

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ МЕДИЦИНИ
ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ
ІМЕНІ ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

(ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ)

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: «ПОЛІПШЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПІСЛЯЖНИВНОЇ
ОБРОБКИ ЗЕРНА В ДОСЛІДНОМУ ГОСПОДАРСТВІ "РАДЕХІВСЬКЕ"
ЧЕРВОНОГРАДСЬКОГО РАЙОНУ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ ІЗ
ВДОСКОНАЛЕННЯМ ПРИВОДА ЗАВАНТАЖУВАЛЬНОГО ЕЛЕВАТОРА
МАШИНИ СМ-4»

Виконав: студент IV курсу групи Аін-42зСП

Спеціальності 208 «Агроінженерія»

(шифр і назва)

Бурдяк Назар Ігорович

(прізвище, ім'я та по-батькові)

Керівник: Шарибура Андрій Остапович

(прізвище, ім'я та по-батькові)

ДУБЛЯНИ 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ МЕДИЦИНИ
ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ
ІМЕНІ ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри _____
(підпис)

к.т.н., доцент Андрій ШАРИБУРА
“ _____ ” _____ 2026 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу (дипломний проєкт)
студенту
Бурдяку Назару Ігоровичу

1. Тема проєкту: «Поліпшення технологічного процесу післяжнивної обробки зерна в Дослідному господарстві "Радехівське" Червоноградського району Львівської області із вдосконаленням привода завантажувального елеватора машини СМ-4»

Керівник проєкту: Шарибура Андрій Остапович, к.т.н., доцент
Затверджена наказом по університету від 14.01.2026 року № 32-4

2. Строк подання студентом роботи 06.06.2026 р.

3. Вихідні дані: основні показники виробничо діяльності підприємства; типова технологія і устаткування для післяжнивної обробки зерна; існуючі конструкції машин для післяжнивної обробки зерна; методика обґрунтування параметрів конструкції; методика вартісного оцінення експлуатаційних витрат на виконання технологічної операції.

4. Перелік питань, які необхідно розробити:

- 4.1 Характеристика і аналіз діяльності господарства.
- 4.2 Проектування технологічного процесу після жнивної обробки зерна.
- 4.3 Удосконалення привода завантажувального елеватора машини СМ-4.
- 4.4 Охорона праці та захист навколишнього середовища.
- 4.5 Економічна ефективність.

5. Перелік ілюстративного матеріалу: 6 – 10 слайд за основними результатами роботи.

6. Консультанти розділів

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1, 2, 3, 5	<i>Андрій Шарибура, к.т.н., доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу імені професора Олександра Семковича</i>		
4	<i>Іван Городецький, к.т.н., доцент кафедри інженерної механіки</i>		

7. Дата видачі завдання: 14.01.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Пор. №	Назва етапів кваліфікаційної роботи (дипломного проекту)	Строк виконання етапів	Відмітка про виконання
1	<i>Написання розділу: «Характеристика і аналіз діяльності господарства»</i>	<i>14.01.26-20.03.26</i>	
2	<i>Виконання другого розділу: «Проектування технологічного процесу після жнивної обробки зерна»</i>	<i>21.03.26-20.04.26</i>	
3	<i>Виконання третього розділу: «Удосконалення привода завантажувального елеватора машини СМ-4»</i>	<i>21.04.26-21.05.26</i>	
4	<i>Написання розділу: «Охорона праці та захист навколишнього середовища»</i>	<i>22.05.26-25.05.26</i>	
5	<i>Виконання розділу: «Розрахунок показників економічної ефективності»</i>	<i>26.05.26-30.05.26</i>	
6	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки. Завершення роботи в цілому</i>	<i>1.06.26-6.06.26</i>	

Студент _____ Назар БУРДЯК
(підпис)

Керівник проекту _____ Андрій ШАРИБУРА
(підпис)

УДК 658.51:631.3

Бурдяк Н.І. Поліпшення технологічного процесу післяжнивної обробки зерна в Дослідному господарстві "Радехівське" Червоноградського району Львівської області із вдосконаленням привода завантажувального елеватора машини СМ-4. Кваліфікаційна робота (дипломний проєкт). Дубляни: Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, 2026.

76 с. текст. част., 14 рис., 12 табл., 18 бібліогр. джерел.

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання підвищення ефективності післяжнивної обробки зерна в ДП «Дослідне господарство Радехівське» Червоноградського району Львівської області шляхом удосконалення привода завантажувального елеватора зерночисної машини СМ-4. Проведено аналіз виробничої діяльності господарства, його технічного забезпечення та умов виробництва.

Досліджено технологію післяжнивної обробки зерна, виконано проектування технологічного процесу та обґрунтовано шляхи підвищення ефективності роботи зерночисної машини. Запропоновано встановлення незалежного привода завантажувального елеватора, виконано необхідні розрахунки та підбір основних елементів привода.

