульованими отворами

4. Теоретичні дослідження необхідної площі регульованого отвору

5. Логіко – імітаційна модель виникнення травмонебезпечних ситуацій при використанні комбайна на збиранні соняшнику

6. Техніко-економічні показники пропонованого обладнання з регульованими отворами

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	РОГАЧ Ю.П., професор		

7 Дата видачі завдання 21.12.2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Сучасний стан питання пристроїв очищення зернозбиральних комбайнів	21.12.2020 р.- 29.12.2020 р.	
2	Теоретичні дослідження процесу просіювання вороху соняшника крізь решето з регульованими отворами	30.12.2020 р.- 06.01.2021 р.	
3	Методика проведення експериментальних досліджень	07.01.2021р. - 14.01.2021 р.	
4	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	15.01.2021р. - 18.01.2021 р.	
5	Техніко-економічна оцінка використання решета з регульованими отворами	19.01.2021 р.- 22.01.2021 р.	

Здобувач ВО

(підпис)

О.О. НЕСТЕРЕНКО

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

(ініціали та прізвище)

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	№ аркуша	Примітка
	A4	32МЗД.118.000000ПЗ	Пояснювальна записка	90		
	A1	32МЗД.118.101000	Аналіз технічних засобів очищення вороху соняшника при збиранні	1	1	
	A1	32МЗД.118.102000	Аналіз теоретичних досліджень руху частинки	1	2	
	A1	32МЗД.118.201000	Конструкція решета з регульованими отворами	1	3	
	A1	32МЗД.118.202000	Теоретичні дослідження необхідної площі регульованого отвору	1	4	
	A1	32МЗД.118.401000	Логіко – імітаційна модель виникнення травмонебезпечних ситуацій при використанні комбайна на збиранні соняшника	1	5	
	A1	32МЗД.118.501000	Техніко-економічні показники пропонованого обладнання з регульованими отворами	1	6	
32МЗД.118.000000ВДР						
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата		
Розроб.	Нестеренко				Літ.	Аркуш
Перев.	Мілько				1	1
					Дипломна робота	
					ТЛАНУ 2021	

<i>Н. контр.</i>	<i>Чорна</i>				
<i>Затв.</i>	<i>Кувачов</i>				

РЕФЕРАТ

Дипломна робота складається з 90 сторінок машинопису, має 5 розділів, 28 рисунків, 4 таблиць, 36 посилань.

Графічна частина роботи складається з 6 аркушів формату А1.

Об'єкт розробки – обладнання для підвищення якості очищення вороху соняшника при збиранні.

Мета роботи – збільшення ефективності процесу очищення вороху соняшника від сорних домішок.

В дипломній роботі вирішені наступні завдання:

- проаналізовано існуючі засоби очищення вітчизняних та закордонних комбайнів;
- обґрунтовано конструктивно – технологічну схему повітряно-решітного очисника;
- визначено основні параметри та режими роботи очисника;
- отримана математична модель для розрахунку основних параметрів очисника в залежності від фізико-механічних властивостей семян соняшнику;
- здійснено економічну оцінку розроблюваного устаткування для очищення вороху соняшника.

ОЧИСНИК, РЕШЕТО, ПОВІТРЯНО-РЕШІТНИЙ ОЧИСНИК, ЗМІННИЙ ОТВІР, СОНЯШНИК, УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ВОРОХУ.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ПРИСТРОЇВ ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ	8
1.1 Загальні відомості про приватного підприємства імені Суворова Великобілозерського району Запорізької області	8
1.2 Технологічні схеми роботи повітряно – решітних пристроїв зернозбиральних комбайнів	11
1.3 Порівнювальний аналіз конструкцій решіт, які застосовують у ПРО зернозбиральних комбайнів	21
1.4 Класифікація решіт	29
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРОСІЮВАННЯ ВОРОХУ СОНЯШНИКА КРІЗЬ РЕШЕТО З РЕГУЛЬОВАНИМИ ОТВОРАМИ	33
2.1 Конструкція решета з регульованими отворами	33
2.2 Технологія очищення вороху соняшнику решетом з регульованими отворами	35
2.3 Розрахунок площі поздовжнього перерізу семянки	38
2.4 Розрахунок площі регульованого отвору	40
2.5 Визначення ймовірності просіювання семянки через регульований отвір	44
2.6 Визначення оптимального значення коефіцієнта зміщення отворів	45
2.7 Теоретичне обґрунтування робочої довжини решета з регульованими отворами	47
3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕННЯ	49
3.1 Програма досліджень	49
3.2 Методика досліджень фізико-механічних властивостей вороху	49
3.3 Вибір критерію і факторів оптимізації, визначення повторності дослідів і порядку їх проведення	53
3.4 Обґрунтування вибору коефіцієнту зміщення отворів τ	57
3.5 Визначення значимості обраних факторів	59

3.6 Обґрунтування обраних рівнів варіювання подачі вороху соняшнику і швидкості повітряного потоку	60
3.7 Методика обробки і кореляційний аналіз дослідних даних	62
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	64
4.1 Реалізація вимог нормативних документів з охорони праці при приготуванні мінеральних добрив	64
4.2 Постановка завдання щодо досліджень з питань охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях на підприємстві	65
4.3 Аналітично - розрахункова частина з питань охорони праці на виробництві	71
4.4 Заходи безпеки на виробництві	73
4.5 Графічна частина до розділу	75
4.6 Безпека в надзвичайних ситуаціях	75
Висновки по розділу	78
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВИКОРИСТАННЯ РЕШЕТА З РЕГУЛЬОВАНИМИ ОТВОРАМИ	79
Висновки по розділу	83
ВИСНОВКИ	84
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	85
ДОДАТКИ	89

ВСТУП

Україна є найбільшим виробником у світі та постачальником на зовнішні ринки насіння соняшнику і соняшникової олії. Цього вдалося досягти завдяки стабільності внутрішнього ринку соняшнику, що підтверджується постійним попитом переробних підприємств і експортерів упродовж сезону, високими закупівельними цінами, які забезпечують високий рівень рентабельності цієї культури

Зацікавленість аграріїв у вирощуванні соняшнику пояснюється високою рентабельністю цієї культури, про що свідчать проведені виробничі розрахунки у 2015 р. Так, за ощадливої технології його вирощування загальні витрати на 1 га становитимуть 12,7 тис. грн. Враховуючи врожайність 25 ц/га, собівартість 1 т продукції дорівнюватиме 5,1 тис. грн, ціна продажу продукції — на рівні 7,5 тис. грн./т, доходи з одного гектара сягатимуть 18,8 тис. грн, що забезпечить рентабельність на рівні 47%. За інтенсивної технології загальні витрати на 1 га становитимуть 16,5 тис. грн. За врожайності 35 ц/га собівартість 1 т продукції дорівнюватиме 4,7 тис. грн, ціна продажу продукції — на рівні 7,5 тис. грн/т, доходи з 1 га становитимуть 26,3 тис. грн, що забезпечить рентабельність на рівні 60%.

Сприятлива цінова ситуація та привабливий рівень рентабельності стимулюватимуть аграріїв вирощувати соняшник. При цьому доцільно дотримуватися сівозміни та агротехнології, що, своєю чергою, сприятиме отриманню прогнозованих урожаїв та належної якості продукції. Наразі ринку потрібен якісний та недорогий товар. Тож резерви збільшення доходів — у ретельному дотриманні агротехнологічних заходів.

1 СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ПРИСТРОЇВ ОЧИЩЕННЯ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

1.1 Загальні відомості про приватного підприємства імені Суворова Великобілозерського району Запорізької області

ПП імені Суворова Великобілозерського району Запорізької області розташоване у 70 км від обласного центру м. Запоріжжя. Центральна садиба ПП імені Суворова розміщена у районному центрі. с. Велика Білозерка.

Приватне підприємство знаходиться у південно–східній зоні України. Природно–кліматичні умови помірні. Середньорічна норма опадів складає 324,2 мм на рік. За вегетаційний період із квітня по вересень місяць випадає 169 мм чи 52% опадів. Літні опади часто мають зливовий характер. Найбільш жаркий місяць року – липень.

Виходячи з багаторічних спостережень, кількість опадів в окремі роки буває недостатньою. Період, коли температура знижується нижче 0° С складає 115 днів. Середня температура літніх місяців +27,2° С, а зимових – +2° С.

Зими теплі, малосніжні. Середньорічна температура повітря +11° С. зменшення кількості атмосферних опадів у травні і червні негативно відображається на врожаї зернових і інших культур, так само як і різке збільшення опадів у період збору урожаю.

У зв'язку з високими температурами і частими вітрами значна частина опадів швидко випаровується, що ще більше знижує їх ефективність.

На території ПП імені Суворова переважають звичайні малогумусові чорноземи; кількість гумусу в орному шарі складає 25–35%. Підземні ґрунтові води залягають на глибині 8–10 см.

Процентне відношення окремих видів сільськогосподарських угідь до їх загальної площі визначає структуру сільськогосподарських угідь.

Структура земельних угідь ПП імені Суворова наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Структура земельних угідь

Показники	2015		2016		2017		2018		2019	
	га	%	га	%	га	%	га	%	га	%
Рілля	3224,0	79,7	3461,3	68,6	5601,73	86,2	5705,26	86,4	5510,7	88,3
Сінокоси	189,0	4,67	184,2	3,6	261,73	4,0	261,73	4,0	123,45	2,0
Пасовища	228,0	5,63	228,0	4,5	226,0	3,5	226,0	3,4	192,0	3,1
Разом сільсько- господарських угідь	3641,0	90,0	3873,5	76,7	6089,46	93,7	6192,99	93,8	5826,15	93,4
Ліс і чагарники	152,0	3,7	160,0	3,2	160,0	2,4	160,0	2,4	162,0	2,6
Ставки і водоймища	37,0	1,0	40,2	0,8	39,0	0,6	39,0	0,6	40,01	0,6
Інші землі	214,0	5,3	974,3	19,3	213,0	3,3	213,0	3,2	211,0	3,4
Всього земельних угідь	4044,0	100	5048,0	100	6501,46	100	6604,99	100	6239,16	100

Аналіз даної таблиці свідчить про збільшення загальної земельної площі у 2019 році порівняно з 2015 роком на 2195,16 га, або на 54,3%; в тому числі сільськогосподарських угідь – на 2185,15 га, або на 60,0%; з них площа ріллі збільшилась на 2286,7 га, або на 70,9%; сінокосів – зменшилась на 65,55 га, або на 34,7%; площа пасовищ зменшилась на 36 га, або на 15,8%. Збільшення загальної земельної площі відбулося за рахунок збільшення площі ріллі; площі лісів і чагарників на 10 га, або на 6,6%; збільшення площі ставок і водоймищ на 3,01 га, або на 8,1% у 2019 році порівняно з 2015 роком. Взагалі з таблиці 2.1 видно, що найбільшу питому вагу у структурі земельних угідь у 2015–2019 рр. займає площа сільськогосподарських угідь, з неї – рілля (в межах 68,6–88,3%) [1].

Спеціалізація сільськогосподарського підприємства означає зосередження його діяльності на виробництві одного або декількох видів конкурентоспроможної товарної продукції, для виробництва яких є найкращі умови. Вона сприяє скороченню кількості товарних галузей, збільшенню

обсягів їх виробництва і підвищенню прибутку. Ціллю спеціалізації сільськогосподарських підприємств є підвищення виходу товарної продукції і зниження її собівартості за рахунок більш ефективного використання виробничих ресурсів.

1.2 Технологічні схеми роботи повітряно – решітних пристроїв зернозбиральних комбайнів

Різке збільшення в останні десятиріччя площ, які засівають соняшником, сприяє підвищенню виходу кінцевої продукції переробки - соняшникової олії. Однак собівартість обробки і переробки даної культури залишається високою. Крім того, відбувається виснаження земельних ресурсів, так як зростання і розвиток рослин соняшнику вимагає значної кількості поживних речовин, для відновлення і накопичення котрих в ґрунті необхідний ряд природних і технологічних чинників, таких як внесення органічних і мінеральних добрив, своєчасна боротьба з бур'янами, вологозарядка, обробіток ґрунту, дотримання сівозміни і ін.

Для зниження собівартості виробництва одного центнера соняшнику необхідно скоротити витрати на технологію його обробки, збирання та переробки шляхом зменшення матеріальних і енергетичних витрат на технологічні процеси.

Впровадження нових технологічних прийомів вирощування і збирання соняшнику вимагає модернізації технічних засобів, що дозволяють скоротити кількість технологічних операцій і тим самим мінімізувати матеріальні, енергетичні і трудові витрати. При цьому необхідно прагнути до підвищення якості виконуваного процесу і максимального наближення отриманого результату агротехнічним вимогам або технічним завданням.

Застосування інноваційних технологій при збиранні соняшнику - актуальне і своєчасне завдання, так як в країні спостерігається тенденція до зростання посівних площ під цю культуру.

Підвищення якості очищення вороху соняшнику від вмісту засмічених домішок, що задовольняє вимогам прийому, дозволить уникнути його додаткового очищення на зерноочисних машинах і тим самим скоротити матеріало- і енерговитрати.

У зв'язку з розвитком комбайнобудування спостерігається збільшення площ решіт очищення у моделей комбайнів вітчизняного і зарубіжного виробництва. Це пропорційно пов'язано зі збільшенням ширини і діаметра молотильного барабана.

Так, у комбайна СК-5М-1 «Нива» загальна площа решіт становить $2,133 \text{ м}^2$, то у моделі «Нива-Ефект», випуск якої почався з 2004 р., - $2,42 \text{ м}^2$.

У комбайна «Дон-1500», що є базовою моделлю сімейства самохідних однобарабанних комбайнів марки «Дон», загальна площа решіт очищення - $3,82 \text{ м}^2$. У конструкціях «Дон-1500Б» вона була збільшена до $4,74 \text{ м}^2$.

Площа решіт очищення у комбайнів модифікацій «Vektor-410/420» і «Acros-530/535/565» - $3,59$ і $4,74 \text{ м}^2$ відповідно.

Максимальну площу решіт очищення $5,5 \text{ м}^2$ має комбайн марки «Єнісей- 970» і $4,25 \text{ м}^2$ «Єнісей-960/967» сімейства «Єнісей» (ВАТ «Агромашхолдинг»).

Максимальну площу очищення має модифікація «Палессе GS14» - $5,8 \text{ м}^2$, мінімальну - «Палессе GS07» і «Палессе GS812» - $3,86 \text{ м}^2$ сімейства «Палессе GS07» (ВО «Гомсільмаш»).

Площа решіт очищення у комбайнів марки Deutz Fahr коливається від 3 до $6,32 \text{ м}^2$. Максимальну площу $6,32 \text{ м}^2$ мають модифікації Deutz Fahr 5690H / HTS і Deutz Fahr 5695HTS. Комбайни модифікації «Ghallenger» обладнані повітряно-решітними приладами очищення з площею сепарації від $3,6$ («Ghallenger» CH 640) до $5,58 \text{ м}^2$ («Ghallenger» CH 652 / CH 652 AL).

У комбайнах фірми «Massey Ferguson» площа решіт очищення становить від $4,67 \text{ м}^2$ («MF 7244 Activa») до $5,58 \text{ м}^2$ («MF 7246 Activa», «MF 7270 Beta», «MF 7270 Beta AL »).

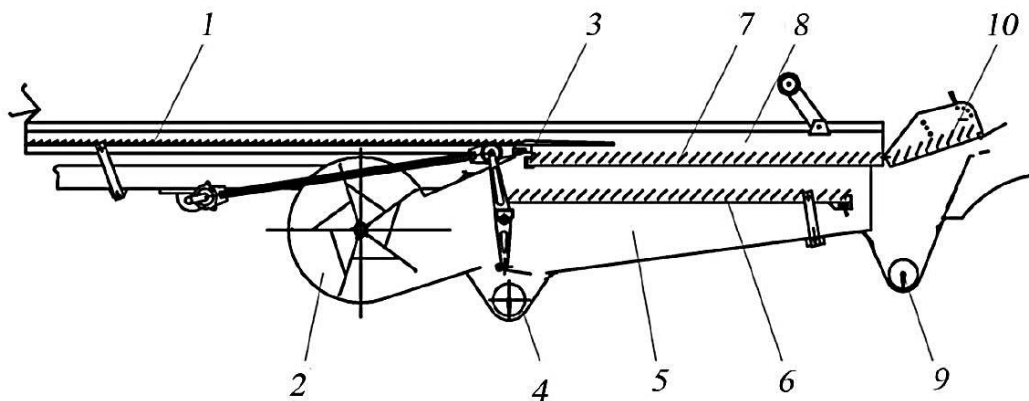
У конструкціях комбайнів марки «Fendt» максимальна площа решіт

очищення $9,06 \text{ м}^2$ у модифікації «Fendt» 6300 С і «Fendt» 6300 С-AL, мінімальними $4,67 \text{ м}^2$ - у модифікації «Fendt» 5220 Е і «Fendt» 5250 Е. Площа решіт очищення у модифікацій комбайнів «CLAAS» наступна:

- «Dominator 130-150» - 3 м^2 ;
- «Medion 310-330» - $4,25 \text{ м}^2$;
- «Mega 350-370» - $4,7-5,65 \text{ м}^2$;
- «Tugano 320-450» - $4,25-5,65 \text{ м}^2$;
- «Lexion 510 - Lexion 600 TERRA TRAC» - $4,4-6,2 \text{ м}^2$ [2].

Потрібно відзначити, що повітряно-решітні прилади очищення зернозбиральних комбайнів мають додаткові конструктивні елементи, що сприяють підвищенню якості очищення. Згідно С.А. Алфьорову [4], всі повітряно - решітні прилади очищення можна розділити на три типи.

Перший тип - повітряно-решітний прилад очищення з подовжувачем верхнього решета (Рис. 1.1). З метою підвищення ефективності процесу сепарації над колосовим гвинтом встановлюється подовжувач верхнього решета, який представляє собою окрему ділянку жалюзійного решета.



1 - струсна дошка; 2 - вентилятор; 3 - пальцева решітка; 4 і 9 - зерновий та колосовий шнеки; 5 і 8 - нижній і верхній решітні стани; 6 і 7 - нижню і верхню жалюзійні решета; 10 - подовжувач верхнього решета.

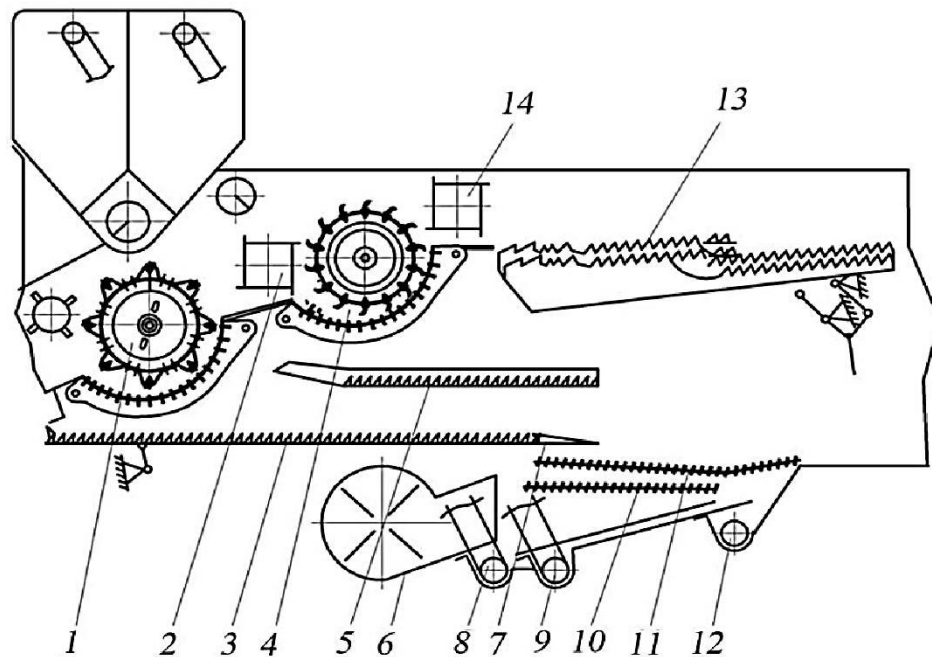
Рисунок 1.1 – Схема повітряно – решітного приладу очищення комбайнів СК-5, СК-6, Дон – 1500, Дон -1500Б

Подібна конструкція дозволяє виробляти додаткове очищення сходу вороху соняшнику, що надходить в колосовий гвинт. Жалюзі подовжувача регулюється ідентично жалюзі верхнього решета.

До недоліків даної технологічної схеми можна віднести те, що конструкція подовжувача не відрізняється від жалюзійного решета, і в процесі сепарації купи соняшнику його технологічний зазор також схильний до забивання великими бур'янами домішками (залишки стебел, кошиків).

Незначна довжина даної приставки не здатна ефективно впливати на вміст засмічених домішок в проході вороху соняшнику.

Другий тип - повітряно-решітне очищення з додатковою струсною дошкою (Рис. 1.2). ПРО зернозбирального комбайна СКД-5РСІІ «Сибіряк» оснащена додатковою струсною дошкою і другим зерновим гвинтом.



1, 4 - перше і друге молотильно-сепаруючі пристрої; 2, 14 - проміжний і відбійний бітери; 3 - струсна дошка; 5 - додаткова струсна дошка; 6 - вентилятор; 7 - пальцева решітка; 8 і 9 - шнеки насінневого і товарного зерна; 10 і 11 - нижнє і верхнє жалюзійні решета; 12 - колосовий гвинт; 13 – соломотряс.