У роботі розроблено заходи з охорони праці та захисту навколишнього середовища, а також проведено оцінку економічної ефективності запропонованого технічного рішення.

Впровадження удосконаленої конструкції дозволить підвищити продуктивність машини СМ-4, покращити якість очищення зерна та знизити експлуатаційні витрати.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1. ХАРАКТЕРИСТИКА І АНАЛІЗ ДІЯЛЬНОСТІ ГОСПОДАРСТВА.....	7
1.1. Загальна відомості про господарство	7
1.2. Аналіз виробничих потужностей господарства	8
1.3. Аналіз результатів виробничо-господарської діяльності	16
2. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОГО ОБРОБІТКУ ЗЕРНА	20
2.1. Огляд технології і обладнання для післязбирального обробітку зерна	20
2.2. Проектування технологічного процесу післяжнивної обробки зерна	29
2.3. Розрахунок кількості машин і визначення числа робітників	39
2.4. Розробка операційної карти робітників	42
3. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЗАВАНТАЖУВАЛЬНОГО ЕЛЕВАТОРА МАШИНИ СМ-4	48
3.1. Опис конструкції привода і обґрунтування потреби вдосконалення	48
3.2. Обґрунтування потреби вдосконалення і опис властивостей конструкції	56
3.3. Розрахунок кінематики привода	56
3.4. Розрахунок клинопасової передачі	59
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ...	63
4.1. Структурно-функціональний аналіз процесу збирання зернових культур	63
4.2. Розрахунок захисного заземлення під час роботи на машині СМ-4 ..	65
4.3. Захист навколишнього середовища	67
5. РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ	69
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	73
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	75

Вступ

Післязбиральна обробка зерна є завершальним етапом технологічного процесу його виробництва і включає очищення, сортування, сушіння, транспортування та підготовку до зберігання. Саме на цьому етапі формується товарна якість зерна, забезпечується збереження його технологічних, продовольчих і посівних властивостей. Порушення технології післязбиральної обробки або використання недостатньо ефективного обладнання призводить до збільшення втрат продукції, зниження її якості та погіршення економічних показників діяльності господарства.

У сучасних умовах розвитку аграрного виробництва особливої актуальності набуває питання підвищення продуктивності та надійності роботи зерноочисних машин. Значна частина технічного обладнання, що використовується на сільськогосподарських підприємствах, експлуатується протягом тривалого часу та потребує модернізації окремих вузлів і механізмів. Удосконалення конструкції технологічного обладнання дозволяє підвищити його продуктивність, зменшити енерговитрати, покращити якість очищення зерна та забезпечити стабільність роботи машин.

Державне підприємство «Дослідне господарство Радехівське» Червоноградського району Львівської області спеціалізується на виробництві продукції рослинництва і тваринництва, при цьому вагоме місце в структурі товарної продукції займає зернове виробництво. Для забезпечення ефективного функціонування зернового господарства на підприємстві використовуються машини для післязбиральної обробки зерна, серед яких важливе місце займає зерноочисна машина СМ-4. Разом з тим аналіз її роботи показав наявність окремих недоліків у конструкції привода завантажувального елеватора, що негативно впливають на продуктивність та надійність функціонування машини.

У зв'язку з цим актуальним є вдосконалення привода завантажувального елеватора машини СМ-4, що дозволить забезпечити більш повне використання її виробничих можливостей, підвищити ефективність післязбиральної обробки зерна та покращити техніко-економічні показники роботи підприємства.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА І АНАЛІЗ ДІЯЛЬНОСТІ ГОСПОДАРСТВА

1.1. Загальна відомості про господарство

Державне підприємство «Дослідне господарство Радехівське» розташоване на території Червоноградського району Львівської області. Відстань від господарства до обласного центру м. Львова становить 70 км, при цьому адміністративно воно знаходиться в межах – м. Радехів. До структури підприємства входять виробничі підрозділи, розташовані на території сіл Сабанівка, Тетевчиці, Йосипівка, Середпільці та Мукані. Вигідне транспортне розташування забезпечується проходженням через територію господарства магістральної автомобільної дороги державного значення Луцьк–Львів.

Природно-кліматичні умови території є сприятливими для ведення сільськогосподарського виробництва. Відповідно до даних місцевої метеорологічної станції, клімат характеризується як помірно-континентальний та достатньо вологий.

Початок весняного періоду пов'язаний зі стійким переходом середньодобової температури повітря через позначку 5°C, що зазвичай спостерігається наприкінці березня. У цей час відновлюються процеси вегетації більшості рослин. Подальше підвищення середньодобової температури до 10°C сприяє активному росту сільськогосподарських культур та знаменує настання літнього періоду.

Літо в даній місцевості є помірно теплим та характеризується достатнім зволоженням. Середньомісячна температура повітря у червні становить 25,9°C, у липні – +28,8°C, а в серпні – +27,6°C. Сума активних температур досягає 2300–2500° при тривалості теплого періоду 160–165 днів. Безморозний період триває в середньому 150–160 днів. За час, коли середньодобова температура перевищує +10°C, випадає 450–540 мм атмосферних опадів, тоді як річна їх кількість становить близько 684 мм. Таке поєднання тепла та вологи створює сприятливі умови для вирощування всіх сільськогосподарських культур, районованих для цієї природно-кліматичної зони.

Осінній період переважно характеризується теплою погодою та значною кількістю опадів. Його початок визначається переходом середньодобової температури повітря через межу 10°C у бік зниження. У цей час спостерігається поступове охолодження повітря та ґрунту, що впливає на завершення основних фізіологічних процесів у рослин.

Із настанням перших приморозків припиняється вегетація більшості сільськогосподарських культур. Початок зимового періоду пов'язують із переходом середньодобової температури через 0°C . Зими в даній місцевості здебільшого м'які. Середня температура повітря у грудні коливається від $1,2^{\circ}\text{C}$ до $3,5^{\circ}\text{C}$, у січні – від $3,8^{\circ}\text{C}$ до $6,6^{\circ}\text{C}$, а в лютому – від $-7,4^{\circ}\text{C}$ до $5,2^{\circ}\text{C}$. У зимовий період нерідко відбуваються відлиги, під час яких температура підвищується до $+1,1^{\circ}\text{C}$. Такі явища негативно впливають на стан озимих культур, оскільки можуть спричинити їх вимокання та вимерзання. Поява снігового покриву часто спостерігається вже в першій половині жовтня. Його товщина залежно від погодних умов може змінюватися від 1 см до 50 см і більше.

Загалом кліматичні умови території господарства є сприятливими для вирощування всього комплексу сільськогосподарських культур, рекомендованих для даної природно-кліматичної зони.

1.2. Аналіз виробничих потужностей господарства

Земельні ресурси господарства включають землі сільськогосподарського призначення та інші категорії земель. Формування структури угідь і впровадження сівозмін здійснювалися з урахуванням природно-кліматичних особливостей території, необхідності ефективного використання машинно-тракторних агрегатів, а також забезпечення стабільного функціонування всіх галузей виробництва в довгостроковій перспективі.

Територія землекористування господарства характеризується складним рельєфом. Серед найбільш поширених ґрунтів переважають темно-сірі лісові, чорноземи, лучні, торфово-болотні та сірі опідзолені ґрунти. Земельний фонд

представлений ґрунтами, які відрізняються між собою за агрохімічними властивостями та рівнем природної родючості. Для підтримання й підвищення їх продуктивності необхідно систематично вносити органічні та мінеральні добрива, а також здійснювати заходи щодо поліпшення водно-повітряного режиму ґрунту.

Організація угідь і система сівозмін у господарстві розроблені з урахуванням природних особливостей місцевості та вимог раціонального ведення сільськогосподарського виробництва. Земельний фонд підприємства охоплює як землі сільськогосподарського використання, так і землі інших категорій. Структуру земельних угідь господарства наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Земельний фонд господарства в 2023-2025р.р.

Вид угідь	Площа, га			Структура, %		
	2023	2024	2025	2023	2024	2025
Земельна площа всього:	5347	5347	5347	100,00	100,00	100,00
в тому числі с.-г. угідь	4431	4431	4431	82,87	82,87	82,87
із них рілля	3467	3467	3467	64,84	64,84	64,84
пасовищ	598	598	598	11,18	11,18	11,18
сіножаті	366	366	366	6,84	6,84	6,84
Площа лісу	339	339	339	6,34	6,34	6,34
Ставки й водоймища	47	47	47	0,88	0,88	0,88
Наявність осушених земель	530	530	530	9,91	9,91	9,91

Аналіз даних табл. 1.1 свідчить про те, що площа сільськогосподарських угідь господарства протягом останніх трьох років суттєво не змінювалася. Стабільними залишаються також площі ріллі, пасовищ і сіножатей. Найбільшу частку в структурі земельного фонду займає рілля, на яку припадає близько 89 % загальної площі сільськогосподарських угідь. Частка пасовищ і сіножатей у сукупності становить відповідно близько 10 % та 6,5 %. Така структура землекористування свідчить про рослинницьку спрямованість підприємства. Основною спеціалізацією господарства є вирощування зернових культур, поряд із чим важливе місце займає виробництво продукції тваринництва, зокрема молока та м'яса.