Рисунок 1.2 - Схема ПРО зернозбирального комбайна СКД-5РСІІ «Сибіряк» з додатковою струсною дошкою

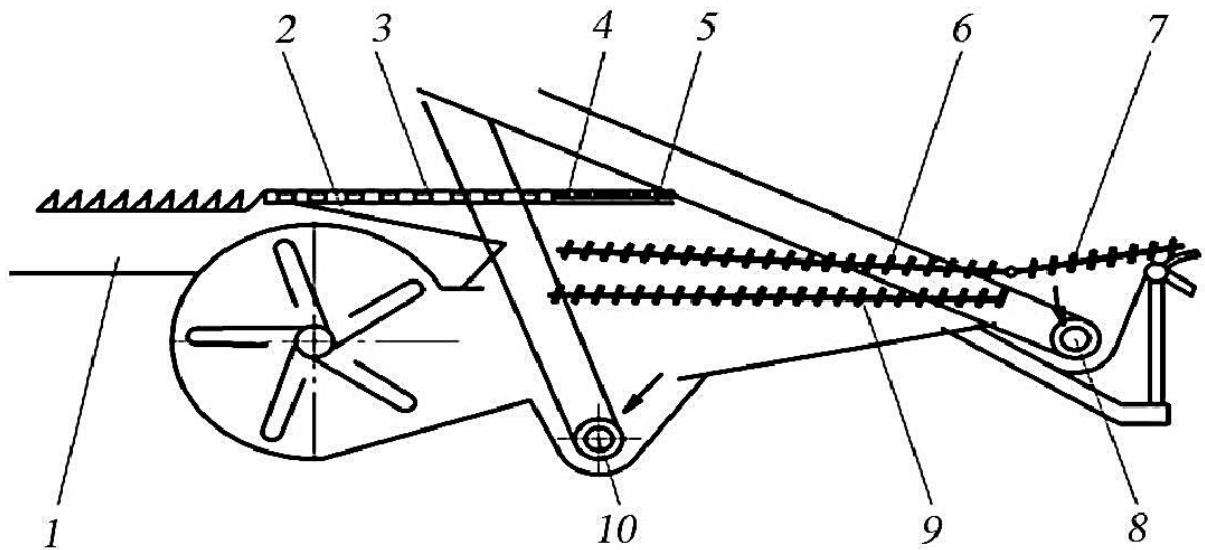
Дана конструкція дозволяє використовувати її для прибирання рису та інших складнообмолочувальних зернових культур [3].

Додаткова струсна дошка використовується з метою поділу зернового вороху на насінневе і товарне зерно. При роботі очистки зерно, отримане в результаті обмолоту скошеної маси 1-м молотильним барабаном, має меншу ступінь подрібнення і за якістю відноситься до насінневого. Дане зерно через струсну дошку 3 надходить в гвинт 8 для насінневого зерна. Зерно, отримане при обмолоті 2-м молотильним барабаном, має якість 2-го сорту. Через додаткову струсну дошку 5 воно надходить у гвинт 9 для товарного зерна. Подібна схема також застосовується і в зернозбиральних комбайнах марки «Challenger».

До недоліків даної конструктивної схеми при обмолоті соняшнику слід віднести те, що сем'янки, отримані при обмолоті 1-м і 2-м молотильними барабанами, потрапляють в підсумку на загальний решітний стан, де відбувається їх змішування. Крім того, подібна схема очищення має на увазі подрібнення сем'янок соняшнику, що в подальшому негативно позначається на їх зберіганні.

Третій тип - повітряно-решітне очищення, що має додаткове решето з пробивним отворами (Рис. 1.3).

Подібна схема очищення в даний час застосовується в конструкції зернозбиральних комбайнів «Джон Дір» серії Т670і, Т560і, у яких замість двох пробивних решіт використовуються чотири решета, встановлені в кінці струсної дошки, - система очищення Dyna Flo II, Dual Flo. До недоліків такої схеми очищення можна віднести високу ймовірність забивання отворів решіт діаметром 16 ... 23 мм бур'янами домішками вороху соняшнику. Крім того, на передній частині верхнього жалюзійного решета може накопичуватися ворох соняшнику, що знижує ефективність його роботи.



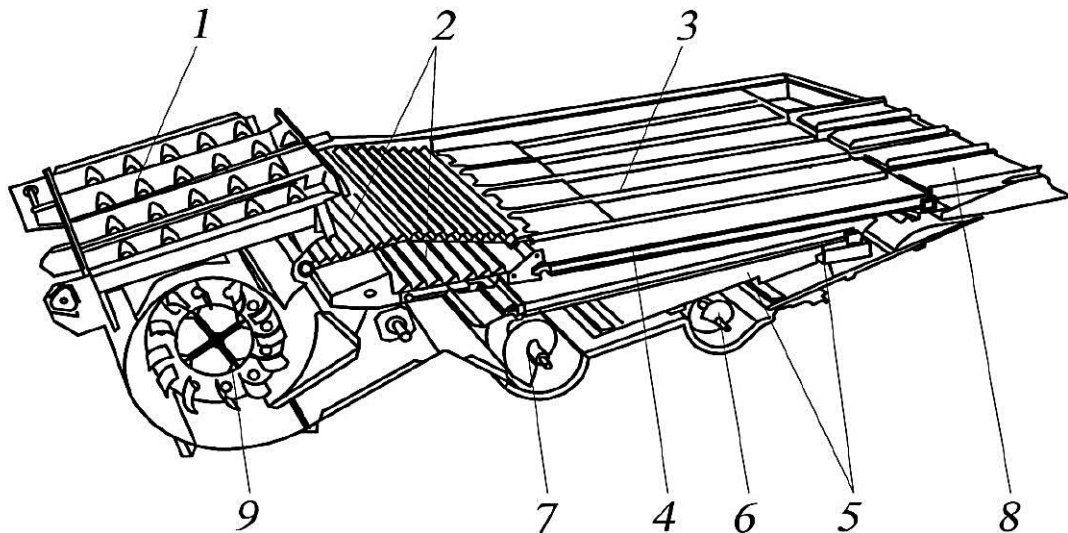
1 - струсна дошка (укорочена); 2 - скатна дошка; 3 - додаткове решето з отворами Ш 16 ... 23 мм; 4 - пробивне решето з отворами Ш 10 ... 12 мм; 5 - пальцева решітка; 6 і 9 - верхнє і нижнє жалюзійні решета; 7 - подовжувач верхнього решета; 8 і 10 - колосовий і зерновий гвинти

Рисунок 1.3 - Схема очищення комбайна СК-5 з додатковим решетом

Технологічна відстань між пробивним решетом 4 з отворами Ш 10 ... 12 мм і палацовий решіткою не здатна забезпечити якісне проходження вороху соняшнику. А при збільшенні подачі вороху даний простір може забиватися великими домішками бур'янів. Крім того, додаткові решіта мають невелику площу сепарації в порівнянні з решітними станами. У комбайнах «Джон Дір» серії 1470/1570 застосовується чотирьохступенева система очищення, яка виключає наявність додаткових решіт на кінці струсної дошки і складається з двох жалюзійних решіт і розташованих під ними ще двох ступенів очищення (Рис. 1.4). Подібна конструкція дозволяє підвищити якість очищення вороху соняшнику за рахунок проходження через чотири ступені.

Однак нижні ступені очищення призначені в основному для зернобобових культур, сміттєві домішки яких безперешкодно видуваються повітряним потоком. При сепарації вороху соняшнику дані ступені очищення

забиваються великими домішками бур'янів, що знижує пропускну здатність і збільшує сход семян в колосовий гвинт.

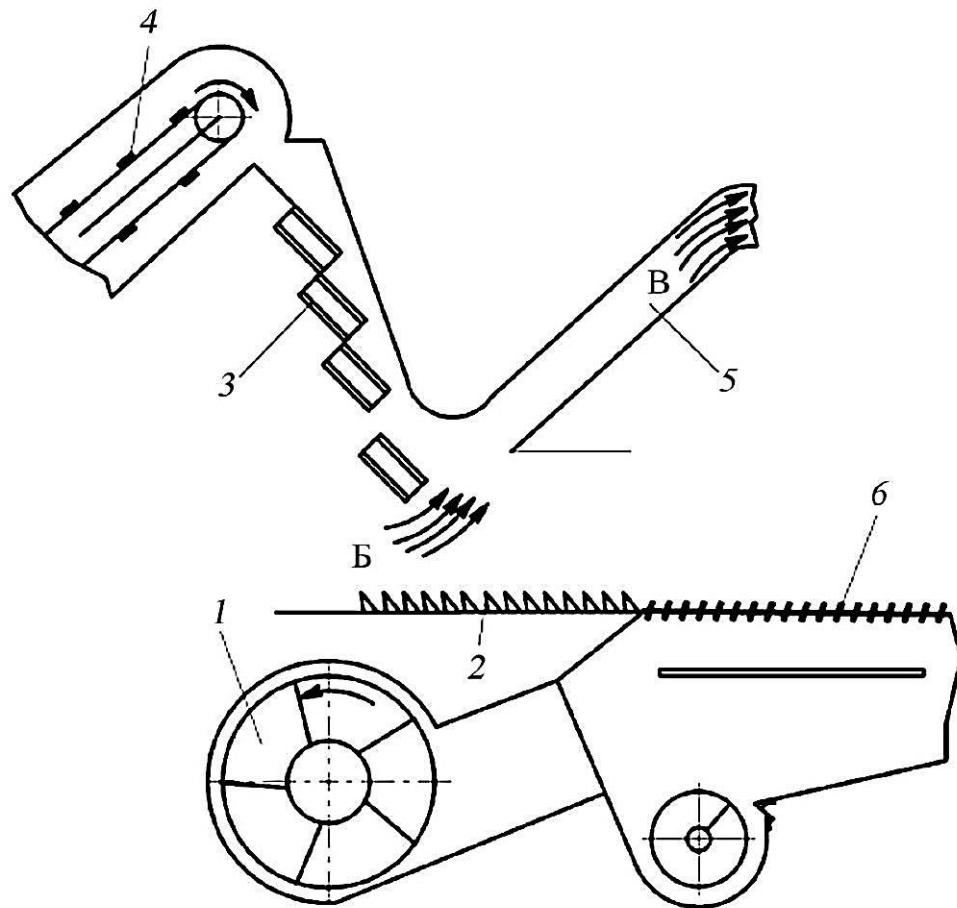


1 - гвинти; 2 - струсні дошки; 3 - верхній решітний стан; 4 - нижній решітний стан; 5 - додаткові ступені очищення; 6, 7 - колосовий і зерновий шнеки; 8 - подовжувач верхнього решета; 9 – вентилятор.

Рисунок 1.4 - Конструкція ПРО комбайнів «Джон Дір» 1470/1570

Дослідна комбінована повітряно - решетне очищення вороху включає в себе каскади, два жалюзійних решета, аспіраційний канал і відцентровий вентилятор [4, 5] (Рис. 1.5). Ворох соняшнику, що проходить за трьома каскадів, під впливом аспіраційного повітряного потоку практично повністю звільняється від домішок бур'янів.

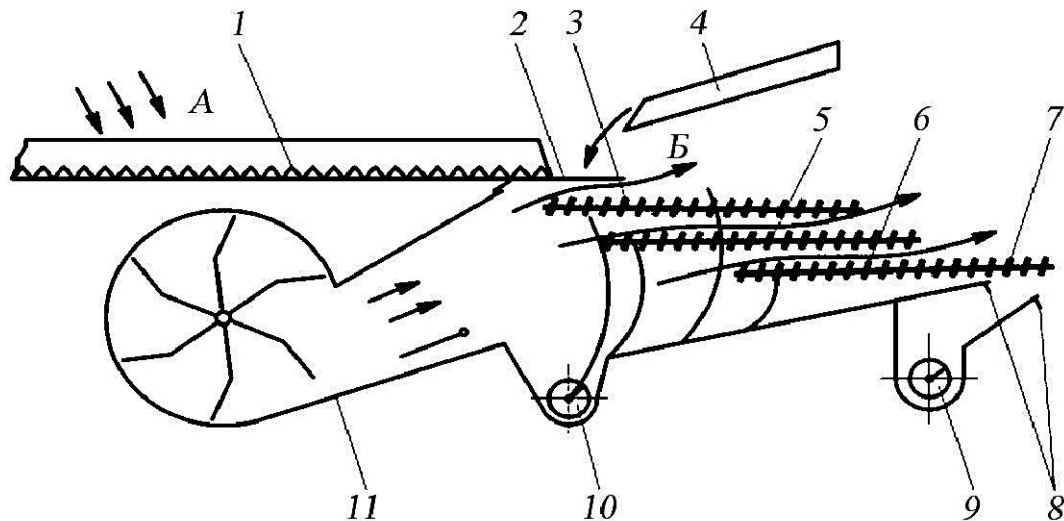
Конструкція забезпечує високу пропускну здатність вороху - 15 ... 18 кг/с при незначних втратах. Однак внаслідок громіздкості і підвищених габаритних розмірів (ширина установки становить 1800 мм) дана схема очищення серійно не виробляється.



1 - вентилятор; 2 - струсна дошка; 3 - каскади-жолоби; 4 - завантажувальний транспортер; 5 - трубопровід аспірації; 6 - жалюзійні решета; Б і В - зони входу повітряного потоку.

Рисунок 1.5 - Схема ПРО зернозбиральних комбайнів заводу «Ростсельмаш» з повітряно-аспіраційним каналом і каскадом

В даний час широко застосовується конструкція повітряно-решетного очищення комбайнів «Massey Ferguson» серії MF 34 та MF 38 (Рис. 1.6) [6] з трьома жалюзійними решетами. До недоліків даної конструкції слід віднести високу ймовірність забивання жалюзійних решіт і неможливість регулювання під окремі культури або сорту, що викликає необхідність додаткової обробки забирається врожаю.

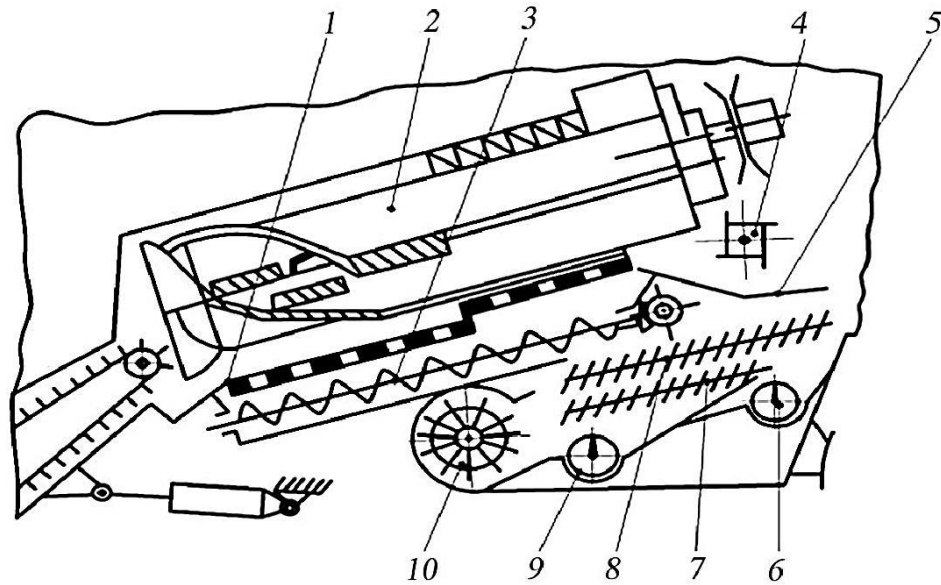


1 - струсна дошка; 2 - пальцева решітка; 3 - перше жалюзійне решето; 4 - піддон соломотряса; 5 - друге жалюзійне решето; 6 - третє жалюзійне решето; 7 - подовжувач третього решета; 8 - скатні дошки; 9 і 10 - колосовий і зерновий гвинти; 11 - двосекційний вентилятор; А та Б - подача вороху соняшнику.

Рисунок 1.6 - Схема ПРО зернозбирального комбайна «Massey Ferguson» (Канада)

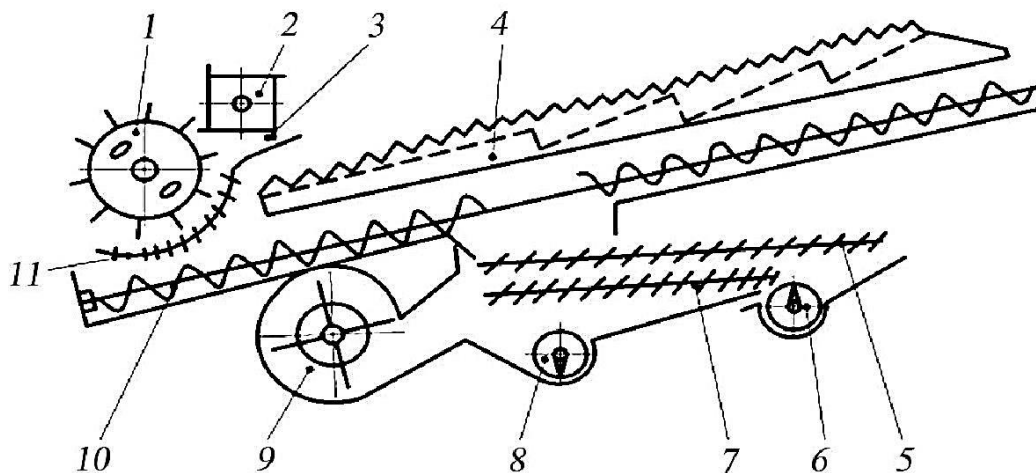
Повітряно-решітне очищення зернозбирального комбайна 1480 «Інтернаціональ» оснащена двома жалюзійними решетами (Рис. 1.7). Однак дана модель комбайна має роторний молотильно-сепаруючий пристрій, внаслідок чого відбувається підвищене подрібнення вороху соняшнику. Тому двоступеневого очищення недостатньо для досягнення необхідної чистоти в проході.

Для забезпечення рівномірної подачі купи на решета і виключення забивання клавіш в конструкції ПРО зернозбирального комбайна «Джон Дір» 8820 встановлений шнек для дрібного оберемка (Рис. 1.8). Відсутність стрясної дошки в подібній схемі очищення виключає попереднє поділ купи під сонечника на великі сміттєві домішки і сім'янки, що призводить до підвищеної завантаженні решіт і зниження якості очищення.



1, 2 - дека і ротор молотильно-сепаруючого пристрою; 3 - шнек для дрібного оберемка; 4 - відбійний бітер; 5 - решітка бітера; 6, 9 - колосовий і зерновий гвинти; 7, 8 - жалюзійні решета; 10 – вентилятор.

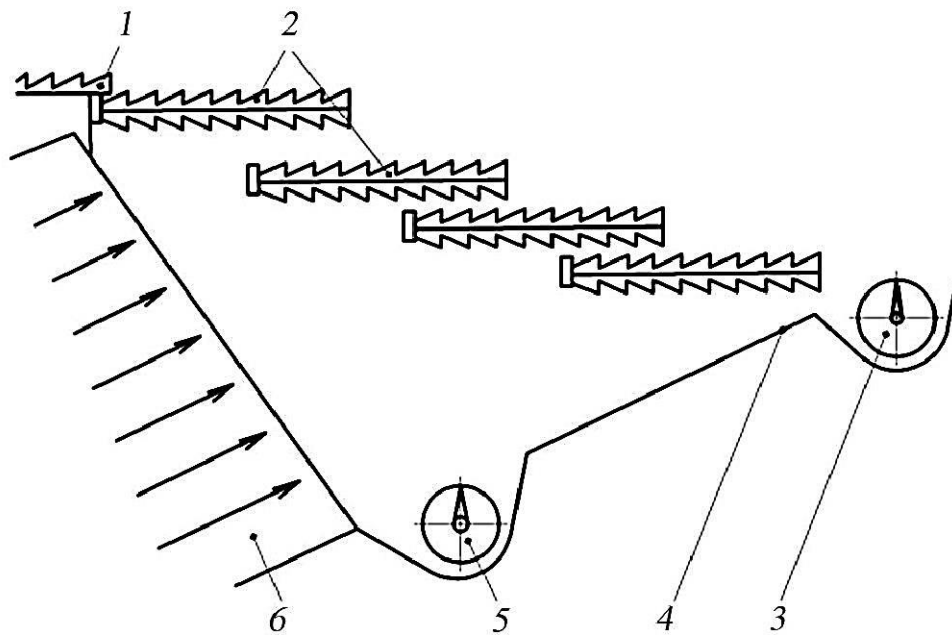
Рисунок 1.7 - ПРО зернозбирального комбайна 1480 фірми «Інтернаціональ» (США)



1 - молотильний барабан; 2 - відбійний бітер; 3 - сепарації решітка бітера; 4 - соломотряс; 5, 7 - жалюзійні решета; 6, 8 - колосовий і зерновий шнеки; 9 - вентилятор; 10 - шнек для дрібного оберемка; 11 - дека

Рисунок 1.8 - Схема ПРО зернозбирального комбайна «Джон Дір» 8820 (США)

Перевагою конструкції ПРО з просторовими решетами є висока пропускна здатність пальцевих решіт та рівномірний розподіл по всій площі сепарації (Рис. 1.9). До недоліків даної схеми можна віднести взаємодію між решетами і як наслідок - складність їх регулювання. Каскадна схема очищення сприяє збільшенню сходу семянок в колосовий гвинт.



1, 4 - струсна і скатна дошки; 2 - пальцева решітка (гребінка); 3, 5 - колосовий і зерновий гвинти; 6 - напірна труба вентилятора.