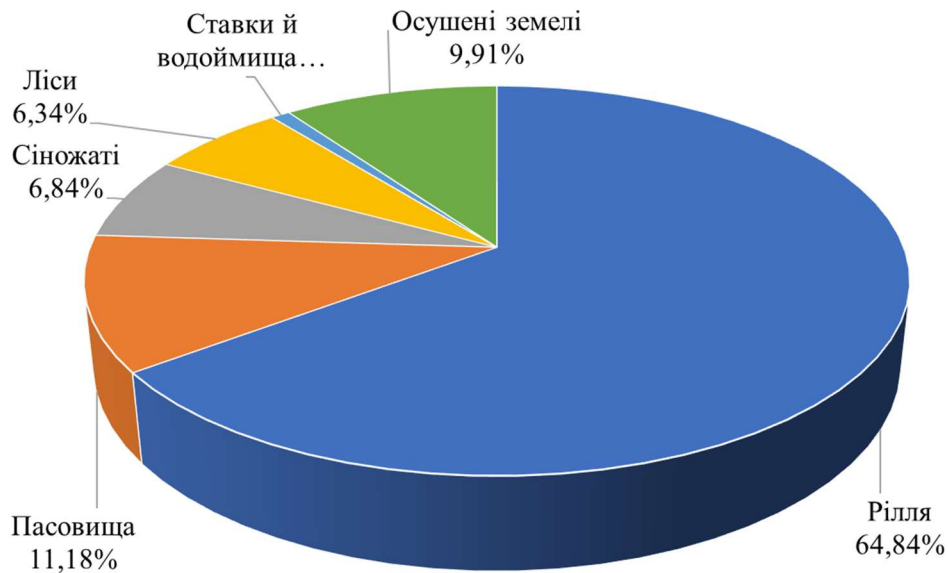


Рисунок 1.1. – Структура земельного фонду господарства

Характеристика галузі тваринництва.

Важливим напрямом виробничої діяльності господарства є тваринництво. Для оцінки стану цієї галузі розглянемо динаміку та структуру поголів'я сільськогосподарських тварин, дані про яке наведено в табл. 1.2. На підприємстві здійснюється утримання великої рогатої худоби різних вікових груп, у тому числі корів та молодняку великої рогатої худоби. Показники чисельності поголів'я наведені в табл. 1.2 і характеризують розвиток тваринницької галузі господарства за досліджуваний період.

Таблиця 1.2 – Динаміка і структура поголів'я

Показники	Роки					
	2023		2024		2025	
	гол.	%	гол.	%	гол.	%
Всього поголів'я	495	100	516	100	555	100
З них ВРХ	495	100	516	100	555	100
в тому числі корів	150	30	182	35,3	190	34,2
телят до 6 місяців	120	19	117	20,3	132	21,6
ВРХ на підгодівлі від 12 до 18 місяців	158	31	185	35,8	210	37,8
Коні	17	3,4	15	2,9	13	2,3
Племінні бики	10	4,4	12	5,6	11	3,9

Дані табл. 1.2 свідчать про позитивну динаміку розвитку галузі тваринництва в господарстві. За останні три роки загальна чисельність поголів'я зросла на 12 %, що відбулося переважно за рахунок збільшення кількості великої рогатої худоби. У структурі стада найбільшу питому вагу займають корови, частка яких утримується на рівні близько 50 % від загального поголів'я.

Проведений аналіз показує, що сформована структура стада не є повністю оптимальною з точки зору ефективного відтворення поголів'я. Наявне співвідношення між окремими віковими та виробничими групами тварин забезпечує переважно внутрішні потреби господарства у вирощуванні молодняку та підтриманні чисельності молочного стада. Це свідчить про обмежені можливості для суттєвого нарощування поголів'я без додаткових організаційно-технологічних заходів, спрямованих на вдосконалення системи відтворення стада.

Склад та структура МТП наведено відповідно в таблиці 1.3 та на рис. 1.2.

Таблиця 1.3 – Склад тракторного парку господарства станом

Марка	Рік випуску	Кількість
John Deere 7290R	2016	2
John Deere 6130M	2014	2
ХТЗ-150К-09	2016	2
Т-150К	1995	1
Т-150	1989	1
МТЗ-892	2019	2
МТЗ-892	2017	2
МТЗ-82	2002	2
МТЗ-82	1998	1
МТЗ-80	1996	1
ЮМЗ-6АКЛ	1993	1
Д-606	1988	1
ПЕА-1,0	1990	1

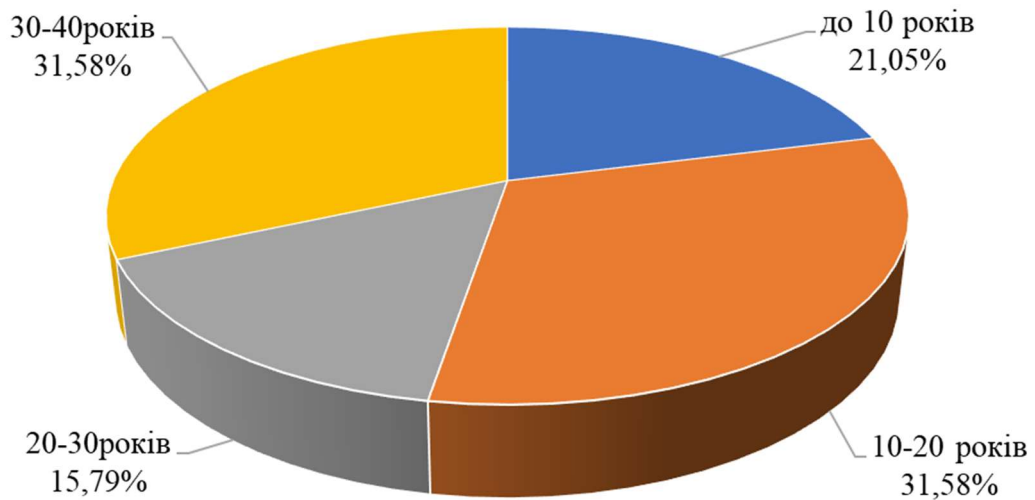


Рисунок 1.2 – Структура тракторного парку у ДГ “Радехівське” за віковими групами

Для забезпечення виконання комплексу механізованих робіт господарство оснащено відповідним машинно-тракторним парком, до складу якого входять різноманітні сільськогосподарські машини та знаряддя. Наявність даної техніки дозволяє своєчасно здійснювати основні технологічні операції у рослинництві та тваринництві. Склад і кількісний стан сільськогосподарських машин та знарядь, що використовуються в господарстві, наведено в табл. 1.4.

Таблиця 1.4 – Сільськогосподарські машини господарства

№ з/п	Назва с.-г. машини	Марка	Кількість
1	2	3	4
1.	Зернозбиральні комбайни	Lexion Claas 600	4
		Дон-1500	1
2.	Косарка самохідна	Е-281	1
3.	Жатка	Е-301	2
4.	Косарка	КРН – 2,1	2
5.	Прес-підбирач	ППАФ	1
		РОЛАНД-46	1

Продовження табл. 1.4

1	2	3	4
6.	Волокуша	ВТУ-10	2
7.	Граблі	ГБК-6	2
8.	Плуги	ПЛН-3-35	3
		Lemken Opal 3+1	2
		Lemken Vari-Europal 7x4	4
9.	Луцильники	ЛГР-10	1
10.	Культиватори	Lemken Kristall 9	2
		КОР-4,2	1
		КФ – 5,4	1
		КПС-4	3
11.	Борони зубові	БЗСС-1,0	36
		БЗТС-1,0	1
12.	Борони дискові	БДТ-7	2
		Lemken Rubin 6м	2
13.	Зчіпки	СП-21	2
		СП-11	2
14.	Сівалки	СЗ-5,4	3
		Horsch Maestro 8 DV	2
		Horsch Pronto 6 DC	2
15.	Машини для внесення добрив	ПРТ-10	2
		Tytan-1000	1
		Amazone ZA-M	2
16.	Машини для захисту рослин	ОПК 3000-24	2
		Amazone UX-5200	2

Для виконання транспортних операцій у галузях рослинництва і тваринництва господарство забезпечене власним парком вантажних автомобілів. Наявний автомобільний транспорт використовується для перевезення сільськогосподарської продукції, кормів, добрив, паливно-мастильних матеріалів та інших вантажів, необхідних для виробничої діяльності підприємства. Загальна чисельність вантажних автомобілів становить 19 одиниць. Склад та характеристика автомобільного парку господарства наведені в табл. 1.5.

Таблиця 1.5 – Парк вантажних автомобілів

№ з/п	Марка автомобіля	Рік випуску	Кількість
1.	MAN TGL 8.180	2020	2
	MAN TGL 8.180	2018	1
	MAN TGL 8.180	2017	1
2.	MAN TGS/TGA	2001	1
	MAN TGS/TGA	1998	1
	MAN TGS/TGA	1998	1
3.	Mercedes-Benz Atego	2021	1
	Mercedes-Benz Atego	2020	1
	Mercedes-Benz Atego	2018	1
	Mercedes-Benz Atego	2016	1
4.	Mercedes-Benz Sprinter	2020	1
	Mercedes-Benz Sprinter	2018	1
	Mercedes-Benz Sprinter (пасажир)	2016	2
5.	Renault Duster	2023	1
	Renault Duster	2019	1
	Renault Duster	2016	1
	Renault Duster	2015	1

Для забезпечення механізації процесів первинної переробки та зберігання сільськогосподарської продукції господарство оснащено відповідним комплексом машин і технологічного обладнання. Наявність даних технічних засобів дозволяє виконувати післязбиральну обробку продукції, її очищення, сортування, сушіння та підготовку до тривалого зберігання. Перелік машин і обладнання, що використовуються в господарстві для виконання зазначених операцій, наведено нижче.

Таблиця 1.6 – Машини для первинної переробки і зберігання с.-г. продукції.