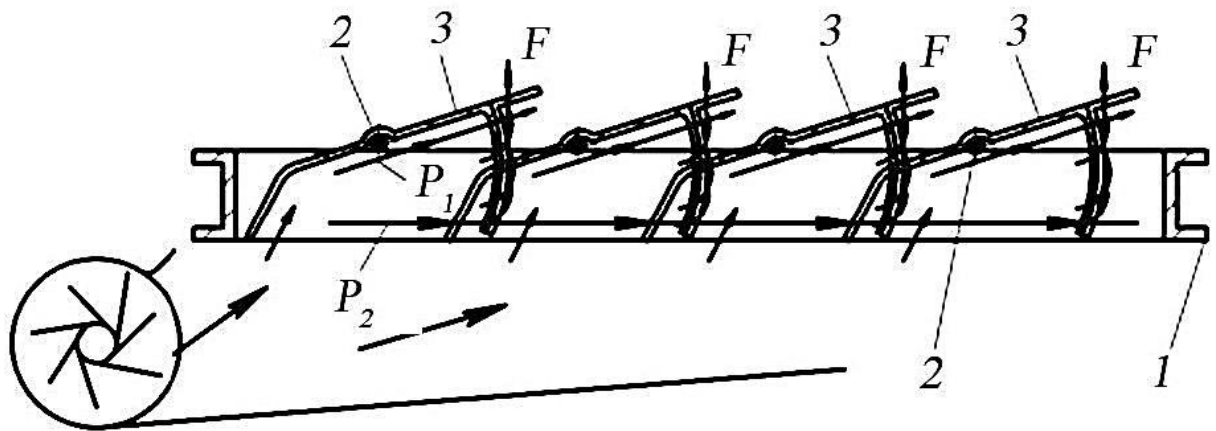
Рисунок 1.9 - Схема ПРО зернозбиральних комбайнів заводу «Ростсільмаш» з просторовими решетами і лінійними пальцьовими каскадами

1.3 Порівнювальний аналіз конструкцій решіт, які застосовують у ПРО зернозбиральних комбайнів

Торгово-виробничою компанією «EUROSI - BAGRO» розроблено універсальне високоефективне решето (УВР), яке встановлюють на зернозбиральні комбайни як вітчизняних, так і закордонних виробників.

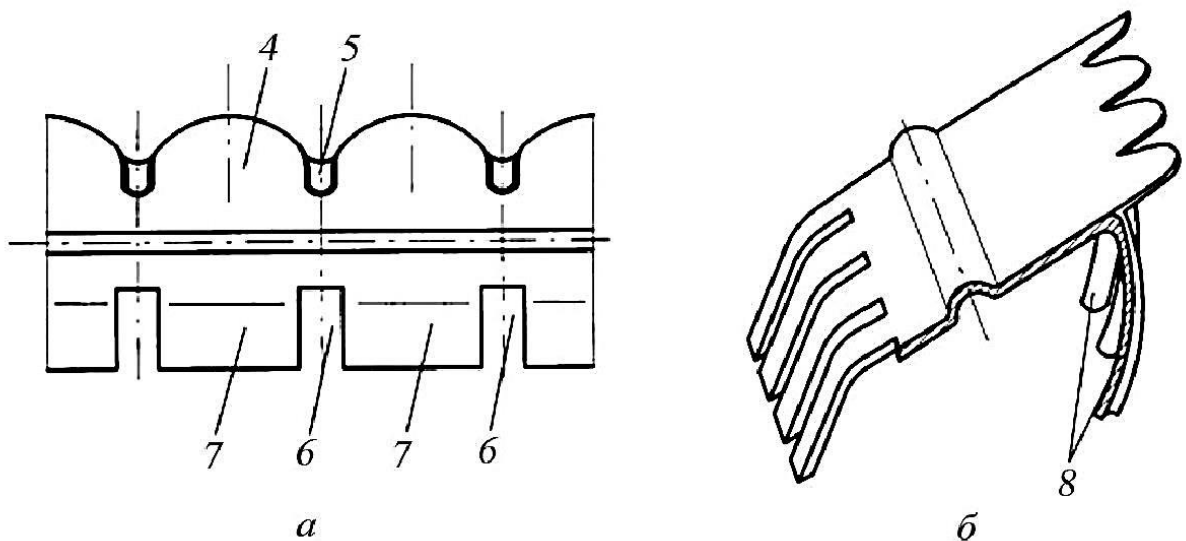
Решето являє собою прямокутну раму 1 (Рис. 1.10), на якій встановлені поворотні осі 2 з гребінками 3, які розділені на верхні і нижні частини.

Верхня частина гребінки виконана хвилеподібною і являє собою пелюстки 4, розділені язичковими виступами 5 поглибленої форми (Рис. 1.11, а).



1 – рама; 2 – поворотні вісі; 3 – гребінки.

Рисунок 1.10 – Універсальне високоефективне решето



а – гребінка (вигляд зверху); б – верхня частина гребінки

Рисунок 1.11 – Гребінка універсального високоефективного решета

Нижня частина гребінки відігнута і має форму прямокутника, розділеного на пази 6. Таким чином, між пазами утворюється прямокутна спідниця 7. Причому кожен паз розташований навпроти язичкового виступу 5 верхньої частини гребінки. На верхній частині гребінки також є зуби 8

(Рис. 1.11, б), число яких дорівнює числу пазів 6. Зуби 8 - випуклої форми, причому опуклість зуба звернена в сторону паза подальшої гребінки, розташованої на сусідній поворотній осі.

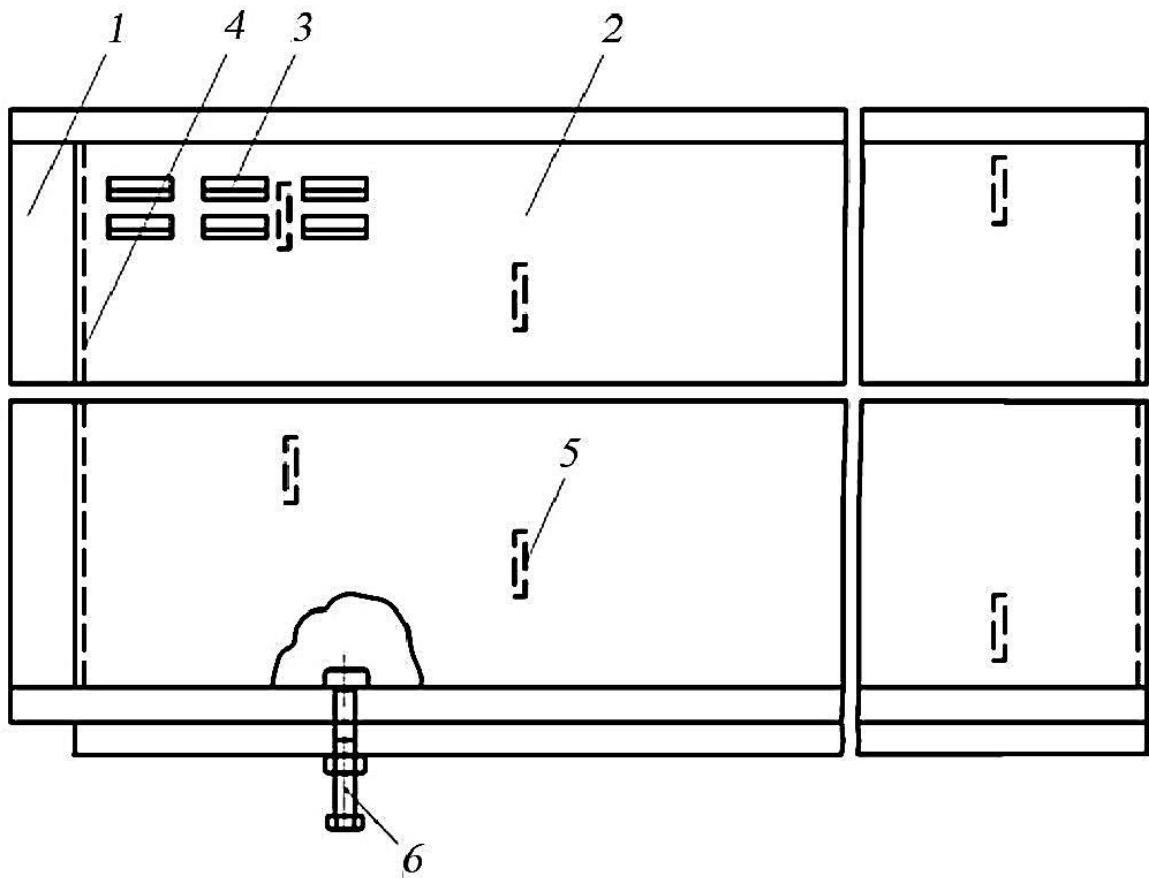
Решето працює наступним чином. Частина повітря, що подається прямокутної спідницею розподіляється на два напрямки - верхнє і нижнє. Верхнє рух відбувається вздовж спідниці і далі по поверхнях гребінок. Нижня напрямок здійснюється між пазами, що сприяє видування довгих соломистого домішок, що потрапляють в простір між гребінками.

До переваг УВР можна віднести рівномірний розподіл повітряного потоку по решету, ефективну очистку від легких довгих соломистого домішок, високу пропускну здатність. Недоліком решета є ймовірність попадання в сход дрібних важких домішок. Крім того, конструкція не сприяє видуванню довгих соломистих домішок, які потрапляють в простір між верхньою частиною гребінки і підставкою зубів 8. Регульоване решето Л. Н. Буркова (Рис. 1.12) являє собою П - подібну раму 1, на якій нерухомо закріплено верхнє решето 2 з отворами 3 прямокутної форми. Знизу встановлено нижнє решето 4, також з отворами прямокутної форми, що має можливість переміщатися щодо верхнього решета 2. Щільне прилягання нижнього решета 4 до верхнього 2 забезпечується бортиками 5. Нижнє решето переміщається щодо верхнього за допомогою механізму 6 регулювання.

При переміщенні нижнього решета відносно верхнього відбувається зменшення або навпаки збільшення прохідного отвору в залежності від технологічного завдання, яке утворюється при сполученні верхнього і нижнього решіт.

До недоліків решета можна віднести ймовірність забивання кутів прямокутних отворів половиною і іншими дрібними фракціями. Крім того, конструкція не сприяє переміщенню вороху соняшнику в потрібному напрямку при нахилі решета, так як відсутні поперечні перегородки. Дана конструкція також не забезпечує рівномірного розподілу semenok по робочій

поверхні, що призводить до неефективного використання площі решета і як наслідок - зниження його пропускної здатності.



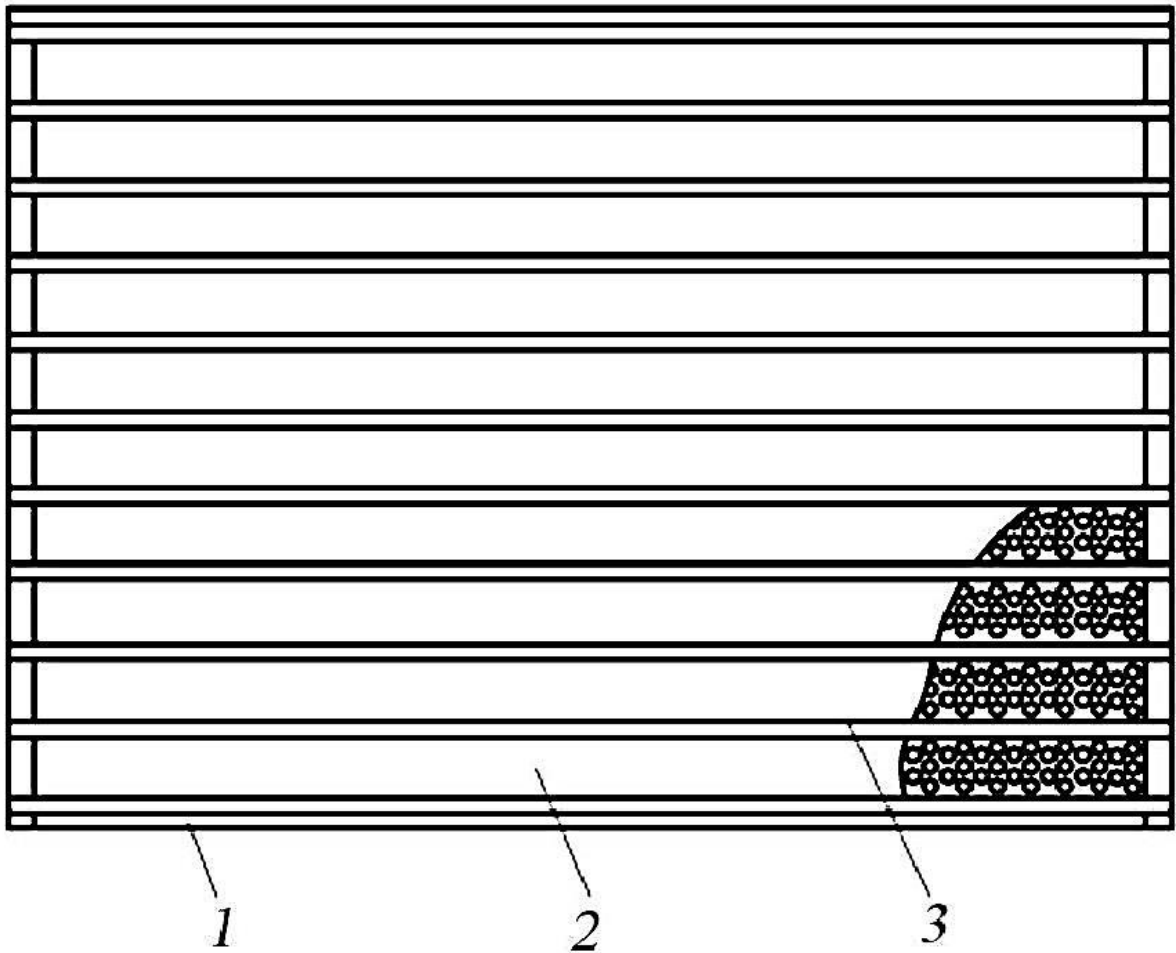
1 - П-подібна рама; 2 - верхнє решето; 3 - отвір прямокутної форми; 4 - нижнє рухливе решето; 5 - бортики; 6 - механізм регулювання.

Рисунок 1.12 - Регульоване решето Буркова

Решето В. А. Горлова [7] (Рис. 1.13) складається з рами, металевого листа 1 з каліброваними отворами, розділеного поздовжніми перегородками 3.

Решето розроблено для використання в зернозбиральних комбайнах. До переваг конструкції можна віднести:

- можливість підбору решета з різними каліброваними отворами під різні культури і сорту;
- рівномірний розподіл вороху соняшнику по всій поверхні решета при бічному нахилі комбайна, при його русі на ухилах і косогорах.



1 – металевий лист с каліброваними отворами; 2 – металевий лист; 3 – продольна перегородка у вигляді гофр.

Рисунок 1.13 – Решето В. А. Горлова

Недолік решета полягає в тому, що розподіл вороху соняшнику відбувається нерівномірно при поздовжньому нахилі комбайна під час його руху. Крім того, відсутня можливість регулювання під окремі культури або сорти, що викликає необхідність заміни решета.

У конструкціях повітряно-решітних очисток зернозбиральних комбайнів переважають жалюзійні решета. Підвищення якості очищення вороху соняшнику, як правило, досягається за рахунок зміни подачі повітря, траєкторії руху станів, установки додаткових приставок і ступенів очищення. Подібна модернізація конструкцій повітряно-решітних очисток не завжди відповідає технічним завданням на збирання конкретної

сільськогосподарської культури.

Робочі елементи жалюзів різних марок зернозбиральних комбайнів відрізняються за формою і геометричними розмірами, що дозволяє поділити їх на пелюсткові і лускаті.

Для отримання насінневого матеріалу в деяких конструкціях зарубіжних комбайнів [8, 9, 10] використовуються змінні пробивні решета з круглими прохідними отворами, форма і розміри яких розрізняються по виду прибирається на насіння культури.

З аналізу літературних джерел випливає, що кругла форма прохідного отвору - краща в порівнянні з іншими (квадрат, овал). Це пояснюється універсальністю круглої форми прохідних отворів [11].

У конструкціях повітряно-решітних очисток комбайнів «CLAAS» передбачена очистка системи 3D, яка дозволяє в разі нахилу комбайна при його роботі утримувати решітний стан в горизонтальному положенні. Оснащення решета поздовжніми перегородками сприяє рівномірному розподілу вороху соняшнику по всій його поверхні [12].

Аналіз існуючих конструкцій решіт як вітчизняних, так і зарубіжних комбайнів показав, що на якість очищення вороху соняшнику здатні впливати:

- збільшення кількості ступенів очищення;
- рівномірний розподіл маси вороху соняшнику по окремих секціях або блокам решета;
- орієнтація семянок вороху соняшнику в прохідні отвори;
- форма і геометричні розміри прохідного отвору.

Жалюзійні конструкції решіт не завжди забезпечують необхідну якість чистоти вороху соняшнику при збиранні різних сортів. Засміченість вороху в проході після очищення може варіюватися від 4,5 до 16% в залежності від виду, сорту і фізико-механічних властивостей соняшнику. Конструкція жалюзі не сприяє ретельному очищенню оберемка соняшнику внаслідок

занадто швидкого проходження семянок крізь технологічні зазори. Крім того, форма зазорів не забезпечує прохід великих семянок, які в результаті переміщуються до колосового гвинта і потрапляють в домолачивачий пристрій. Збільшення технологічних зазорів підвищує засміченість в проході, що призводить до додаткових енерговитрат на післязбиральну доочистку бункерного вороху. Пробивні решета використовуються в сучасних конструкціях зернозбиральних комбайнів, задіяних на збиранні зерна на насіння. Однак через те, що розміри зерен збираних культур різні, решета вимагають переустановлення під конкретну культуру чи сорт.

1.4 Класифікація решіт

В даний час зернозбиральні комбайни і зерноочисні машини оснащені різними решетами. Застосовувані решета орієнтовані на фізико - механічні властивості очищаються культур і технологію очищення. З порівняльного аналізу випливає, що конструкції решіт зернозбиральних комбайнів вітчизняного і закордонного виробництва багато в чому схожі. Решета, що застосовуються для очищення різних культур, можна класифікувати по виду, формі каліброваних отворів і призначенням.

1. По виду решета підрозділяються:

- на жалюзійні - лускаті, комбіновані, хвилеподібні, з вигнутими зубами;
- на ступінчасті - регульовані і нерегульовані;
- на листові - з гофрами (перегородками), перфоровані.

2. За формою каліброваних отворів розрізняються решета з прямокутними, круглими, трикутними і еліптичними отворами (решето з регульованими отворами розроблено в Саратовському ГАУ ім. М. І. Вавилова).

3. За призначенням решета поділяються наступним чином:

- для зернобобових культур;
- для кукурудзи;
- для гречки;
- для насіння трав та інших дрібнонасінних культур;
- для соняшника.

1.5 Аналіз теоретичних досліджень взаємодії решіт з зерновим ворохом

Дослідженням процесу очищення зернового вороху займалися такі видатні вчені як С.А. Алфьоров, В.Г. Антипин, І.І. Блехман, В.С. Биков, І.І. Биховський, Ю.А. Вантюсов, П.М. Василенко, І.Ф. Гончаревич, І.А. Горбачов, В.В. Гортинський, В.І. Горшенин, В.П. Горячкин, Ю.І. Ермольєв, Е.В. Жалнин, П.М. Заїка, А.Н. Зюлін, Н.І. Кленін, І.Є. Кожуховський, В.А. Кубишев, І.П. Лапшин, Н.П. Ларюшін, М.Н. Летошнев, А.Б. Лур'є, М.В. Михайлов, Н.В. Міхеєв, І.С. Нагорський, І.І. Наконечний, М.М. Настенко, В.І. Оробінській, А.І. Петрус, М.А. Пустигін, А.І. Русанов, А.І. Ряднов, Л.Т. Свиридов, Г.Ф. Сірий, В.І. Славкин, Н.І. Стружкін, А.П. Тарасенко, Г.Д. Терсков, В.Н. Тимощенко, Б.Г. Турбін, М.М. Ульріх, А.Н. Цепляєв, В.М. Цеціновській, М.Н. Чаткін, А.І. Чепурний, В.Д. Шеповалов, С.С. Ямпіль та ін.

Василенко П. М. вивів диференціальне рівняння руху частинки по коливальній горизонтальній площині [13]

$$m\xi = -ma \pm fmg, \quad (1.1)$$

де m - маса частинки, кг;

ξ - координата відносного руху, м;

a - прискорення руху матеріальної точки, м/с²;

f - коефіцієнт тертя руху;

g - прискорення вільного падіння, м/с².

Диференціальне рівняння руху частинки в інтервалі часу набуває

вигляду (для $m = 1$)

$$\xi'' = r\omega^2 \sin \omega t - fg - k(x' + \xi'), \text{ м}, \quad (1.2)$$

де r - радіус кривошипа механізму приводу, м;

ω - кутова швидкість обертання валу кривошипа за період часу t , рад / с;

k - постійна;

$x' + \xi'$ - швидкість руху частинки відносно повітря, м/с.

Відома формула для визначення сходу зерна з решета в залежності від його довжини і сепаруючої здатності, запропонована М. Н. Летошневим [14]

$$q_3 = qe^{-\mu L}, \text{ кг/с}, \quad (1.3)$$

де q - подача купи на решето, кг/с;

μ - коефіцієнт сепарації;

L - довжина решета, м.

Сход вороху соняшнику з нижнього решета зерноочисної машини на ділянці dx обчислюють за виразом, запропонованим А. В. Чернишовим [15]

$$Y_{(k+1)n_1} = \int_0^{Lkn_1} dY_{kn_1} e^{-\mu(k+1)n_1(L(k+1)n_1-x)}, \quad (1.4)$$

де $Y_{(k+1)n_1}$ - сход вороху соняшнику, кг/с;

n - номер ярусу;

n_1 - номер решета решітного стану,

Y_{kn_1} - сход вороху соняшнику з kn_1 -го решета, кг/с.

У теоретичному аналізі руху частинок зернового матеріалу С. С. Ямпілов розглядає частинки зерна у вигляді однорідного еліпсоїда (Рис. 1.15) [16].