№ з/п	Назва машини	Марка машини	Кількість
1	Зерно очисні	К - 514	7
2		ОВС-25	6
3		СМ-4	8
4	Навантажувачі	КШП-6	4
5		ЗМ-60	6
6		ЗМ-100	1
7	Сушарки	КЗМ-40	1

Проведений аналіз технічного оснащення господарства показує, що значна частина наявних машин та обладнання експлуатується тривалий час і морально застаріла. Використання такої техніки негативно впливає на продуктивність праці, якість виконання технологічних операцій та рівень експлуатаційних витрат. У зв'язку з цим актуальним завданням є поступове оновлення машинно-тракторного парку шляхом придбання сучасних високопродуктивних та енергоощадних машин, що дозволить підвищити ефективність виробничих процесів і знизити витрати на їх виконання.

Для проведення технічного обслуговування (ТО) та ремонту тракторів, автомобілів і сільськогосподарських машин у господарстві функціонує ремонтна майстерня. Водночас рівень її матеріально-технічного забезпечення не повною мірою відповідає сучасним вимогам. Значна частина технологічного обладнання майстерні характеризується високим ступенем фізичного зносу та моральним старінням, що ускладнює виконання ремонтно-обслуговувальних робіт і потребує подальшої модернізації виробничої бази підприємства.

Таблиця 1.7 – Обладнання ремонтної майстерні у ДГ "Радехівське".

Назва	Марка	Кількість
1	2	3
Шафа	СПАУ	6
Токарний верстат	16K20	2
Фрезерний верстат	НБФ-110	1
	6P12	1
	ОФ-55	1
Заточний верстат	FDB Maschinen LT-900	1
	Dnipro-M BG-20X	1
Вертикально-свердлильний верстат	2H135	1
	FDB Maschinen Drilling 20B	2
Молот пневматичний	М 4129-А	1
Зварювальний апарат	Mächtz MWM-315 MIG/MAG/MMA/TIG	1
	Dnipro-M i150	1
	АДБ-3122У1	1
Машина для миття	Karcher K 7 Premium	2
Стенд для збирання двигунів	СРД-1	1
	Helper HP-1050	1

Продовження табл. 1.7

1	2	3
Домкрат гідравлічний	ДГ20П150Г	2
	Iron Hand 20 т	2
Прес гідравлічний	П-40	1
	12т TY12001 TORIN	1
Компресор повітряний	Dnipro-M AC-100 VGP	1
	Dnipro-M AC-48	1
Генераторна установка	Black+Decker BXGNP6510E 6,5 кВт	2

1.3. Аналіз результатів виробничо-господарської діяльності

Господарська діяльність підприємства зосереджена на двох основних виробничих напрямках – рослинництві та тваринництві. Рослинницька галузь забезпечує виробництво зернових та інших сільськогосподарських культур, тоді як тваринництво спеціалізується на виробництві продукції скотарства. Ефективність функціонування рослинницької галузі значною мірою визначається рівнем урожайності культур та обсягами валового виробництва продукції. Основні показники вирощування сільськогосподарських культур у господарстві наведені в табл. 1.8.

Таблиця 1.8 – Показники урожайності сільськогосподарських культур, ц/га

Назви с.-г. культур	Роки		
	2023	2024	2025
Зернові, всього	17,3	17,3	25,2
Ярі зернові	14,4	17,9	26,6
Зернобобові	20,4	22,3	35,7

Аналіз показників, наведених у табл. 1.7, свідчить про те, що рівень урожайності основних сільськогосподарських культур у господарстві залишається недостатньо високим. Така ситуація негативно впливає на ефективність виробництва рослинницької продукції та забезпечення тваринницької галузі необхідною кількістю кормів. У зв'язку з цим одним із

важливих напрямів підвищення ефективності господарської діяльності є збільшення врожайності сільськогосподарських культур шляхом удосконалення технологій їх вирощування, покращення системи удобрення та більш раціонального використання наявних ресурсів. Реалізація зазначених заходів сприятиме зміцненню кормової бази та підвищенню продуктивності тваринництва.

Провідне місце у тваринницькій галузі господарства займає молочне скотарство. Аналіз показників показує позитивну тенденцію розвитку даного напрямку, оскільки валове виробництво молока у 2025р. порівняно з 2023 р. зросло на 38 %. Це свідчить про підвищення продуктивності галузі та її важливу роль у формуванні виробничих результатів підприємства.

Для більш повної оцінки виробничої діяльності господарства доцільно проаналізувати структуру та обсяги товарної продукції. Відповідні показники наведено в табл. 1.9, де відображено розподіл товарної продукції за основними галузями виробництва.

Важливе значення в діяльності підприємства також має рослинницька галузь, яка забезпечує виробництво зернових, технічних і кормових культур. Показники виробництва продукції рослинництва за останні три роки наведені в табл. 1.9, що дає можливість оцінити динаміку розвитку галузі та визначити її внесок у загальні результати господарської діяльності підприємства.