Диференціальні рівняння плоскопаралельного руху еліпсоїда по С. С. Ямпілову має вигляд

$$\begin{cases} m\overline{w}_x = \sum X_i^E = X^E; \\ m\overline{w}_y = \sum Y_i^E = Y^E, \end{cases} \quad (1.5)$$

де m - маса тіла, кг;

$\overline{w}_x, \overline{w}_y$ - проекції прискорень центру мас на осі x і y ;

X_i^E, Y_i^E - проекції зовнішніх сил на осі x і y ;

X^E, Y^E - проекції головного вектора зовнішніх сил, прикладених до тіла, на осі x і y .

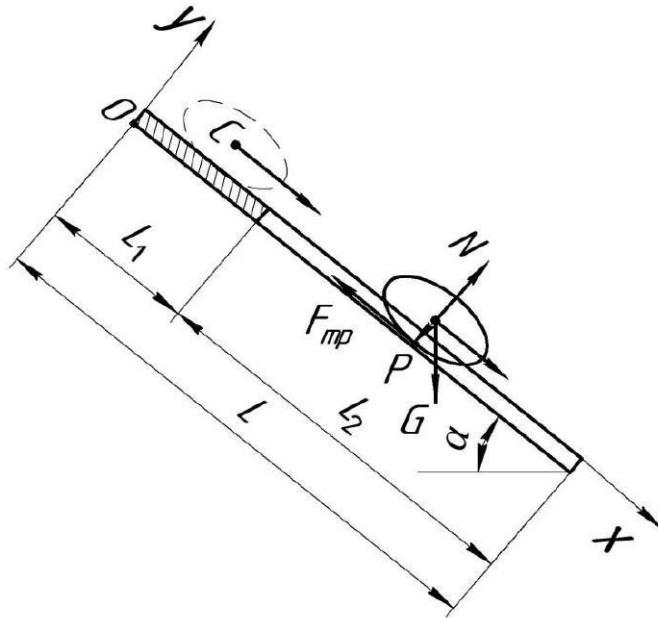


Рисунок 1.15 - Схема сил, що діють на еліпсоїд, що рухається по похилій скатній дошці і сепаруючої гребінки

Швидкість руху еліпсоїда по гребінці визначають виразом

$$v_2 = \sqrt{2L_1 g(\sin \alpha - f_{\text{оп}1} \cos \alpha) + 2L_2 g(\sin \alpha - f_{\text{оп}2} \cos \alpha)}, \text{ м/с}, \quad (1.6)$$

де L_1 - довжина ділянки суцільний скатної дошки, м;

$f_{\text{мп}1}$ - коефіцієнт тертя еліпсоїда, що рухається по похилій скатній дошці;

L_2 - довжина сепаруючої гребінки, м;

$f_{\text{мп}2}$ - коефіцієнт тертя еліпсоїда, що рухається по сепаруючій гребінці.

Муратовим Д.К. була розроблена математична модель функціонування верхнього решета з активно-сепаруючою поверхнею початкової ділянки

повітряно-решітного очищення зернозбирального комбайна [17]. В розроблену модель входять:

- рівняння, що характеризує прохід Q_{n11} компонентів дрібного зернового вороху через початкову ділянку верхнього решета

$$Q_{n11} = \sum_{j=1}^b Q_{pc} b_{jn} \varepsilon_{n_{j11}} (1 - \eta_{11j}), \quad (1.7)$$

де Q_{n11} - прохід компонентів дрібного зернового вороху через початкову ділянку верхнього решета, кг/с;

Q_{pc} - подача дрібного зернового вороху на решітний сепаратор, кг/с;

b_{jn} - вміст j -х компонентів в дрібному зерновому воросі, що надходить на решето, кг/с;

ε_{nj11} - просіювання j -го компоненту дрібного зернового вороху на першій ділянці решета P_{11} ;

η_{11j} - виділення j -го компонента повітряним потоком з дрібного зернового вороху, що надійшов на першу ділянку решета P_{11} ;

- рівняння вмісту j -х компонентів в дрібному зерновому воросі

$$\alpha_{n_{j11}} = \frac{Q_{pc} b_{jn} \varepsilon_{n_{j11}} (1 - \eta_{11j})}{Q_{n11}}, \quad (1.8)$$

де α_{nj11} - прохід j -х компонентів дрібного зернового вороху через початкову ділянку верхнього решета, кг/с;

- рівняння, що визначає сход Q_{cxj11} компонентів дрібного зернового вороху з початкової ділянки верхнього решета

$$Q_{cx_{j11}} = \sum_{j=1}^b Q_{pc} b_{jn} \varepsilon_{cx_{j11}}, \quad (1.9)$$

де Q_{cxj11} - сход j -го компонента дрібної зернового вороху з першої ділянки решета P_{11} ;

- рівняння вмісту в дрібному зерновому воросі j -х компонентів

$$\alpha_{cx_{j1}} = \frac{Q_{pc} b_{j_{n1}} \varepsilon_{cx_{j1}} (1 - \eta_{11j})}{Q_{cx_{11}}}, \quad (1.10)$$

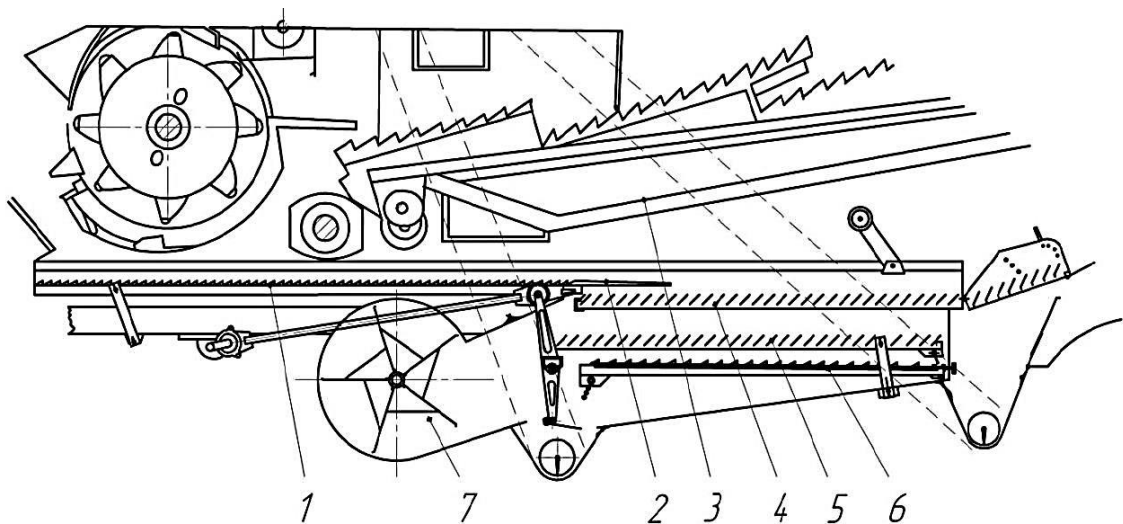
де $\alpha_{cx_{j1}}$ - сход j -х компонентів дрібного зернового вороху з початкової ділянки верхнього решета, кг/с.

Наведені математичні вирази важко застосувати до просіювання вороху соняшнику через решето в силу їх особливостей.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРОСІЮВАННЯ ВОРОХУ СОНЯШНИКА КРІЗЬ РЕШЕТО З РЕГУЛЬОВАНИМИ ОТВОРАМИ

2.1 Конструкція решета з регульованими отворами

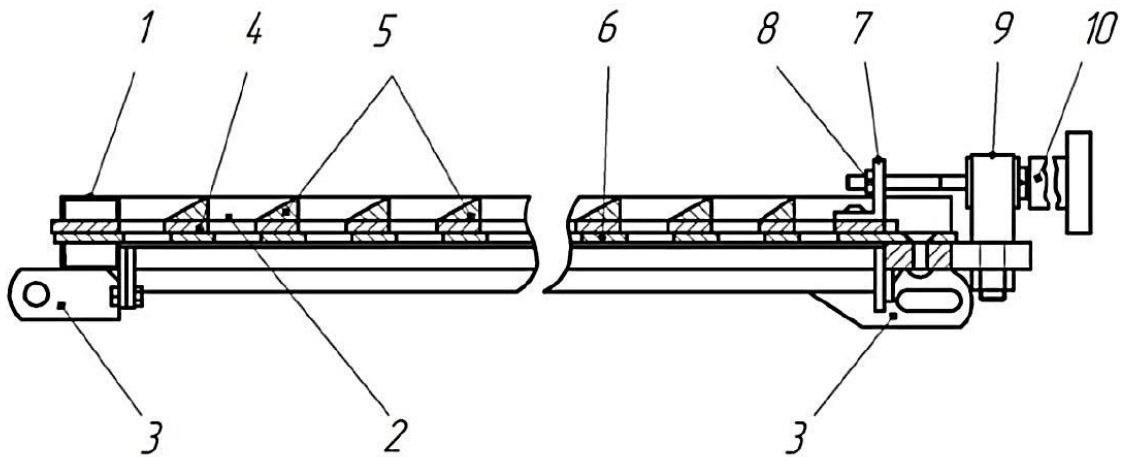
Для підвищення якості сепарації вороху соняшника доцільно оснастити комбайн решетом з регульованими отворами, яке встановлюють під нижнім жалюзійним решетом (Рис. 2.1).



1 - скатна дошка; 2 - пальцева гребінка; 3 - клавіші соломотрясу; 4 - верхній решітний стан; 5 - нижній решітний стан; 6 - решето з регульованими отворами; 7 - вентилятор

Рисунок 2.1 - Повітряно-решетний очисник зернозбирального комбайна

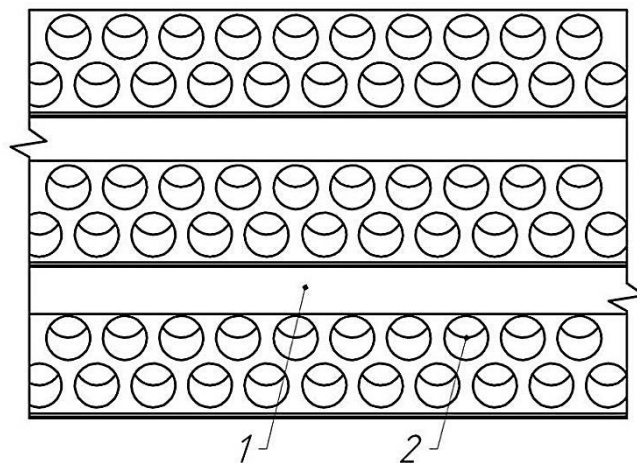
Решето з регульованими отворами являє собою раму 1 (Рис. 2.2), оснащену напрямними 2, кронштейнами 3 для кріплення до боковини нижнього решітного стану. У напрямних 2 нерухомо встановлено верхнє решето 4 з отворами, ряди яких розділені поперечними перегородками - гофрами 5, а також рухливе нижнє решето 6. Механізм регулювання решета представляє собою Г - подібну пластину 7, закріплену в торцевій частині рухомого решета 6 регулювальною гайкою 8.



1 - рама решета; 2 - напрямні; 3 - кронштейни кріплення; 4 - верхнє нерухоме решето; 5 - гофри; 6 - нижня рухливе решето; 7 - Г-подібна пластина; 8 - регулювальна гайка; 9 - опора регулювального гвинта; 10 - регулювальний гвинт.

Рисунок 2.2 - Решето з регульованими отворами

На рамі 1 за допомогою болтового з'єднання закріплена опора 9 регулювального гвинта 10, з'єданого з Г - подібною пластиною 7 регулювальної гайкою, що дозволяє переміщувати нижнє рухливе решето 6 щодо верхнього 4, в результаті чого утворюються регульовані отвори (Рис. 2.3).



1 - гофри; 2 - отвори

Рисунок 2.3 - Фрагмент решета з регульованими отворами

Змінюючи розміри отворів, можна домогтися відповідності їх розмірами сім'янок соняшнику певного сорту або гібрида.

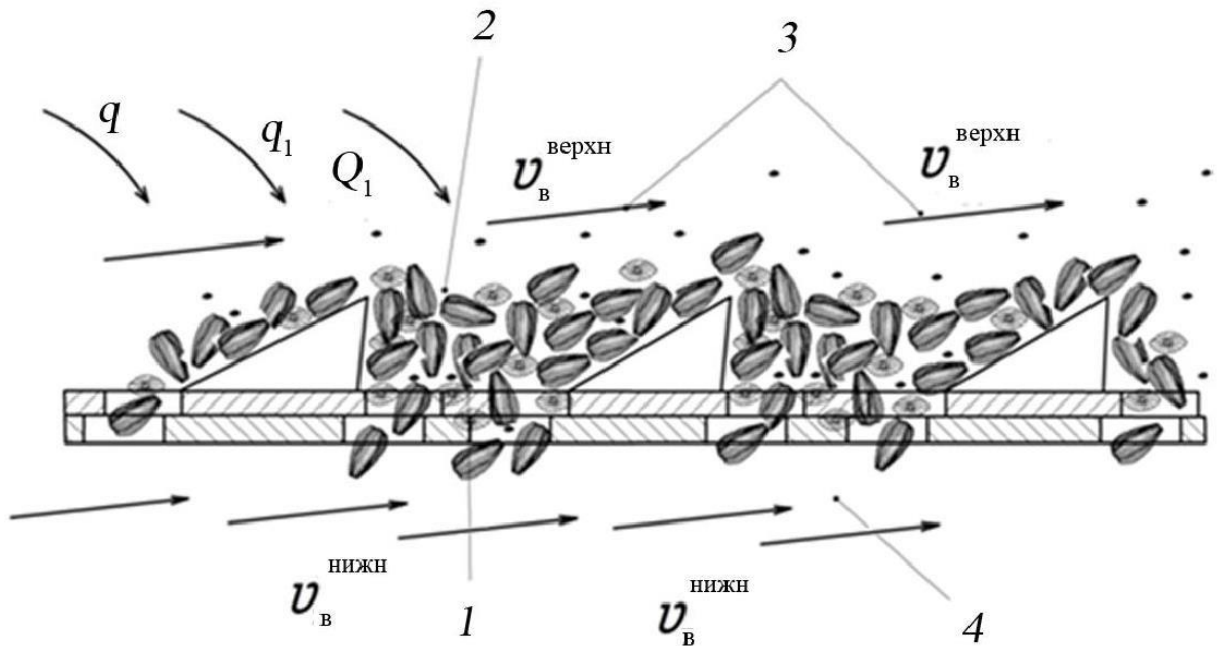
2.2 Технологія очищення вороху соняшнику решетою з регульованими отворами

Перед початком роботи оператор за допомогою механізму регулювання виставляє заданий розмір регульованих отворів решета, відповідний формі поздовжнього перерізу семянок забирається сорти.

У процесі збирання купу соняшнику подається зі скатної дошки 1 через пальцеву гребінку 2 і з клавіш соломотряса 3 на верхній решетний стан 4 (Див. рис. 2.1). Після проходження первинного очищення, в процесі якої видуються великі сміттєві домішки, ворох соняшнику надходить на нижній решетний стан 5, де відбувається відділення середніх і дрібних бур'янистих домішок.

Ворох соняшнику, що пройшов через два ступені очищення, надходить на решето 6 з регульованими отворами і гофрами. За допомогою гофр ворох соняшнику розділяється і потрапляє в ряди отворів. Зворотно - поступальний рух решета з регульованими отворами сприяє тому, що гофри орієнтують напрямок руху семянок до центру отворів, сприяючи переміщенню залишившихся великих засмічених домішок і дрібних семянок по поверхні решета з їх подальшим видувом. В результаті поділу вороху соняшнику по рядах відбувається поступове просіювання через регульовані отвори нижніх шарів семянок під безперервним впливом верхніх шарів (Рис. 2.4). Таким чином, створюється «ефект кипіння» вороху соняшнику, який характеризується зміною шарів семянок, що сприяє підвищенню якості очищення. У той же час при просіюванні семянок і впливі повітряного потоку виключається забивання отворів решета.

Через регульовані отвори проходять великі семянки, а дрібні переміщуються по поверхні решета і гофрами направляються в колосовий шнек.

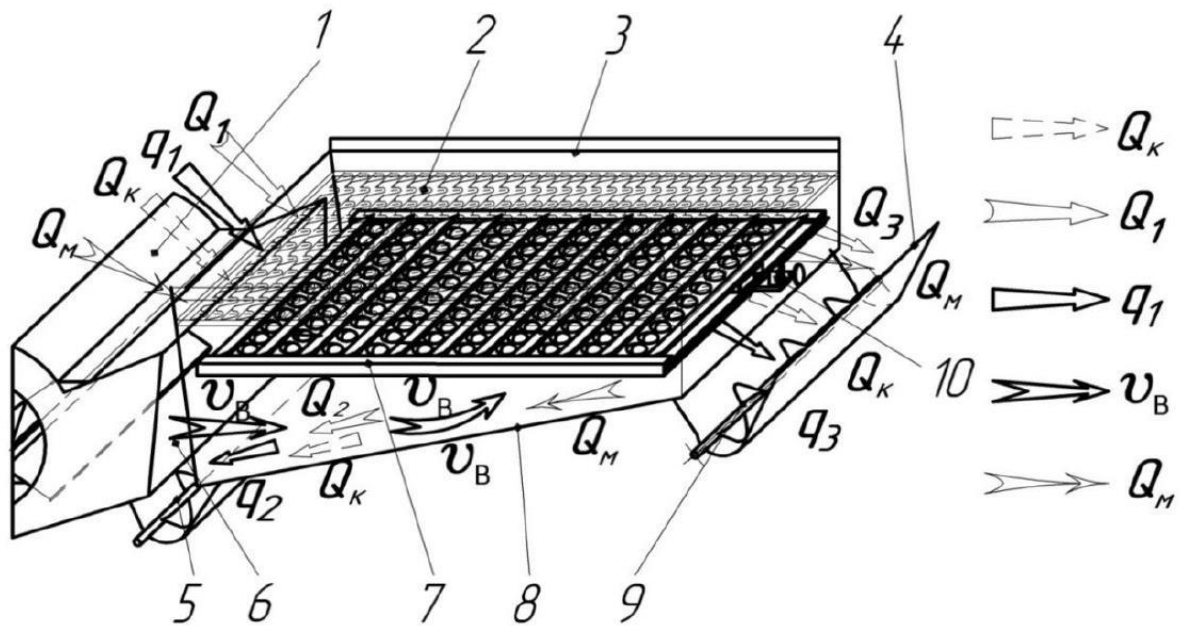


1 - нижній шар вороху соняшнику; 2 - верхній шар вороху соняшнику; 3 - верхній повітряний потік; 4 - нижній повітряний потік; q - подача вороху соняшнику на решето з регульованими отворами; q_1 - подача семянок на решето; Q_1 - подача засмічених домішок на решето, $v_{\text{в}}$ - швидкість повітряного потоку

Рисунок 2.4 - Процес просіювання семянок через регульовані отвори

У міру переміщення по рядах отворів i , відповідно, зменшення щільності вороху соняшнику дрібні сім'янки просіваються через регульовані отвори або видуваються в схід разом з домішками бур'янів (Рис. 2.5).

Частина семянок, які пройшли через додаткове решето (прохід), потрапляє на днище 8 нижнього решітного стану і під впливом зворотно - поступального руху переміщується до зернового гвинта 5. Дрібні сім'янки, які не пройшли очищення, переміщуються в колосовий гвинт, звідки подаються в пристрій дообмототу комбайна або видуваються в поле повітряним потоком.



1 - вентилятор; 2 - нижня решето; 3 - боковина корпусу нижнього стану; 4 - задній фартух колосового гвинта; 5 - зерновий гвинт; 6 - направляючий фартух повітряного вентилятора; 7 - решето з регульованими отворами; 8 - днище корпусу нижнього решітчастого стану; 9 - колосовий гвинт; 10 - механізм регулювання решета; Q_1 , Q_2 , Q_3 - сміттєві домішки в воросі соняшнику, відповідно ті, що подаються на решето, ті, що пройшли через решето, ті, що зійшли з решета; Q_K , Q_M - відповідно великі і дрібні сміттєві домішки у воросі соняшнику; q_1 , q_2 , q_3 - відповідно подача семянок на решето, сім'янки, що пройшли через решето, сім'янки, що зійшли з решета; v_B - швидкість повітряного потоку

Рисунок 2.5 - Технологія очищення вороху соняшнику решетом з регульованими отворами

2.3 Розрахунок площі поздовжнього перерізу сем'янки

В процесі настройки решета з регульованими отворами нижній рухливий лист з отворами буде зміщуватися щодо верхнього нерухомого. Внаслідок цього утворюються отвори, що мають форму поздовжнього перетину еліпсоїда.

Слід зазначити, що сем'янки соняшнику за формою поділяються на три групи. Сем'янки першої групи мають середню довжину 11-23 мм, ширину 7,5-12 мм.

Сем'янки другої форми менше першої. Їх середня довжина 7-13 мм, ширина 4-7 мм.

Проміжне становище між цими двома формами третя група.

При подачі вороху соняшнику на решето з регульованими отворами можна припустити, що сем'янки будуть просівати через отвори по довжині, ширині і товщині (Рис. 2.6). Очевидно, що найбільш ускладнено просіювання сем'янки по довжині. В цьому випадку площа поздовжнього перерізу еліпсоїда буде максимальною.



Рисунок 2.6 - Варіанти проходження сем'янки соняшнику через регульований отвір: а - по довжині; б - по ширині; в - по товщині

Тому подальші дослідження доцільно проводити виходячи з положення сем'янки щодо регульованого отвору. При проходженні сем'янки через регульованій отвір по довжині також забезпечується її просіювання по товщині і ширині.

Визначимо площу поздовжнього перерізу сем'янки (Рис. 2.7). Так як всі сем'янки незначно розрізняються по своїх геометричних параметрах: висоті, ширині, товщині, то приймемо форму однієї умовної сем'янки за подовжній перетин еліпса з центром на початку координат

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1, \quad (2.1)$$

де a і b - 0,5 довжини і ширини еліпса, мм.

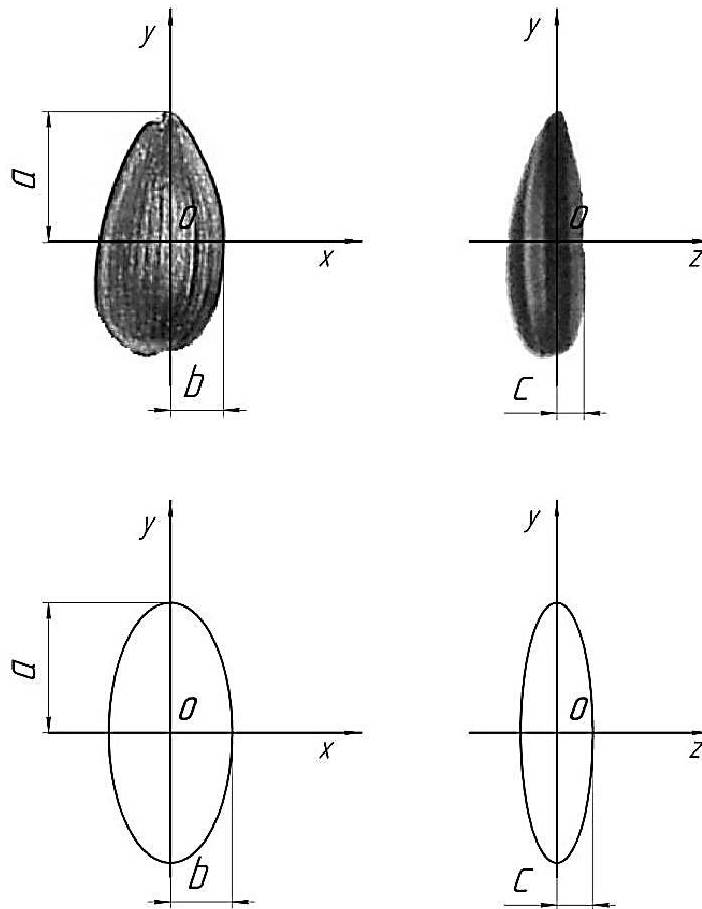


Рисунок 2.7 – Геометрія сем'янки соняшника

Площа поздовжнього перетину еліпса розраховується за виразом

$$S_E = \pi ab, \text{ м}^2. \quad (2.2)$$

2.4 Розрахунок площі регульованого отвору

Визначимо розміри отвору - радіус R і довжину l . Позначимо систему координат Oxy (Рис. 2.8). Нехай центри кіл лежать на осі абсцис Ox симетрично осі Oy і їх координати рівні $(-1/2;0)$ та $(1/2;0)$.

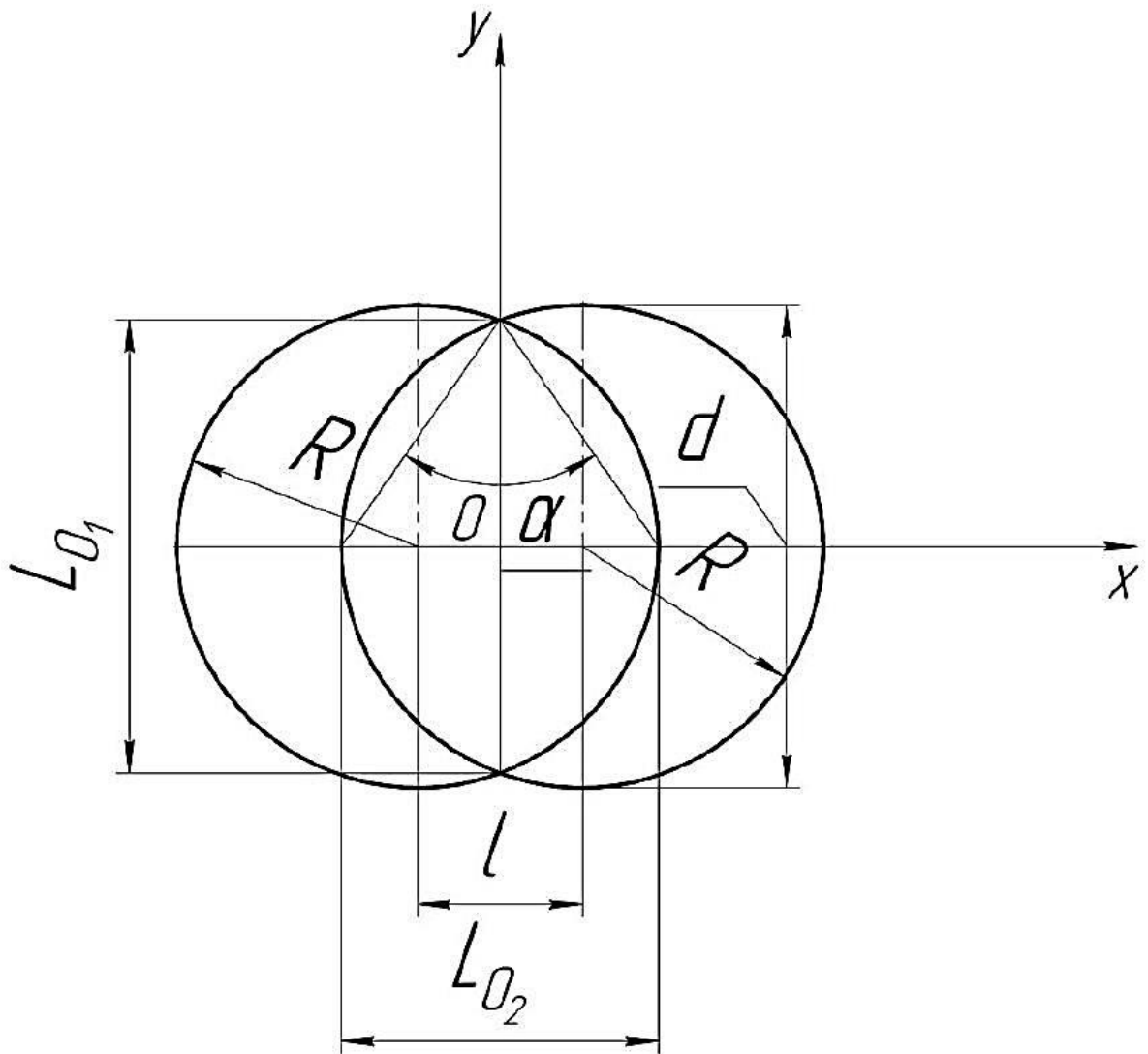


Рисунок 2.8 - Розміри регульованого отвору

Рівняння кіл мають вигляд

$$\left(x + \frac{l}{2}\right)^2 + y^2 = R^2; \quad (2.3)$$

$$\left(x - \frac{l}{2}\right)^2 + y^2 = R^2, \quad (2.4)$$

де x - точка зсуву отвору по осі Ox , м;

y - точка перетину отворів на осі Oy , м.

Точки перетину кіл розташовані на осі Oy і рівновіддалені від початку координат. Їх координати будуть дорівнювати

$$\left(0; \pm \frac{\sqrt{4R^2 - l^2}}{2}\right), \quad (2.5)$$

де R - радіус отвору, м (див. рис 2.8).

Звідси довжина регульованого отвори на вертикальній осі L_{01} буде дорівнювати

$$L_{01} = \frac{\sqrt{4R^2 - l^2}}{2} + \frac{\sqrt{4R^2 - l^2}}{2} = 2 \frac{\sqrt{4R^2 - l^2}}{2} = \sqrt{4R^2 - l^2}, \text{ м.} \quad (2.6)$$

Довжина регульованого отвору на горизонтальній осі L_{02} складе

$$L_{02} = \left(-\frac{l}{2} + R\right) - \left(\frac{l}{2} - R\right) = 2R - l, \text{ м.} \quad (2.7)$$

Визначимо площу регульованого отвору S_0

$$S_0 = R^2[\alpha - \sin \alpha], \text{ м}^2, \quad (2.8)$$

де α - кут кола відносно довжини L_{01} .

Знаючи довжину L_{01} , знайдемо величину кута α

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \frac{\frac{L_{01}}{2}}{R} = \frac{L_{01}}{2R}; \quad (2.9)$$

$$\sin \alpha = 2 \sin \frac{\alpha}{2} \cos \frac{\alpha}{2} = 2 \frac{L_{01}}{2R} \sqrt{1 - \left(\frac{L_{01}}{2R}\right)^2} = \frac{l\sqrt{4R^2 - l^2}}{2R^2}; \quad (2.10)$$

$$\alpha = \arcsin \left(\frac{l\sqrt{4R^2 - l^2}}{2R^2} \right), \text{ град.} \quad (2.11)$$

Таким чином, площу S_0 регульованого отвору можна розрахувати за виразом

$$S_0 = R^2 \arcsin \left(\frac{l\sqrt{4R^2 - l^2}}{2R^2} \right) - \frac{l\sqrt{4R^2 - l^2}}{2}, \text{ м}^2. \quad (2.12)$$

Коефіцієнт зміщення отворів дорівнює відношенню двох довжин

$$\tau = \frac{L_{02}}{L_{01}}. \quad (2.13)$$

Так як довжини L_{01} і L_{02} були обчислені за формулами (2.6) і (2.7), то τ можна визначити за виразом

$$\tau = \frac{\sqrt{4R^2 - l^2}}{2R - l} = \sqrt{\frac{2R + l}{2R - l}}. \quad (2.14)$$

Зсув l обчислимо, користуючись коефіцієнтом τ ,

$$l = 2 \frac{\tau^2 - 1}{\tau^2 + 1} R. \quad (2.15)$$

Підставивши вираз (2.15) в (2.12), отримаємо площу регульованого отвору S_0

$$S_0 = R^2 \left\{ \arcsin 4\tau \frac{\tau^2 - 1}{(\tau^2 + 1)^2} - 4\tau \frac{\tau^2 - 1}{(\tau^2 + 1)^2} \right\}, \text{ м}^2. \quad (2.16)$$

Просіювання семянок через регульований отвір буде забезпечуватися за умов

$$b \leq a \leq \frac{L_{01}}{2}, \text{ м,} \quad (2.17)$$

$$c \leq b \leq \frac{L_{02}}{2}, \text{ м,} \quad (2.18)$$

де a, b, c - 0,5 довжини, ширини і товщини семянки (див. рис 2.7).

2.5 Визначення ймовірності просіювання семянок через регульований отвір

Імовірність просіювання семянок з півсями a, b і c ($a \geq b \geq c$) через регульований отвір, утворене двома колами радіусом R , центри яких віддалені один від одного на відстань l , обчислимо за виразом

$$P = \frac{S_{\text{э}}}{S_0} = \frac{\pi ab}{R^2 \arcsin\left(\frac{l\sqrt{4R^2 - l^2}}{2R^2}\right) - \frac{l\sqrt{4R^2 - l^2}}{2}}. \quad (2.19)$$

Вочевидь, що $P < 1$ (Рис. 2.9).

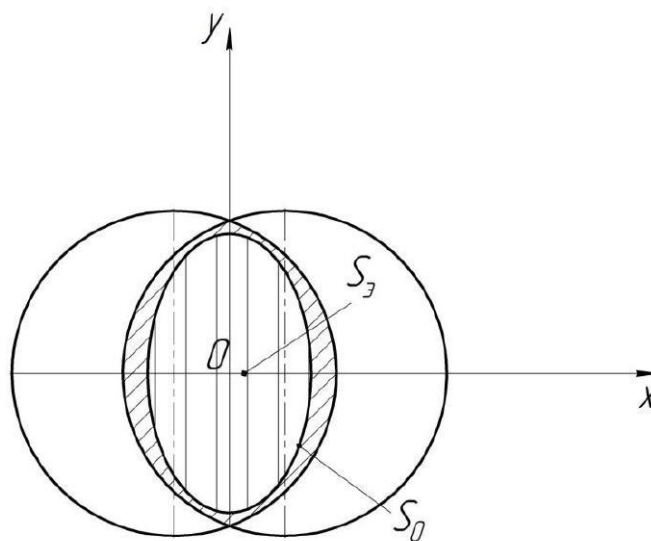


Рисунок 2.9 - Площа поздовжнього перетину еліпсоїда

2.6 Визначення оптимального значення коефіцієнта зміщення отворів

Основним фактором, що впливає на якість очищення вороху соняшнику решетою з регульованими отворами, є коефіцієнт зміщення отворів τ , що характеризує їх розміри і площу.

При очищенні вороху соняшнику для найбільш ефективної роботи решета з регульованими отворами потрібно підбирати коефіцієнт τ в залежності від форми semen соняшнику. Для цього зручніше використовувати геометричні розміри semenки, задавши які, можна отримати індивідуальне значення величини τ по відношенню до конкретного сорту або гібриду соняшнику.

Розташуємо регульований отвір таким чином, щоб його центр збігся з початком координат, а осі - з осями координат: L_{01} - з віссю ординат, L_{02} - з віссю абсцис (Рис. 2.10).

За умови, що a і b можуть приймати значення в діапазоні:

$$\frac{L_{01}}{2} \leq a \frac{L_{02}}{2}; \quad (2.20)$$

$$\frac{L_{01}}{2} \leq b \frac{L_{02}}{2} \quad (2.21)$$

Вибір оптимального коефіцієнта зміщення отворів зводиться до задачі мінімізації даних нерівностей.

Вочевидь, що $P < 1$ за умови

$$\frac{L_{01}}{2} \leq b \frac{L_{02}}{2} \quad (2.22)$$

Розклавши ліву частину виразу (2.22) в ряд Тейлора [18, 19] і вирішивши отримане рівняння, визначимо коефіцієнт зміщення отворів

$$\tau \approx \sqrt[3]{\frac{3\pi ab}{32R^2}}. \quad (2.23)$$

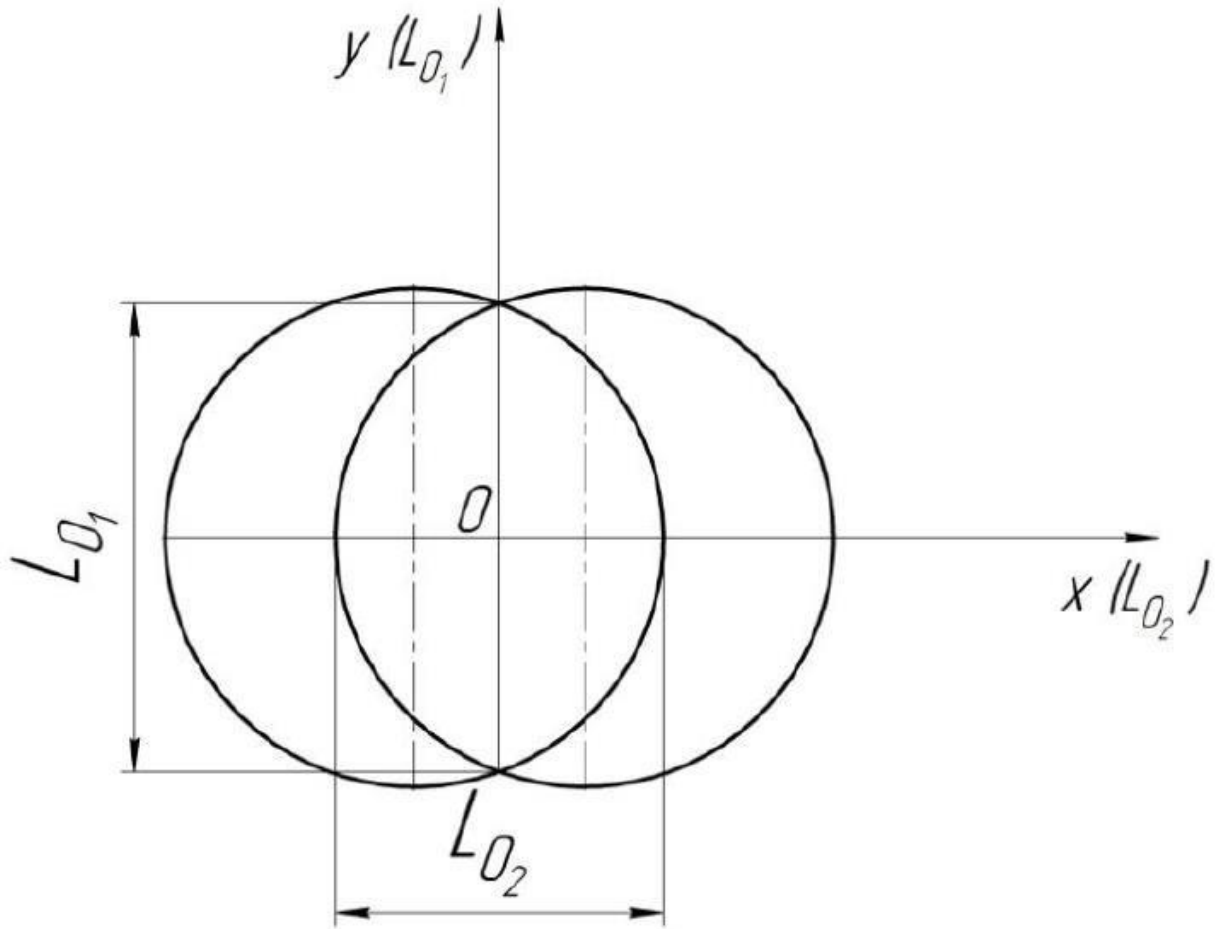


Рисунок 2.10 - Осі регульованого отвору в системі координат

Знаючи радіус зміщується отворів R і геометричні розміри семянки соняшнику a й b , за формулою (2.23) можна визначити значення коефіцієнта зміщення отворів τ , близьке до оптимального. З урахуванням того, що семянки різних сортів соняшнику мають різні геометричні розміри, оптимальне значення τ необхідно для регулювання отворів решета на заданий сорт або гібрид соняшнику.

Як видно з виразу (2.23), зі збільшенням радіуса отвору R зменшуються межі варіювання τ . Так, наприклад, з формули випливає, що при збільшенні радіуса в $\sqrt{8} \approx 2,8$ рази τ зменшується в 2 рази.

При розгляді ряду решіт з різними отворами формула (2.23) дозволяє істотно звужити діапазон пошуку τ .

2.7 Теоретичне обґрунтування робочої довжини решета з регульованими отворами

В решеті запропонованої конструкції отвори розташовані в шаховому порядку із впадинами між похилою поверхнею і уступом гофри. Це підвищує ймовірність P_p попадання сем'янки в положення перекриття понад дві третини її довжини над отвором до значення $P_p = 0,5$. З урахуванням динаміки процесу взаємодії сем'янок з уступом гофри при коливаннях решета ймовірність розвороту P_r сем'янки в положення збігу головної осі сем'янки і осі впадини також має значення $P_r = 0,5$. Загальна ймовірність збігу цих двох необхідних умов для проходження сем'янки через одну западину:

$$P_{pr} = P_p P_r = 0,5 \cdot 0,5 = 0,25, \quad (2.24)$$

де P_p - ймовірність попадання сем'янки в отвір;

P_r - ймовірність розвороту сем'янки.

Кількість впадин, необхідне для просіювання одного шару сем'янок при русі по решету

$$n \frac{1}{P_{pr}} = 4. \quad (2.25)$$

Кількість шарів сем'янок при повному завантаженні решета і висоті шару $H = 50$ мм, а також товщині сем'янок різних сортів $h_c = 6 - 8$ мм складе

$$m = \frac{H}{h_c} = \frac{50}{(6-8)} \approx 6-8. \quad (2.26)$$

Тоді кількість впадин для гарантованого проходження сем'янок при повному завантаженні решета складе

$$N = nm = 4 \cdot (6-8) = 24-32. \quad (2.27)$$

В реалізованій конструкції решета довжиною 1м, взятого для

сумісності з конструкцією комбайна, виконано $N = 30$ гофр, що дасть довжину робочої ділянки $L_p = 32$ мм. Амплітуду коливань решета A приймемо рівною цьому кроку, який відповідає робочому режиму роботи ПРО

$$A = L_p = 32 \text{ мм.}$$

3 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Програма досліджень

Нами була складена програма лабораторних досліджень впливу на вміст засмічених домішок в проході вороху соняшнику і семянок у сході з решета:

- коефіцієнта зміщення отворів τ ;
- швидкості повітряного потоку v_v , що нагнітається вентилятором;
- подачі купи соняшнику q на решето.

3.2 Методика досліджень фізико-механічних властивостей вороху

Одним з основних видів лабораторно-польових досліджень решета з регульованими отворами, пристрій якого описано у 2-му розділі, будуть дослідження, виконані методом трихфакторного експерименту.

В процесі проведення лабораторних дослідів визначають показники якості технологічного процесу очищення, що виконується решетом з регульованими отворами. На агротехнічні показники якості процесу сепарації здатні впливати конструкція і регулювання решета, настройка технологічних параметрів системи очищення комбайна, географічні та природні умови збирання, а також деякі фізико-механічні властивості сепарованого вороху соняшнику.

При підготовці до експериментально-польових дослідів була прийнята до уваги неоднорідність деяких сортів соняшнику, яка проявляється у різних геометричних і вагових характеристиках семянок. Метою лабораторних дослідів буде визначення фізико-механічних властивостей вороху соняшнику, питомого вмісту семянок в стеблі зрізаної рослини, величини

подачі q вороху на решітні стани, геометричних характеристик семянок трьох сортів і засмічених домішок в воросі.

Подача вороху соняшнику q прямо пропорційна пропускної здатності молотильно-сепаруючого пристрою комбайна.

Відомо, що ворох соняшнику, який подається на решітні стани ПРО, складається з сім'янок і деякої кількості домішок бур'янів:

$$q = \Pi_{МСУ} Y_{сем}, \text{ кг/с}, \quad (3.1)$$

де $\Pi_{МСУ}$ - пропускна здатність молотарки зернозбирального комбайна, кг/с;

$Y_{сем}$ - середня питома складова вмісту семянок в скошеному стеблі соняшнику;

$$Y_{сем} = \frac{m_{сем} + Q_2}{m_{раст}}, \quad (3.2)$$

де $m_{раст}$ - маса зрізаної рослини без семянок, г;

$m_{сем}$ - маса сім'янок в рослині, г;

Q_2 - вміст засмічених домішок в воросі соняшнику, г.

Кількість бур'янів домішок в купі соняшнику, що подається на ПРО, брали в розмірі 12% до маси вороха. Ця величина була усередненою і була заснована на результатах вимірів вороху соняшнику в бункерах комбайнів різних марок і при різних умовах збирання. Маса вороху соняшнику, що подається на ПРО, визначали наступним чином

$$m = \frac{m_{сем} \cdot 100}{88}, \text{ г}. \quad (3.3)$$

Лабораторні дослідження вороху соняшнику включають в себе: визначення вмісту семянок в кошиках соняшнику, геометричних характеристик семянок, аналіз структури засмічених домішок, встановлення довжини і класифікація їх на дрібні і великі. Досліджувані геометричні характеристики семянок розрізняються залежно від виду або сорту

соняшнику. Відомо, що сем'янки соняшнику можна поділити на три види:

- перший довжиною від 8,5 до 25 мм, товщиною від 5 до 8 мм;
- другий довжиною від 6 до 12 мм, товщиною від 4 до 6 мм;
- третій (олійний) довжиною від 5 до 7 мм, товщиною від 2 до 4 мм.

Тому при використанні решета з регульованими отворами для підвищення якості очищення слід враховувати геометричні характеристики сем'янок соняшнику різних видів і сортів, в залежності від яких змінювати величину коефіцієнта зміщення отворів.

До періоду збирання відбувається одревеснення стебла, який при обмолоті скошеної маси соняшнику дробиться на великі і дрібні сміттєві домішки [20, 21, 22, 23].

До засмічених домішок, що містяться в купі соняшнику, можна віднести: частини стебел, кошиків, суцвіть бур'янів і сім'янки, пошкоджені в процесі обмолоту.

Всі сміттєві домішки в свою чергу можна поділити на великі Q_k і дрібні Q_m . Причому до великих засмічених домішок слід віднести ті з них, довжина яких геометрично більше поздовжньої осі регульованого отвори. Такі домішки не проходять крізь отвори і видуваються з решета. До них відносяться частини стебел, кошиків, бур'янів, довжина яких більше 11,83 мм. При значенні коефіцієнта зміщення отворів τ , рівному 0,85, регульований отвір має аналогічні геометричні розміри.

До дрібних Q_m умовно можна віднести сміттєві домішки, довжина яких менше поздовжньої осі регульованого отвору. Дані домішки проходять крізь отвори решета разом з сім'янками, але під впливом повітряного потоку, спрямованого знизу решета, видуваються з ПРО.

Можна припустити, що не всі дрібні сміттєві домішки Q_m через низку їх геометричних особливостей видуваються повітряним потоком. Частина їх залишається в очищеному воросі разом з сім'янками q_2 , що і складає кінцевий вміст засмічених домішок, величина якого не повинна перевищувати

технічного завдання на збирання соняшнику - 2,5%.

Дослідження фізико-механічних властивостей купи соняшнику включали в себе визначення процентного співвідношення великих Q_k і дрібних Q_m засмічених домішок

$$Q_2 = \frac{Q_k}{Q_m} \cdot 100 \% \quad (3.4)$$

Лабораторно-польовими дослідями визначали:

- 1) величину семянок в скошеному кошику соняшнику;
- 2) геометричні характеристики семянок соняшнику;
- 3) загальний вміст засмічених домішок в купі соняшнику, %;

Для забезпечення точності дослідів в межах 4% розмірні показники визначали на 30 кг вороху соняшнику.

З урахуванням того, що можливість видування бур'янів домішок з решета забезпечується тільки при перевищенні їх довжини і поздовжньої осі регульованого отвору, то умовною шириною в даному випадку можна знехтувати.

Для отримання точної характеристики розмірності засмічених домішок по кожному з показників визначали середню величину у відсотках на 30 кг вороху соняшнику

$$\bar{n}_{\text{расч}} = \frac{\sum X}{n}, \quad (3.5)$$

де $\sum X$ - сума варіантів ряду;

n - кількість спостережень.

3.3 Вибір критерію і факторів оптимізації, визначення повторності дослідів і порядку їх проведення

В ході підготовки до експерименту поставлено завдання визначення оптимальних показників регулювання решета при роботі в різних умовах з сортами соняшнику, які відрізняються за геометричними і ваговими характеристиками.

Критерієм оптимізації досліджень була призначена величина засмічених домішок в проході вороху соняшнику через решето з регульованими отворами, яка не повинна перевищувати 2,5% від всієї маси проходу.

Таким чином, прийняття основних факторів оптимізації було обумовлено якістю роботи решета з регульованими отворами, яке повинно характеризуватися умовою

$$Q_2 < 2,5\%, \quad (3.6)$$

де Q_2 - вміст засмічених домішок в проході вороху через решето, %.

При дослідженнях роботи решета з регульованими отворами не можна не враховувати кількість сім'янок, які не пройшли через решето з технологічних причин і потрапили в сход.

З огляду на особливості конструкції решета, можна припустити, що регулювання отворів на певні геометричні розміри семянки може привести до значних втрат великих семянки, що потрапляють в сход з решета і далі в пристрій дообмолоту.

Тому найбільш раціональною вважається робота решета, при якій вміст засмічених домішок Q_2 в проході і кількість сім'янок q_3 в сході з решета будуть мінімальними. Однак технологічно це неможливо.

Тому дослідження не можна вважати повноцінними без визначення сходу семянки з решета.

При аналізі конструктивно-технологічної схеми ПРО, оснащеною

решетом з регульованими отворами, обиралися наступні фактори.

За основний фактор оптимізації був обраний коефіцієнт зміщення τ , що характеризує розміри і площу отвору.

Коефіцієнт τ визначали як відношення ширини регульованого отвору до його довжини (Рис. 3.1)

$$\tau = \frac{s}{l}, \quad (3.7)$$

де s , l - відповідно ширина і довжина регульованого отвору, мм.

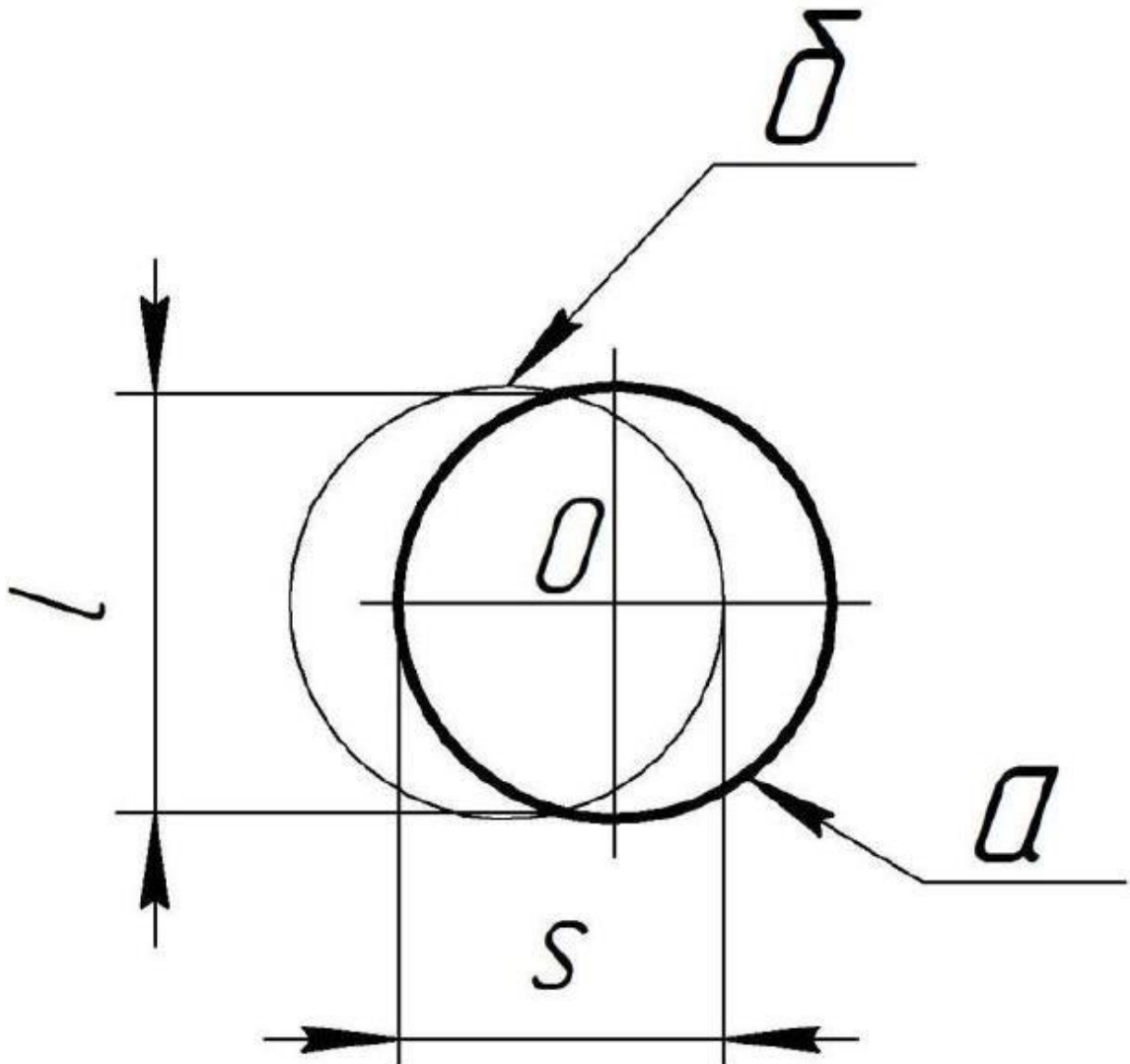


Рисунок 3.1 - Геометричні розміри регульованого отвори: а - отвір верхнього нерухомого решета, мм; б - отвір нижнього рухомого решета, мм

Наступним за значимістю фактором оптимізації, була прийнята величина подачі вороху соняшнику q на решето з регульованими отворами, що залежить від пропускної здатності комбайна і врожайності соняшнику. Порівняльний аналіз обраних факторів дозволять визначити значення коефіцієнта зміщення отворів τ , що забезпечують найбільш високий показник чистоти вороху соняшника, яке просівають через пропоноване решето.

Величину подачі вороху соняшнику q визначають дослідним шляхом. Для цього рослини соняшнику, зрізають на висоті 60 см та зважують. Потім проводять облущення кошиків і обчислюють середню складову вмісту семянок в скошеному стеблі. Потім встановлювали масу зрізаної рослини $m_{раст}$ без семянок, г, і масу облущених семянок $m_{сем}$, г.

Для визначення засмічених домішок Q_2 в воросі соняшнику з бункера комбайна при збиранні брали проби семянок, що пройшли очищення двома жалюзійними решетами, зважували їх і вираховували вагове та відсоткове співвідношення щодо загальної маси вороху. Після цього розраховують відсотковий вміст засмічених домішок в воросі соняшнику і визначають їх довжину.

Вибір вторинних факторів здійснюють виходячи з технічних характеристик комбайна СК-5-М1 «Нива», умов збирання соняшника, літературних джерел і візуальних спостережень.

На підставі літературних джерел і аналізу роботи ПРО зернозбиральних комбайнів було встановлено, що на утримання засмічених домішок в проході вороху соняшнику здатна впливати швидкість подачі повітряного потоку v_g на решето. Величина v_g також залежить від технічної характеристики комбайна і здатна варіювати в залежності від виду і засміченості культури, що збирається. Для досліджень приймають чотири рівні швидкості подачі повітряного потоку: 1,5, 2,0, 2,5 і 3,0 м/с. Досліди виконуються за допомогою схеми рандомізованих блоків. Рандомізація дослідів проводиться незалежно для кожного блоку випадкових чисел. Дані результатів рандомізації наведені в таблиці 3.1. У порівнянні з іншими

схемами організація дослідів за схемою рандомізованих блоків дозволяє зменшити експериментальну помилку дослідів, що підвищує їх ефективність [24, 25, 26].

Таблиця 3.1 - Симетричний трихфакторний експеримент

№ варіанту	$q(x_1)$, кг/с	$v_B(x_2)$, м/с	τ
1	-2	-2	-2
2	-2	-1	-1
3	1	1	1
4	2	2	2
5	-2	-2	1
6	-2	-1	2
7	1	1	-1
8	2	2	-2
9	-2	-2	2
10	-2	-1	1
11	1	1	-1
12	2	2	-2
13	-2	-2	-1
14	-2	-1	1
15	1	1	-2
16	2	2	2

В процесі проведення дослідів будуть встановлені фізико-механічні властивості рослин соняшнику, зрізаних жаткою і поданих у молотильний апарат: маса зрізаного рослини, маса сім'янок, склад вороху соняшнику, що подається на решето з регульованими отворами.

3.4 Обґрунтування вибору коефіцієнту зміщення отворів τ

Вибір значень τ здійснювали виходячи з особливостей розташування отворів решіт відносно один одного і зміщення їх рядів. При зміщенні нижнього рухомого решета до певної (критичної) ширини s відбувалося утворення не одного регульованого отвору, а двох, а при подальшому зміщенні - трьох. В даному випадку решето не була працездатним стосовно вороху соняшнику через неможливість проходження семянок крізь утворені отвори. Для подальшого аналізу необхідно розглянути варіанти зміщення регульованих отворів. Призначалися два шляхи зміщення b (Рис. 3.2, 3.3):

- $b = 2$ мм;
- $b = 2,5$ мм.

Збільшення b більше 2,5 мм було небажано через порушення кількості кроків (4 кроки варіювання не виходить), що не дає можливості для повноцінного дослідження процесу очищення вороху.

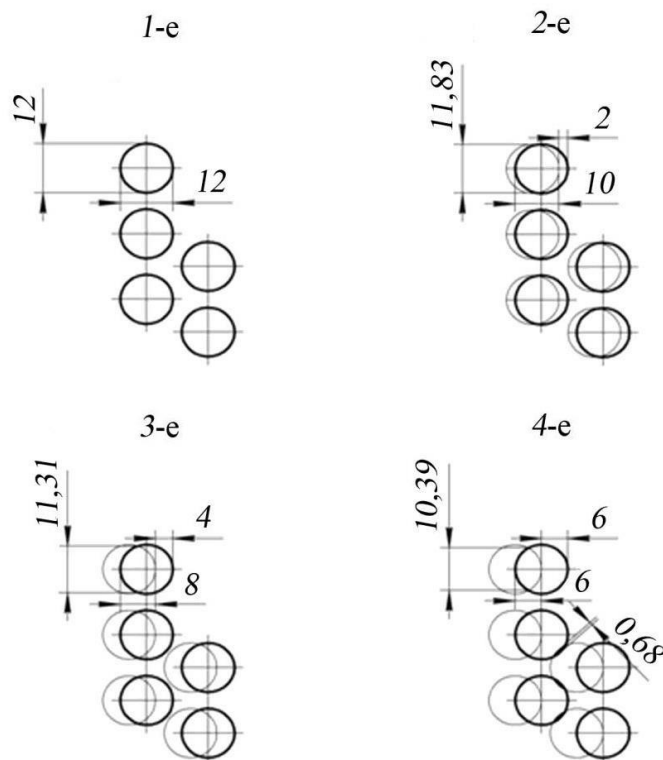


Рисунок 3.2 – Варіанти положень зміщення отворів решета на 2,0 мм

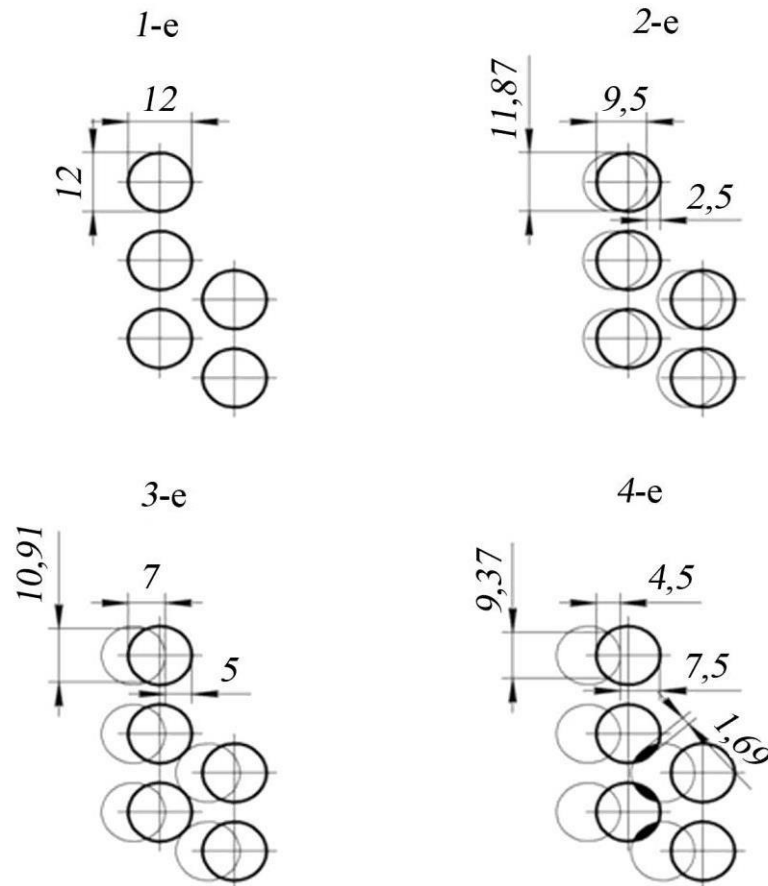


Рисунок 3.3 – Варіанти положень зміщення отворів решета на 2,5 мм

З рисунку 3.2 видно, що при зміщенні рухомого решета на 2,0 мм в четвертому положенні (четвертий крок) в прохідному перерізі крім основного утворювалося додатковий регульований отвір шириною 0,68 мм. При зміщенні рухомого решета на 2,5 мм (див. рис. 3.6) в прохідному перетині утворювалися також додаткові регульовані отвори шириною 1,69 мм. Крім того, ширина регульованого отвору становила всього 4,5 мм, що явно недостатньо для проходження semenок соняшнику і унеможливорює проведення досліджень. З аналізу випливає, що для виконання лабораторних дослідів і отримання 4 кроків варіювання коефіцієнта τ необхідно зміщувати рухоме решето щодо нерухомого на величину 2,0 мм. Площею, утвореною додатковим регульованим отвором, в ході експерименту можна знехтувати ураховуючи її незначущість.

В цьому випадку значення коефіцієнту τ , розраховані по формулі (3.7), наступні:

$$1) \tau = \frac{12}{12} = 1;$$

$$2) \tau = \frac{10}{11,83} = 0,85;$$

$$3) \tau = \frac{8}{11,31} = 0,70;$$

$$4) \tau = \frac{6}{10,39} = 0,58.$$

Зі зменшенням коефіцієнту τ зменшується площа регульованого отвору.

3.5 Визначення значимості обраних факторів

Перед повним факторним експериментом (ПФЕ) необхідно провести однофакторний експеримент з метою визначення залежності вмісту засмічених домішок в проході вороху соняшнику через решето з регульованими отворами від його подачі, швидкості повітряного потоку і коефіцієнта зсуву отворів. При цьому один з обраних факторів змінюється відповідно до рівнів варіювання, інші приймаються з постійними значеннями. Для встановлення впливу коефіцієнта зміщення отворів τ (x_1) з рівнями варіювання 1, 0,85, 0,7, 0,58 значення інших двох факторів: подачі вороху соняшнику q (x_2) та швидкості повітряного потоку v_g були зафіксовані

Для визначення впливу подачі вороху соняшнику q (x_2) з рівнями варіювання 1,5, 2,0, 2,5, 3,0 кг/с фіксуються значення інших двох факторів коефіцієнта зміщення отворів τ (x_1) = 0,85 та швидкості повітряного потоку v_g (x_3) = 3 м/с. Аналогічно фіксуються значення τ (x_1) = 0,85 і подачі вороху соняшнику q (x_2) = 1,5 кг/с приймаються постійними для визначення впливу швидкості повітряного потоку з рівнями варіювання v_g (x_3) = 1,5, 2,0, 2,5, 3,0 м/с.

3.6 Обґрунтування обраних рівнів варіювання подачі вороху соняшнику і швидкості повітряного потоку

При виборі подачі вороху соняшнику на решето слід керуватися пропускною здатністю комбайну, вмістом семян в скошеної масі і засмічених домішок в воросі, що подається на решето. При виборі рівнів варіювання швидкості повітряного потоку v_e (x_3) слід керуватися робочими режимами, відповідними прибиранню соняшника. З аналізу літературних джерел випливає, що робочі режими швидкості повітряного потоку при збиранні соняшнику варіюють від 1,5 до 3 м/с. При збільшенні швидкості повітряного потоку більше 3,5 м/с відбувається видування семян в сход. Тому дослідження швидкості повітряного потоку v_e понад 3 м/с вважаємо недоцільним. З огляду на те, що були позначені 3 фактори оптимізації з 4 кроками варіювання, то загальна кількість можливих комбінацій складе $4 \cdot 4 \cdot 4 = 4^3 = 64$. Таким чином, при повторенні вимірювань для набору факторів n_n раз кількість замірів буде відповідати $64 n_i$. Так як відповідно до плану проведення досліджень розглядали три сорти соняшнику, то відповідно загальна кількість дослідів складе $64 \cdot 3 = 192$. Дану кількість вимірів можна провести в агротехнічні строки збирання соняшнику. Тому застосування повного факторного експерименту вважається можливим. Побудова багатофакторної моделі проводять по всім трьом факторам. Можна припустити, що значення вмісту засмічених домішок, отримані в результаті експерименту, підкоряються нормальному закону розподілу, а отже, і правилом 3σ (ймовірність того, що вміст засмічених домішок потрапить в інтервал у $-3\delta \leq u \leq +3\delta$, дорівнює 0,9973). Тому для того, щоб надійність експерименту склала не менше $\alpha = 0,95$, необхідно кожен дослід проводити із триразовою повторюваністю [27].

Для вимірювань планується використання стандартного вимірювального обладнання та інструментів (таблиця 3.2).

Таблиця 3.2 - Прилади та інструменти для проведення лабораторних дослідів

Найменування	ГОСТ (ДСТУ)	Припустимі відхилення
Лінійка вимірювальна	427-75	$\pm 0,025$ мм
Рулетка вимірювальна 3м з фіксаторами	7502-98	$\pm 0,15$ мм
Штангенциркуль (тип ШЦ-I-125)	166-89	$\pm 0,05$ мм
Кутомір – транспортир 0-180 ⁰ (тип 4 4УМ)	5378-88	-
Кутник для повірки 90 ⁰ слюсарний	29392-92	-
Ваги механічні РМ 6Ц 13 УМ Ваги технічні електронні фасувальні DIGI DS – 708-6	29329-92	Клас точності III

3.7 Методика обробки і кореляційний аналіз дослідних даних

Для кожного роду виконаних спостережень визначали вибіркоче середнє за формулою [29]

$$\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i, \quad (3.8)$$

де y_i - крайній (найбільший або найменший) елемент вибірки;

i - кількість спостережень, $i = 1 \dots n$.

Вибіркове середньоквадратичне відхилення

$$\bar{s} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}. \quad (3.9)$$

Коефіцієнт варіації розраховується за виразом

$$v = \frac{\bar{s}}{\bar{y}} 100 \%. \quad (3.10)$$

Методом розрахунку максимального відносного відхилення дослідних даних проводять відсів грубих похибок відповідно виразу

$$\frac{|y_i - \bar{y}|}{\bar{s}} \leq \tau_{1-p}, \quad (3.11)$$

де τ_{1-p} - табличне значення статистики τ_l , розрахованою за довірчою ймовірністю $q = 1-p$.

На наступному етапі обробки результатів експериментальних досліджень розраховують функцію відгуку

$$y = f(x_1; x_2; x_3), \quad (3.12)$$

де y - критерій оптимізації (функція відгуку);

$(x_1; x_2; x_3)$ - незалежні змінні (фактори).

Для перевірки тісноти зв'язку між величинами проводять кореляційний аналіз, в результаті якого визначають коефіцієнти тісноти зв'язку між функцією відгуку і фактором [28, 29, 30]

$$r_{yx_j} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{ij} y_i) - \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij} \sum_{i=1}^n y_i}{n}}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^n x_{ij}^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_{ij} \right)^2}{n} \right) \left(\sum_{i=1}^n y_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n y_i \right)^2}{n} \right)}}, \quad (3.13)$$

де x_j - фактори ($j = 1 \dots 3$).

Коефіцієнт, що показує парну тісноту зв'язку між факторами x_j розраховують за формулою

$$r_{x_k x_j} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_{ij} x_{ik}) - \frac{\sum_{i=1}^n x_{ij} \sum_{i=1}^n x_{ik}}{n}}{\sqrt{\left(\sum_{i=1}^n x_{ij}^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_{ij} \right)^2}{n} \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^n x_{ik}^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n x_{ik} \right)^2}{n} \right)}}}. \quad (3.14)$$

Для визначення впливу факторів на відгук був обраний поліном вигляду [31, 32]

$$y = b_0 + \sum_{j=1}^3 b_j x_j + \sum_{j=1}^3 b_{jj} x_j^2 + \sum_{\substack{j,k=1 \\ j \neq k}}^3 b_{jk} x_j x_k. \quad (3.15)$$

Коефіцієнти даного полінома визначають за методом найменших квадратів у середовищі Matcad.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Реалізація вимог нормативних документів з охорони праці при збиранні зернових

1. Закон України «Про охорону праці»;
2. Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про охорону праці». – Введ. 17.12.2002.
3. Законодательство Украины об охране труда. Сборник нормативных документов. Т.1-4. – К.: Основа, 1995.
4. Державний реєстр міжгалузевих і галузевих нормативних актів про охорону праці (Реєстр ДНАОП). – К.: Основа, 1995. - 234 с.
5. НПАОП 01.1-1.01-00 «Правила охорони праці у с.-г. виробництві»;
6. НПАОП 01.41-1.01-01 «Правила охорони праці під час технічного обслуговування та ремонту машин і обладнання сільськогосподарського виробництва»;
7. НАПБ А.01.001-04 «Правила пожежної безпеки в Україні»;
8. НПАОП 0.00-1.03-02 «Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів»;
9. ГОСТ 12.2.003-91 «Обладнання виробниче. Загальні вимоги безпеки»;
- 10.ГОСТ 12.2.061-81 «Устаткування виробниче. Загальні вимоги безпеки до робочих місць»;
- 11.ГОСТ 12.3.002-75 «Процеси виробничі. Загальні вимоги безпеки»;
- 12.НПАОП 0.03-1.07-73 «Санітарні правила організації технологічних процесів та гігієнічні вимоги до виробничого обладнання №1042-73» тощо;
- 13.НАОП 1.8.10-4.01-80 Єдина система організації робіт з охорони праці,
[26, 27]

4.2 Постановка завдання щодо досліджень з питань охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях на підприємстві

Сучасний розвиток аграрного виробництва змінює характер і склад праці, вимагає рішучих дій по покращенню її умов, профілактики професійних захворювань працівників сільського господарства. Стабільна тенденція росту техногенного ризику для життя і здоров'я людей висуває на перший план проблему удосконалення системи організації і управління охороною праці.

Під час виробництва у господарстві на працівників діють небезпечні і шкідливі виробничі фактори, властиві всім видам виробництва, зокрема і процесом виробництва соняшника. Технологічні процеси вирощування, збирання та первісної обробки соняшнику повинні відповідати типовим технологіям, затвердженим власником. При розробці нових технологій у господарстві вирощування, збирання та первинної обробки соняшнику безпека працівників повинна забезпечуватися вимогами, а також через: - усунення прямого контакту працівників із протруєним насінням під час завантаження у транспортні засоби. Доставки на поле, завантаження сівалок і саджалок; - забезпечення трактористу – машиністу з кабіни оглядовості робочих органів зачіпних сільськогосподарських машин; - застосування сільськогосподарських машин з автоматичним приєднанням до енергетичних засобів; - передбачення візуальної та звукової сигналізації, які б забезпечували узгоджені та безпечні дії спільно працюючих агрегатів та машин.

Вимоги безпеки перед початком роботи:

1. Перед початком роботи перевірити наявність та комплекцію аптечки першої медичної допомоги.
2. Отримати від керівника ділянки завдання на маршрут руху агрегату, вивчити рельєф ділянки та місце поворотів та переїздів.
3. Необхідно оглянути трактор комбайн чи будь яку

сільськогосподарську машину, переконатись у його справності і тільки тоді приступати до пуску двигуна.

4. Для полегшення запуску двигуна в зимовий період в системі охолодження слід використовувати рідини з низькою температурою замерзання (антифриз).

5. Забороняється пускати двигун без води в системі охолодження.

6. Забороняється заводити перегрітий двигун, щоб уникнути зворотного удару від передчасного спалаху (внаслідок самозаймання робочої суміші).

7. Рушаючи з місця, при повороті і зупинці машини, машиніст (тракторист) повинен дати попереджувальні сигнали робітникам, які перебувають на причіпних машинах.

8. Не передавати управління посівним агрегатом особам, які не закріплені за ним.

Вимоги безпеки по закінченню роботи

1. Перед зупинкою двигуна необхідно дати йому попрацювати протягом 5 хвилин без навантаження при середній і малій частоті обертання колінчастого вала, потім зупинити двигун, виключити подачу палива.

2. Закінчивши роботу, необхідно провести контрольний огляд трактора та потрібні операції по його технічному обслуговуванню, виключити і замкнути пускові пристрої. При цьому має бути виключена можливість пуску машини сторонніми особами.

3. В зимову пору року необхідно злити воду, мастило перелити у чисту тару і щільно закрити пробками.

4. По закінченні роботи машиніст трактора повинен зняти спецодяг, очистити його від пилу та іншого бруду і повісити у відведене для зберігання місце. Потім вимити обличчя і руки теплою водою з милом або прийняти душ.

5. Про всі несправності, виявлені при огляді або при роботі трактора, машиніст трактора (тракторист) повинен повідомити механіка або змінника.

Вимоги безпеки при аварійних ситуаціях:

1. Щоб уникнути опіків, забороняється знімати шланги з патрубків радіатора опалювача при працюючому двигуні.
2. При виникненні пожежі викликати пожежну охорону, сповістити керівника робіт і поводитись відповідно до Інструкції з пожежної безпеки.
3. При виявленні обриву електропроводів, пошкодження їхньої ізоляції не доторкайтесь до них. Повідомити про це керівника робіт і електротехнічного працівника. Вживайте заходів, щоб під напругу не потрапили люди або тварини.
4. Забороняється їхати впоперек крутих схилів (вище 15°), щоб не перекинувся трактор; через канави, горби та інші перешкоди необхідно переїжджати на малій швидкості, не допускаючи різких нахилів трактора.
5. При нещасних випадках машиніст трактора (тракторист) повинен вміти надати потерпілому першу медичну допомогу, при невідкладних випадках викликати швидку медичну допомогу.
6. Випадково пролитий бензин зібрати за допомогою тирси або піску і знешкодьте. Ні в якому разі не застосовуйте металеві засоби (лопату, совок тощо), що можуть внаслідок тертя з іншими предметами викликати іскру.
7. Якщо етилований бензин потрапив на відкриті частини тіла (обличчя, руки тощо), негайно не втираючи видаліть його за допомогою ганчірки, змоченої в гасі, потім вимийте тіло мильним розчином. При попаданні етилоvanого бензину в очі промийте їх водою і негайно зверніться до лікаря.
8. При потраплянні етилоvanого бензину в шлунок через рот, звільніть шлунок шляхом викликання блювання, випивши якомога більше теплої води. Після цього негайно зверніться до лікаря.

Вимоги до збирання соняшнику у господарстві

Перед початком збиральних робіт власниками або інженером з охорони праці повинні бути проведені наступні організаційні заходи:

- закінчена підготовка збирально-тракторних агрегатів; закріплена техніка за працівниками;

- організовані ланки технічного обслуговування машин;
- на відведених ділянках обладнані польові стани і місця для відпочинку працівників, майданчики для зберігання техніки і пально-мастильних матеріалів;
- підготовлені поля і перевірено провисання проводів ліній електропередач;
- проведений інструктаж з питань охорони праці та пожежної безпеки.

Під час збирання соняшнику необхідно дотримуватися правил пожежної безпеки. Персонал, який обслуговує збиральні агрегати, потрібно комплектувати працівниками з урахуванням їхньої кваліфікації.

Під час проведення технічного обслуговування збиральних машин і транспортних агрегатів у темний час доби повинно бути забезпечено штучне освітлення майданчиків.

При виборі способу збирання соняшнику перевагу слід надавати технологіям, які мають вищу надійність і безпеку технологічного процесу.

Під час роботи в полі і руху по дорогах нікому, крім комбайнера, не дозволяється знаходитися на зернозбиральному комбайні.

Не дозволяється перебування людей у кузові автомашини або тракторного причепа при заповненні їх технологічним продуктом, а також при транспортуванні продуктів до місця складування.

Аналіз небезпечних факторів та ситуацій

Носіями небезпечних і шкідливих факторів на проектованому підприємстві є об'єкти, що формують трудовий процес і входять у нього: предмет праці, засоби праці (машини, будинки, інструменти), задіяні в технологічному процесі.

До характерних небезпечних факторів при виробництві відносяться:

- рухливі частини устаткування;
- підвищена запиленість робочої зони;
- підвищений рівень шуму та вібрації;

- недостатня освітленість робочої зони;
- пожежонебезпечні фактори (вибух, іскри, підвищений рівень вибухонебезпечного пилю);
- фізичні пере навантаження;
- нервово-психічні пере навантаження

На підприємстві для забезпечення пожежної безпеки, насамперед повинні бути вжиті всі заходи для запобігання виникнення пожеж, у помешканнях повинні бути вогнегасники [33]. На території повинні бути резервуари запасу води. Необхідно дотримувати пожежні розриви між спорудами. Розмір протипожежних розривів регламентується по СНиП 15-89-80.

Необхідно створити передбачені технічним регламентом і паспортними даними режимів роботи устаткування, регламентів його експлуатації, припустимих навантажень. Необхідно оснастити устаткування, обладнання, у яких можуть виникнути пожежонебезпечні умови, контроль-вимірною апаратура, термореле, які усувають або сигналізують про небезпечну ситуацію.

Дотримання режимів змащення відповідними мастилами виключає можливість збільшення температури тертьових поверхонь.

Машини повинні мати запобіжні пристрої для їх зупинки при перевантаженні [34].

Перелік небезпечних і шкідливих факторів приведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – План заходів, спрямованих на нормалізацію умов праці при обслуговуванні комбайнів у майстерні, на 2021 рік

Найменування заходів	Відповідальна особа	Термін виконання
ОРГАНІЗАЦІЙНІ		
1.1 Придбати необхідну нормативну й спеціальну літературу	Інженер з ОП	4 кв. 2021 р.
1.2 Контролювати проведення інструктажів з безпеки праці	Інженер з ОП	Регулярно
1.3 Провести навчання посадових осіб охороні праці	Інженер з ОП	2 кв. 2021 р.
1.4 Скласти комплект інструкцій по кожному робочому місцю	Завідуючий майстернею	3 кв. 2021 р.
1.5 Контролювати виконання працівниками вимог нормативних документів по охороні праці	Головний інженер, завідуючий майстернею	Регулярно відповідно до встановленої системи контролю
ТЕХНІЧНІ		
2.1 Встановити та привести до ладу перехідні містки, огороження тощо	Завідуючий майстернею	2 кв. 2021 р.
2.2 Встановити захисне заземлення, засоби блискавкозахисту та освітлення	Інженер-електрик	1 кв. 2021 р.
2.3 Забезпечення тваринницьких приміщень засобами пожежогасіння	Інженер з ОП	1 кв. 2021 р.
2.4. Спроектувати та обладнати систему вентиляції приміщення	Головний інженер	4 кв. 2021 р.
САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧНІ		
3.1 Своєчасне складання заявок на придбання ЗІЗ	Завідуючий майстернею	1 кв. 2021 р.
3.2 Забезпечити санітарно-побутове обслуговування тваринників	Завідуючий майстернею	3 кв. 2021 р.
3.3 Провести атестацію робочих місць по показникам безпеки	Комісія з проведення атестації	4 кв. 2021 р.
3.4 Слідкувати за станом спецодягу працівників	Керівники робіт	Постійно

4.3 Аналітично - розрахункова частина з питань охорони праці на виробництві

4.3.1 Розрахунок витяжної вентиляції обладнання майстерні.

Розрахунок.

Визначаємо кількість видаляемого повітря (повітряобмін):

$$W = K \frac{Q \cdot n}{C \cdot \gamma \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{п}})}; \quad (4.1)$$

де W – необхідний повітряобмін, м³/год.

Q – виділення в приміщенні тепла, ккал/год. $Q = 2500$.

C – теплоємність повітря, $C = 0,24$ ккал/кг;

$t_{\text{в}}$ та $t_{\text{п}}$ – температура видаляемого та приточного повітря, °С;

γ – густина повітря, кг/м³. $\gamma = 1,149$;

n – кількість обладнання, шт.;

K – коефіцієнт, що враховує тепловидалення від технологічного обладнання. $K = 0,8$.

$$W = 0,8 \cdot \frac{3 \cdot 2500}{0,24 \cdot 1,149 \cdot (42 - 29)} = 1073 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Визначаємо швидкість повітря

$$v = \frac{W}{3600 \cdot F}; \quad (4.2)$$

де F – площа перерізу каналу, м². $F = 0,04$.

$$v = \frac{1073}{3600 \cdot 0,04} = 7,45 \text{ м} / \text{год.}$$

Визначаємо продуктивність вентилятора

$$L_{\text{в}} = K_3 \cdot W; \quad (4.3)$$

де $L_{\text{в}}$ – продуктивність вентилятора, м³/год;

K_3 – коефіцієнт запасу, $K_3 = 1,3 \dots 2$.

$$L_{\text{в}} = 1073 \cdot 1,3 = 1395 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Втрати повітря на прямолінійних ділянках

$$H_{вп} = \frac{\psi_m \cdot l_m \cdot \gamma_n \cdot v^2}{2d_{тр}}; \quad (4.4)$$

де $H_{вп}$ – втрати на прямолінійних ділянках, Па;

ψ_T – коефіцієнт опору трубопроводу, $\psi_T = 0,02$;

γ_T – густина повітря при 42 °С, кг/м³, $\gamma_T = 1,12$;

$d_{тр}$ – еквівалентний діаметр трубопроводу, мм, $d_{тр} = 225$.

$$H_{вп} = \frac{0,02 \cdot 5 \cdot 1,12 \cdot 7,45^2}{2 \cdot 225} = 0,01 \text{ Па.}$$

Місцеві втрати

$$H_M = 0,5 \cdot \psi_M \cdot v^2 \cdot \gamma_n; \quad (4.5)$$

де H_M – місцеві втрати, Па;

ψ_M – коефіцієнт місцевих втрат, $\psi_M = 0,5 \dots 3$.

$$H_M = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 7,45^2 \cdot 1,12 = 16 \text{ Па.}$$

Сумарні витрати

$$H_{уч} = H_{пн} + H_M; \quad (4.6)$$

$$H_{уч} = 16 + 0,01 = 16,01 \text{ Па.}$$

Знаючи величину втрат, вибираємо вентилятор за номограмою.

Вентилятор № 4, $n = 915$ об/хв.

Електродвигун 4A71A643, $N = 0,37$ кВт, $n = 915$ об/хв.

4.3.2 Розрахунок загального штучного освітлення виробничого приміщення

Для забезпечення нормативного освітлення в приміщенні вибирається тип лампи ЛД 6Г-4.

Розраховуємо індекс приміщення:

$$i = S / H_p (L + B), \quad (4.7)$$

де S – площа приміщення, м².

$H_p = 1$ м - висота підвісу ліхтарів;

L і B – відповідно довжина та ширина приміщення, м;

$$i = 12 \cdot 6 / 1 (7+5) = 5,9$$

Кількість ламп розраховується таким чином:

$$N = E \cdot K_3 \cdot S \cdot Z / \Phi_l \cdot n \cdot m, \quad (4.8)$$

де E – освітленість, $E = 150$ лк;

K_3 – коефіцієнт запасу, $K_3 = 1,8$;

S – площа приміщення, $S = 72$ м²;

Z – коефіцієнт нерівномірності, $Z = 1,2$;

Φ_l – світловий потік, $\Phi_l = 3390$ лм;

n – коефіцієнт, що враховує індекс приміщення, $n = 0,6$;

m – коефіцієнт, що враховує затемнення іншими спорудами, $m = 4$.

$$N = 150 \cdot 1,8 \cdot 35 \cdot 1,2 / 3390 \cdot 0,6 \cdot 4 = 0,16$$

Приймаємо 1 лампу типу ЛД 6Г-4.

4.4 Заходи безпеки на виробництві

Підвищення ефективності робіт механізованої майстерні багато в чому залежить від правильної організації праці обслуговуючого персоналу. Робота персоналу має бути організована з урахуванням розпорядку дня, прийнятого в господарстві. Майстерня має бути закріплена за обслуговуючою ланкою, яка зобов'язана якісно і в строк виконувати усі операції при виробництві обслуговування комбайнів.

До робіт з машинами допускаються особи, що вивчили керівництво по експлуатації, що знають техніку безпеки, правила пожежної безпеки і що здали відповідний техмінімум 35.

До роботи на машинах і устаткуванні, вживаних для механізації трудомістких процесів в майстерні, особи молодше 16 років не допускаються.

У місцях розміщення машин, механізмів і устаткування обов'язково мають бути встановлені інструкції по їх безпечному обслуговуванню.

Експлуатація машин на оборотах вище вказаних в паспорті забороняється. При монтажі машин і устаткування слід застосовувати необхідні заходи і пристрої, що забезпечують максимальне зниження виробничих шумів і вібрації. Карданні, ланцюгові, зубчасті і ремінні передачі, сполучні муфти машин і устаткування мають бути надійно захищені відкидними і легкознімними кришками-обгороджуваннями.

При огляді, ремонті і інших роботах, пов'язаних з технічним обслуговуванням, машину необхідно зупинити, а приводний пас зняти.

Робітник повинен виконувати тільки ту роботу, яку йому доручають. При роботі треба бути уважним, не відволікатися за сторонніми справами і розмовами і не відволікати інших.

При проведенні робіт по технічному обслуговуванню повітряпроводів слід користуватися справним інструментом, пристосуваннями і засобами індивідуального захисту. При заміні ділянок повітряпроводів, що зносилися, забороняється проводити зварювальні роботи, якщо повітряпровод знаходиться під тиском. При згинанні труб з нагрівом необхідно обслуговуючому персоналу мати захисні окуляри і рукавиці. При охолодженні нагрітих труб водою треба користуватися ковшами з подовженою ручкою. Забороняється використання повітряпроводів для кріплення тросів, тяги та ін.

Транспортери. Забороняється допускати до роботи сторонніх осіб. Забороняється пуск транспортера за відсутності заземлення електродвигуна і пускової апаратури. Забороняється робота транспортера зі зношеними і поламаними деталями. При огляді внутрішньої порожнини гвинта транспортера слід користуватися переносною електричною лампою з напругою не більш 36В. Гвинт в кожусі транспортера повинен встановлюватися проміжок не менше 10 мм від стінок, щоб він не зачіпав за дно і стінки і працював без невластивих йому шуму і стуку. Ремонт дозволяється проводити тільки при вимкненому рубильнику і знятих запобіжниках ввідного щита.

Для покращення умов праці, приведення у відповідність технічного стану робочих місць та нормалізації параметрів виробничого середовища складається план заходів. Він повинен бути комплексним, всебічним та реальним, а хід його виконання повинен постійно підлягати контролю з боку посадових осіб підприємства.

Розробка заходів ведеться за трьома напрямками: організаційним, технічним, санітарно-гігієнічним, для кожного з яких визначаються відповідальні за це особи та прогнозується очікувана соціальна ефективність від їх запровадження. За результатами виявлених у підрозділі недоліків складемо перелік заходів, спрямованих на їх усунення чи мінімізацію їх наслідків та впливу на працівників.

4.5 Графічна частина до розділу

У графічній частині наведено логіко – імітаційну модель виникнення травмонебезпечних ситуацій при використанні комбайна на збиранні соняшнику.

4.6 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Може бути різний характер походження подій, що можуть зумовити виникнення надзвичайних ситуацій на території підприємства, вони бувають:

1) Надзвичайні ситуації природного характеру: метеорологічні, явища, деградація ґрунтів, природні пожежі, інфекційна захворюваність людей, сільськогосподарських тварин, масове ураження сільськогосподарських рослин хворобами чи шкідниками.

2) Надзвичайні ситуації техногенного характеру: транспортні аварії (катастрофи), пожежі неспровоковані вибухи чи їх загроза, аварії чи загроза викидом небезпечних хімічних, тощо;

Надзвичайних ситуації техногенного характеру які можуть трапитись на підприємстві: Пожежо- і вибухонебезпечні об'єкти.

На базі підприємства існує пункт заправлення сільськогосподарських машин. Тому при заправці трактора, комбайна паливом і маслом не можна допускати розливання цих речовин, це спричиняє забруднення ними навколишнього простору і у ході контакту з вогнем при необачності працівників може трапитись загорання чи вибух. Причинами виникнення пожеж на території підприємства також може бути через недбалу поведінка людей з вогнем, порушення правил пожежної безпеки.

До хімічних небезпек належать склади і бази із запасами отрутохімікатів для сільського господарства. При роботі з отрутохімікатами існує можливість виникнення таких аварій: - наявне витікання (викид) значної кількості пестицидів з шлангу при заправленні оприскувача; - заповнення резервуарів для зберігання понад норму, при помилках в роботі персоналу і вихід з ладу систем безпеки, що контролюють рівень; - пошкодження ємкостей для їх зберігання та пошкодження ємкостей при їх перевозі. В господарстві є розроблені плани ліквідації аварій та рятувальних невідкладних робіт при надзвичайних ситуаціях. Ці плани повинні вводитись в дію відразу після отримання сигналу про надзвичайну ситуацію. Дуже важливим є оперативність і швидкість реагування на надзвичайні ситуації, тому що при запізненні значно зростають розміри втрат. При виникненні пожежі на підприємстві всі працівники зобов'язані суворо виконувати вимоги Інструкції з пожежної безпеки, евакуацію проводити згідно Плану евакуації.

Відповідальність за дотриманням заходів пожежної безпеки та організацію дій персоналу при загрозі або виникненні пожежі покладається на відповідального. У період виконання заходів по захисту від надзвичайних ситуацій або при ліквідації їх наслідків необхідно вживати заходи які спрямовані на попередження або зменшення можливих збитків підприємству від надзвичайних ситуацій, на забезпечення охорони майна та обладнання.

При виникненні катастрофічних стихійних лих працівник підприємства по розпорядженню адміністрації повинен зупинити виробництво, виконати необхідні протипожежні заходи, відключити від електромережі

електрообладнання, підготуватися до евакуації або вивезення у безпечні місця найбільш цінних матеріальних засобів. Контроль за обстановкою на території підприємства при стихійних лихах і за прийняті заходи захисту персоналу покладається відповідального. Якщо з'явилися постраждалі, надається до медична допомога та приймаються заходи щодо госпіталізації постраждалих до спеціалізованих медичних закладів. Отже у господарстві працівники дотримуються всіх правил з охорони праці, гарно слідкують за технікою та за своїм зовнішнім станом. Зазвичай у господарстві користуються наступними нормами:

- У зв'язку з законом “Про пожежну безпеку в Україні”, ССБГ. ГОСТ 12.1.053-81 необхідно передбачити на території підприємства декілька пожежних постів з усіма необхідними засобами пожежотушіння та зберігати їх в постійній готовності.
- Забороняється розпалювати вогнище на території підприємства.
- Забороняється палити в приміщеннях виробничого корпусу, у тому числі в компресорній та в складських приміщеннях. Палити дозволяється у спеціально відведених місцях.
- Забороняється оставляти без нагляду діюче устаткування, обладнання, прибори та апарати. Перед пуском машини необхідно перевірити справність заземлення.
- Необхідно додержуватися правил пожежної безпеки при зберіганні аміаку в балонах. Температура повітря в приміщеннях для зберігання заповнених балонів не повинна перевищувати +35 °С.
- У випадку виникнення пожежі необхідно терміново сповістити в пожежну охорону та приступити до гасіння пожежі.
- При збільшеній ГДК пилу можливий вибух від відкритого джерела тепла. Слід регулярно перевіряти повітроводи та інше технологічне обладнання від надмірного забруднення пилом.

- При виникненні вибуху необхідно у короткочасний термін сповістити пожежну службу, а також приступити до тушіння вимкненої пожежі користуючись правилами тушіння пожежі. Працівник зобов'язаний надати першу медичну допомогу постраждавшим робітникам, використовуючи аптечку першої медичної допомоги, а також усі підручні матеріали.

Висновки до розділу

У результаті аналізу виконання робіт на приватному підприємстві імені Суворова Великобілозерського району Запорізької області були виявлені потенційні небезпеки та шкідливості при роботі з устаткуванням.

На підставі виявлених небезпечних та шкідливих факторів запропоновано заходи, які мають на меті зменшити ймовірність виникнення травмонебезпечних ситуацій при виконанні основних операцій заготівлі кормів, які можуть спричинити матеріальні втрати та травмувати працівників.

Присвячено увагу питанням безпеки у надзвичайних ситуаціях.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВИКОРИСТАННЯ РЕШЕТА З РЕГУЛЬОВАНИМИ ОТВОРАМИ

Розроблене решето з регульованими отворами, встановлене під нижнім жалюзійним решетом, здатне виробляти очищення вороху соняшнику з більш високою якістю в порівнянні з базовим решітним станом.

Для розрахунку економічної ефективності застосування решета з регульованими отворами був проведений порівняльний аналіз двох технологій збирання соняшника:

1) комбайном СК-5-М1 «Нива» серійного зразка з ВРО, оснащеної двома решітний стан з жалюзійними решетами, з подальшим транспортуванням зібраного врожаю на операцію доочистки на стаціонарному пункті за допомогою зерноочисної машини ЗАВ-40;

2) комбайном СК-5-М1 «Нива» з ПРО, оснащеним двома решітними станами із жалюзійними решетами і решетом з регульованими отворами, без транспортування на операцію доочистки на стаціонарному пункті.

Річну економію загальної суми витрат визначають за формулою

$$E_{OZ} = (C_{cb} - C_{СПР}) Q, \text{ грн.} \quad (5.1)$$

де C_{cb} - собівартість 1 ц продукції, отриманої за базовою технологією, грн.;

$C_{СПР}$ - собівартість 1 ц продукції, отриманої з проектованої технології, грн.;

Q - валовий збір соняшнику, ц.

При виключенні з базової технології операції доочистки вороху соняшника на стаціонарному пункті економічна ефективність підвищується за рахунок додаткового прибутку від зниження собівартості 1 ц продукції, отриманої з проектованої технології, а також за рахунок збільшення рівня рентабельності [36].

Прибуток від реалізації товарної продукції визначали за формулою

$$П = (Ц - C_{cb}) T_n, \text{ грн.}, \quad (5.2)$$

де C - ціна реалізації, грн.;

T_n - кількість товарної продукції, ц.

Крім додаткового прибутку розраховували рівень рентабельності по формулою

$$Y_p = \frac{\Pi}{C_{заг}} 100\%, \quad (5.3)$$

де $C_{заг}$ - загальні витрати на виробництво соняшнику, грн.

Вартість виготовлення конструкції решета з регульованими отворами розраховували за формулою

$$C_k = C_{zn} + C_m + C_{np}, \text{ грн.}, \quad (5.4)$$

де C_{zn} - фонд заробітної плати, грн.;

C_m - вартість матеріалів, грн.;

C_{np} - приведені витрати, грн.

Годинну експлуатаційну продуктивність комбайна на збиранні соняшнику розраховували за виразом

$$W_u = 0,1 B_p v_p \tau, \text{ га}, \quad (5.5)$$

де B_p - робоча ширина захвату жатки комбайна, м;

v_p - робоча швидкість руху комбайна, км/год;

τ - коефіцієнт використання часу зміни.

Технологічний процес очистки вороху соняшнику не впливає на зміну продуктивності комбайна.

Витрати праці на одиницю роботи визначали за формулою

$$Z_\tau = \frac{n_m - n_d}{W_2}, \text{ люд.-год}, \quad (5.6)$$

де n_m - кількість комбайнерів, люд.;

n_d - число допоміжних робітників, чол. Витрати праці на очистку 1 т вороху соняшнику базовим комбайном такі ж, як і проєктованим.

Питома витрата енергоресурсів (дизельне паливо) розраховували за

виразом:

$$E_{num} = \frac{Nq_{num}k_{\Delta}}{W_2} \quad (5.7)$$

де N - потужність двигуна комбайна, кВт;

q_{num} - питома витрата палива, 0,24 ... 0,25 кг / кВт · год;

k_{Δ} - коефіцієнт, що враховує ступінь використання двигуна по потужності і часу.

Розрахунок собівартості одиниці роботи розраховуємо за виразом

$$C = C_3 + C_a + C_p + C_{ПММ} + C_n, \text{ грн./т}, \quad (5.8)$$

де C_3 - заробітна плата обслуговуючого персоналу, грн./т;

C_a - амортизаційні відрахування, грн./т;

C_p - витрати на ремонт і ТО, грн./т;

$C_{ПММ}$ - витрати на ПММ, грн./т;

C_n - накладні витрати, грн./т.

Амортизаційні відрахування визначали як суму всіх складових зернозбирального комбайна

$$C_a = \frac{1}{100W_{\text{ч}}} \left(\frac{B_{\text{комб}} a_{\text{комб}}}{T_{\text{комб}}} + \frac{B_{\text{реш}} a_{\text{реш}}}{T_{\text{реш}}} \right), \text{ грн./т}, \quad (5.9)$$

де $B_{\text{комб}}$, $B_{\text{реш}}$ - капітальні вкладення, відповідно на оснащення комбайна і виготовлення решета з регульованими отворами, грн.;

$a_{\text{комб}}$, $a_{\text{реш}}$ - норма амортизаційних відрахувань відповідно на комбайн і решето з регульованими отворами, %;

$T_{\text{комб}}$, $T_{\text{реш}}$ - річне завантаження, відповідно комбайна і решета з регульованими отворами, год.

Заробітну плату обслуговуючого персоналу розраховували за формулою

$$C_3 = \frac{C_2 \cdot \chi \cdot K_3}{W_2}, \text{ грн./т,} \quad (5.9)$$

де C_2 - годинна тарифна ставка, грн.;

χ - кількість працівників, які обслуговують комбайн, чол.;

K_3 - коефіцієнт, що враховує різні види доплат і нарахувань.

Витрати на паливно - мастильні матеріали

$$C_{ПММ} = E \cdot \zeta_m \cdot K_{ПММ}, \text{ грн./т,} \quad (5.10)$$

де ζ_T - ціна 1 кг палива, грн.;

$K_{ПММ}$ - коефіцієнт, що враховує витрати на мастильні матеріали.

Витрати електроенергії на привод зерноочисних агрегатів обчислювали за виразом

$$P_{ел} = N_{ел} \cdot n \cdot 7, \text{ кВт} \cdot \text{год,} \quad (5.11)$$

де $N_{ел}$ - потужність електродвигунів зерноочисного комплексу ЗАВ-40, використововуваного при доочищення вороху соняшнику, кВт · год;

n - кількість електродвигунів в зерноочисному комплексі ЗАВ-40.

Річна економія експлуатаційних витрат розраховується як

$$E_p = (C_{\delta} - C_{пр}) \cdot Q. \quad (5.12)$$

Результати розрахунку наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Техніко-економічні показники пропонованого обладнання з регульованими отворами

Найменування показників	Збирання комбайном СК-5М1 «Нива» серійного виробництва (Базовий варіант)	Збирання комбайном СК-5М1 «Нива» з регульованими отворами (проектвана)
Урожайність, ц/га	11	11
Площа досліджень (планова), га	800	800
Ширина захвату жатки, м	5	5
Годинна продуктивність, га/год	3,52	3,52
Рівень рентабельності, %	19,3	20,7
Строк окупності, років	-	0,097
Сорність, %	6,3	2,3
Вологість бункерного вороху, %	13,2	9,1

Висновки по розділу

Виходячи з проведеного економічного аналізу було виявлено покращення показників якості очищення вороху соняшнику при не змінній продуктивності, а саме за попередніми розрахунками засміченість вихідної сировини буде знижена з 6,3% до 2,3%, що в свою чергу призведе до збільшення рівня рентабельності та зниження вологості вихідної сировини.

Термін окупності даного обладнання складе 0,097 років.

ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз ситуації зі збиранням соняшника виявив низку недоліків існуючих конструктивних рішень. Було визначено актуальний напрямок вирішення встановленої задачі покращення якості очищення вороху соняшника.

2. Розроблено конструктивно-технологічну схему повітряно – решітного очисника вороху соняшника, яка виключає основні недоліки попередників, а саме дозволяє варіювати площу отвору решета.

3. Отримано математичну модель, відповідно до основних показників запропонованого решета, таких як коефіцієнт зміщення отворів.

4. Розроблено програму і методику експериментальних досліджень повітряно-решітного очисника з представленням методики визначення похибок вимірювань.

5. Проведено ретельний аналіз показників охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях на підприємстві. Приведені рішення по уникненню виявлених недоліків. Розроблено логіко-імітаційна модель виникнення травмонебезпечних ситуацій при використанні комбайна на збиранні соняшника.

18.01.21

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Річні звіти приватного підприємства імені Суворова Великобілозерського району Запорізької області

2 Tuscano 480/470, Tuscano 450/440/430, TUCANO 430 Montana 4, Tuscano 340/330/320 // Руководство по эксплуатации CIAAS. 868 с.

3 Бурмистрова, М. Ф. Физико-механические свойства сельскохозяйственных растений / М. Ф. Бурмистрова. – М. : ГИСХЛ, 1956. – С. 89–106, 131–144, 310–341.

4 Милько Д.А. Совершенствование конструктивно – технологической схемы оборудования для заготовки растительного сырья во временных полимерных хранилищах / Д.А. Милько // Сборник научных статей по материалам VIII Международной агропромышленной выставки «Агроуниверсал-2013» / ФГБОУ ВПО СГАУ. – Ставрополь, 2013. – С. 39 – 43.

5 Исоев, У. Б. Совершенствование технологии воздушно-решётной очистки зерноуборочного комбайна СК-5 «Нива» путём улучшения приводного механизма : дис. ... канд. техн. наук : защищена 24.05.06 / У. Б. Исоев. – Саратов, 2006. – С. 143.

6 Трубилин, Е. И. Машины для уборки сельскохозяйственных культур / Е. И. Трубилин, В. А. Абликов ; КубГАУ. – Краснодар, 2010. – 325 с.

7 Решето. Пат. 2113104(13) Российская Федерация, МПК А01F12/44. / Горлов В. А. – № 94011040/13 ; заявл. 30.03.1994 ; опубл. 20.06.1998, Бюл. № 16. – 2 с

8 Перспективная техника для АПК (по материалам Первой Международной специализированной выставки сельхозтехники «Агросалон») : науч. аналит. обзор. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 360 с.

9 Труфляк, Е. В. Современные зерноуборочные комбайны : учеб. пособие / Е. В. Труфляк, Е. И. Трубилин ; КубГАУ. – Краснодар, 2013. – 320 с.

10 SAMPO Rosenlew SR2010. Селекционный комбайн. Инструкция по эксплуатации SAMPO Rosenlew Ltd P.O. Box 50 FIN-28101 PORI. 82 с.

11 Алферов, С. А. Воздушно-решетные очистки зерноуборочных комбайнов / С. А. Алфёров. – М. : Агропромиздат, 1987. – 158 с.

12 Пат. 2368124 Российская Федерация, МПК А01F12/44, В07В1/28. Регулируемое решето Буркова Л. Н. / Бурков Л. Н. – № 2008140579/12 ; заявл. 13.10.2008 ; опубл. 27.09.2009, Бюл. № 27. – 8 с.

13 Василенко, П. М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П. М. Василенко. – Киев : Изд-во Украинской академии с.-х. наук, 1960. – 275 с. : ил.

14 Ямпиров, С. С. Технологии и технические средства для очистки зерна с использованием сил гравитации / С. С. Ямпиров, Ж. Б. Цыбенков. – Улан-Удэ : ВСГТУ, 2006. – 84 с. : ил.

15 Чернышов, А. В. Совершенствование процесса фракционирования зернового вороха на решетном стане зерноочистительных машин : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Чернышов Алексей Викторович ; ФГБОУ ВПО «ВГАУ им. императора Петра I». – Воронеж, 2011. – 20 с.

16 Ямпиров, С. С. Технологии и технические средства для очистки зерна с использованием сил гравитации / С. С. Ямпиров, Ж. Б. Цыбенков. – Улан-Удэ : ВСГТУ, 2006. – 84 с. : ил.

17 Муратов, Д. К. Интенсификация процесса сепарации мелкого зернового вороха в воздушно-решётной очистке зерноуборочного комбайна: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Муратов Денис Константинович ; ФГБОУ ВПО ДГТУ. – Ростов-н/Д, 2012. – 20 с.

18 Бахвалов, Н. С. Численные методы в задачах и упражнениях / Н. С. Бахвалов, А. В. Лапин, Е. В. Чижонков. – М. : Высш. шк., 2000. – 190 с. : ил.

19 Бахвалов, Н. С. Численные методы : учеб. пособие для вузов / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков. – М. : Наука, 1987. – 598 с : ил.

20 Альбом-справочник по производственной эксплуатации машиннотракторного парка / Сост. : С. В. Старцев, А. С. Старцев, Д. Г. Горбань ; ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2011. – 322 с.

21 Морозов, В. К. Агробиологические основы возделывания подсолнечника на Юго-Востоке СССР / В. К. Морозов. – Саратов : Сарат. кн. изд-во, 1953. – С. 73–77, 195–197, 214.

22 Морозов, В. К. Подсолнечник в засушливой зоне / В. К. Морозов. – Саратов : Приволж. кн. изд-во, 1967. – 185 с.

23 Рекомендации по индустриальной технологии возделывания подсолнечника / ВАСХНИЛ. – М., 1982. – 48 с.

24 Деденко, Л. Г. Математическая обработка и оформление результатов эксперимента / Л. Г. Деденко, Р. В. Керженцев. – М. : Изд-во Моск. ун-та, 1977. – 108 с.

25 Доспехов, Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М. : Колос, 1973. – 421 с.

26 Демидович, Б. П. Основы вычислительной математики / Б. П. Демидович, И. А. Марон. – М. : Наука, 1966. – 664 с.

27 Маркова, Е. В. Планирование эксперимента в условиях неоднородностей / Е. В. Маркова, А. Н. Лисенков. – М. : Наука, 1973. – 230 с.

28 Литтл, Т. М. Сельскохозяйственное опытное дело. Планирование и анализ / Т. М. Литтл, Ф. Д. Хиллз ; пер. с англ. Б. Ф. Кирюшина ; под ред. и с предисл. Д. В. Васильевой. – М. : Колос, 1981. – 320 с.

29 Мельников, С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешин, П. М. Роцин. – Л. : Колос, Ленинград. отд-ние, 1980. – 263 с.

30 Маркова, Е. В. Планирование эксперимента в условиях неоднородностей / Е. В. Маркова, А. Н. Лисенков. – М. : Наука, 1973. – 230 с.

- 31 Цивин, М. Н. Многофакторный эксперимент : графическая интерпретация данных / М. Н. Цивин ; ИГиМ. – Киев, 2002. – 120 с.
- 32 Шеффе, Г. Дисперсионный анализ / Г. Шеффе ; пер. с англ. Б. А. Севастьянова и В. П. Чистяковой. – М. : Наука, 1980. – 512 с. : ил.
- 33 Рогач Ю. П. Пожежна безпека: Навчальний посібник / Ю. П. Рогач. – Сімферополь: Таврія Плюс, 2001. – 124с.
- 34 Жидецкий, В.Ц. Основы охраны труда. / В.Ц. Жидецкий, В.С. Джигирей, А.В. Мельников. – Львов: 2000. 155-185 с. 36.
- 35 Бадагуев, Б.Т. Охрана труда в сельском хозяйстве / Б.Т. Бадагуев. - М. : Альфа-Пресс, 2010. - 424 с.
- 36 Методика экономической оценки сельскохозяйственной техники / Н. С. Власов [и др.]. – М. : Колос, 1986. – 223 с.