Таблиця 1.9 – Обсяг вирощування продукції рослинництва, ц

Показники	Роки		
	2023	2024	2025
Зернові і зернобобові	13892	7553	9612
у тому числі: озимі зернові	8819	3952	7557
з них: пшениця	8122	3635	6921
ярі зернові	4666	4645	4103
з них : ячмінь	3624	3120	2640
овес	193	341	341
зернобобові	407	246	320

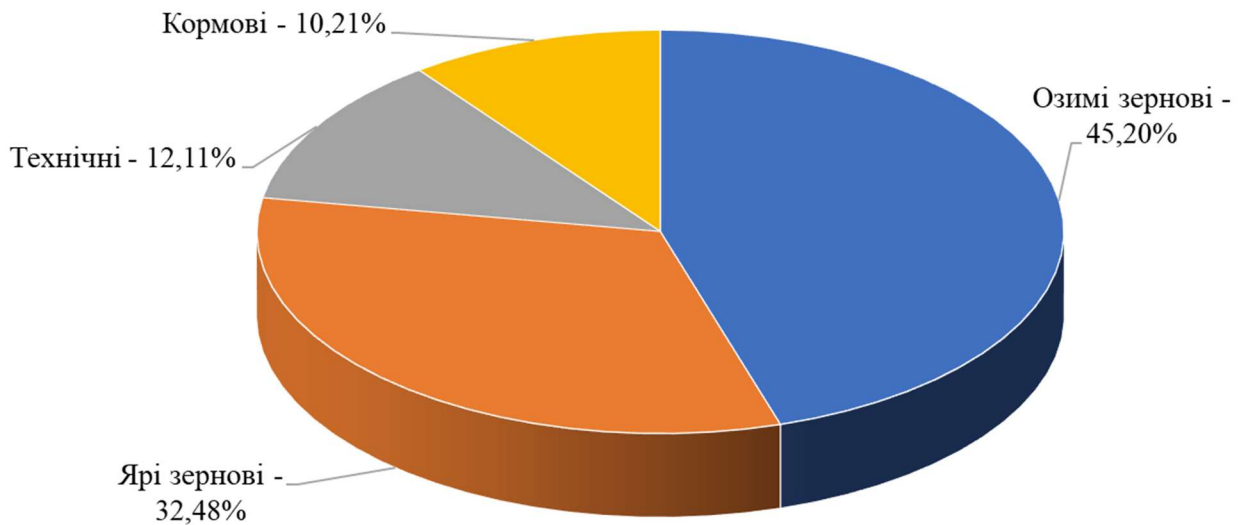


Рисунок 1.3 – Структура галузі рослинництва у ДГ “Радехівське”

Аналіз даних, наведених у табл. 1.9, показує, що провідну роль у структурі виробництва господарства відіграє галузь рослинництва. Саме вона формує основну частину валової продукції підприємства та забезпечує його виробничу спеціалізацію. Разом з тим спостерігається певне зниження обсягів виробництва окремих культур. Зокрема, валове виробництво озимих зернових культур у 2025 р. порівняно з 2023 р. скоротилося на 14,3 %. Така тенденція може бути пов’язана зі змінами посівних площ, рівнем урожайності або впливом природно-кліматичних факторів. Незважаючи на це, рослинницька галузь залишається основним джерелом формування товарної продукції та забезпечує стабільне функціонування господарства.

На основі проведеного аналізу встановлено, що господарство має молочно-зерновий напрям спеціалізації. У структурі товарної продукції частки рослинництва і тваринництва є близькими та залишаються відносно стабільними протягом досліджуваного періоду, що свідчить про збалансований розвиток обох галузей і їх важливе значення для формування економічних результатів підприємства.

У галузі рослинництва провідне місце займають зернові культури, які визначають спеціалізацію господарства та забезпечують основні обсяги реалізації продукції. Виробництво зерна є одним із головних джерел доходу підприємства та сприяє його стабільному розвитку.

Аналіз виробничої діяльності ДП «Дослідне господарство Радехівське» Червоноградського району Львівської області показав, що технічний рівень механізації процесів зберігання та переробки сільськогосподарської продукції потребує вдосконалення. Наявне технічне забезпечення не дає можливості повністю реалізувати виробничий потенціал господарства та забезпечити високу ефективність технологічних процесів.

Особливо це стосується післяжнивної обробки зерна, де частково використовуються морально застарілі технічні рішення, а окремі трудомісткі операції виконуються вручну. Раніше первинне очищення зерна здійснювалося за роздільною схемою через використання машин, призначених лише для окремих технологічних операцій.

Для підвищення ефективності післяжнивної обробки зерна до технологічного комплексу введено зерноочисну машину СМ-4, яка забезпечує виконання кількох операцій в одному технологічному процесі. Її використання сприяє зниженню трудових витрат, підвищенню продуктивності праці та покращенню якості очищення зерна.

Проведений аналіз показав, що одним із першочергових завдань господарства є вдосконалення технології післяжнивної обробки зерна. Тому метою дипломного проекту є модернізація приводу зернового елеватора зерноочисної машини СМ-4, що дозволить підвищити надійність її роботи та покращити техніко-економічні показники технологічного процесу.

2. ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОГО ОБРОБІТКУ ЗЕРНА

2.1. Огляд технології і обладнання для післязбирального обробітку зерна

Після збирання врожаю зерно, що надходить від зернозбиральних комбайнів, містить значну кількість різноманітних домішок, серед яких частинки соломи, колосків, полова, насіння бур'янів та інші сторонні включення. Тому післязбиральна обробка зернової маси передбачає виконання комплексу технологічних операцій, до яких належать очищення, сортування, сушіння, зберігання, а також проведення навантажувально-розвантажувальних і транспортних робіт [3, 8, 9].

Наявність домішок у зерновій масі негативно впливає на якість продовольчого та насінневого зерна, а також ускладнює його подальше зберігання. Це пояснюється тим, що насіння бур'янів та рослинні рештки в більшості випадків мають вологість на 30–35 % вищу порівняно із зерном культурних рослин. Несвоєчасне або недостатньо якісне очищення зернового матеріалу може спричинити підвищення його вологості, розвиток процесів самозігрівання, появу плісняви, промерзання та погіршення як посівних, так і товарних характеристик.

Сортування зерна здійснюють залежно від його подальшого використання: для посіву, борошномельного виробництва, переробки або виготовлення круп. Високоякісний насінневий матеріал забезпечує одержання стабільних і високих урожаїв, характеризується кращою схожістю та підвищеною стійкістю до несприятливих погодних умов, хворіб і шкідників.

Після очищення та сортування зерно повинно відповідати вимогам чинних стандартів. Вологість продовольчого зерна не повинна перевищувати 16–19 %, а вміст сміттєвих домішок має становити не більше 5 % для пшениці та жита, 8 % – для інших зернових культур і 10 % – для рису. При цьому кількість зернових домішок не повинна перевищувати 15 %. Зерно має зберігати властиві йому колір та запах, а зараження амбарними шкідниками не допускається.

Для насіння зернових культур I та II класів сортова чистота повинна знаходитися в межах 98–99 %, а схожість становити 90–95 %. Для твердої пшениці III класу цей показник має бути не нижчим за 87 %. Вміст обрубеного насіння допускається в межах 0,5–1 %, а його вологість повинна становити 14–17 % [3, 8, 16].

Розділення зернових сумішей на окремі фракції здійснюється з використанням відмінностей у фізико-механічних властивостях насіння та домішок, що входять до складу оброблюваного матеріалу. Для цього враховують різницю в геометричних розмірах, аеродинамічних характеристиках, формі, стані поверхні та питомій масі окремих компонентів суміші.

Поділ насіння за геометричними розмірами є одним із найбільш поширених способів його сортування. Кожна насінина характеризується трьома основними лінійними параметрами: довжиною l , шириною b та товщиною δ . Насіння різних культур, а також окремі зернівки в межах однієї культури, відрізняються між собою за цими показниками. Саме ця особливість використовується під час очищення зернової маси від домішок і розділення її на окремі фракції.

Для оцінювання мінливості певного розміру зерна в загальній сукупності використовують варіаційний ряд або варіаційну криву, які будують на основі результатів масових вимірювань насіння. З метою побудови варіаційного ряду за довжиною, шириною чи товщиною проводять вимірювання значної кількості зерен одного виду, як правило, від 300 до 500 шт. У процесі вимірювань визначають мінімальне значення довжини l_{min} та максимальне значення l_{max} . Отриману різницю $l_{max} - l_{min}$ поділяють на класовий інтервал λ (мм).

Величину класового інтервалу вибирають залежно від діапазону зміни розмірів зерна. Для зернових культур значення λ зазвичай приймають рівним 0,2; 0,25; 0,3 або 0,4 мм. Кількість класів визначають за формулою [3, 8, 16]:

$$n = \frac{(l_{max} - l_{min})}{\lambda} \quad (2.1)$$

До першого класу відносять зерна з довжиною від l_1 до $l_1 + \lambda$, до другого – від $l_1 + \lambda$ до $l_1 + 2\lambda$ і так далі. Якщо n_i – кількість зерен певного класу за

довжиною, а N – загальна кількість зерен у вибірці, то відносну частоту даного класу визначають за співвідношенням: $p_i = n_i/N$.

Приклад побудови варіаційної кривої наведено на рис. 2.1. По осі абсцис відкладають значення довжини зерен, а по осі ординат – відповідні значення відносної частоти для кожного класу.

Під частотою розуміють кількість компонентів суміші, виражену за масою, числом одиниць або у відсотках, що належать до певного класу. Ступінчасте графічне зображення варіаційного ряду називають гістограмою, а плавну криву, проведену через середні значення частот окремих класів, – варіаційною кривою.

Для характеристики розподілу зерна за розмірами використовують такі статистичні показники, як мода, медіана та середнє значення досліджуваного параметра.

Модою називають той клас варіаційного ряду, якому відповідає найбільша частота появи зерен. Іншими словами, це найбільш поширене значення досліджуваної ознаки в даній сукупності насіння [8, 16, 18].

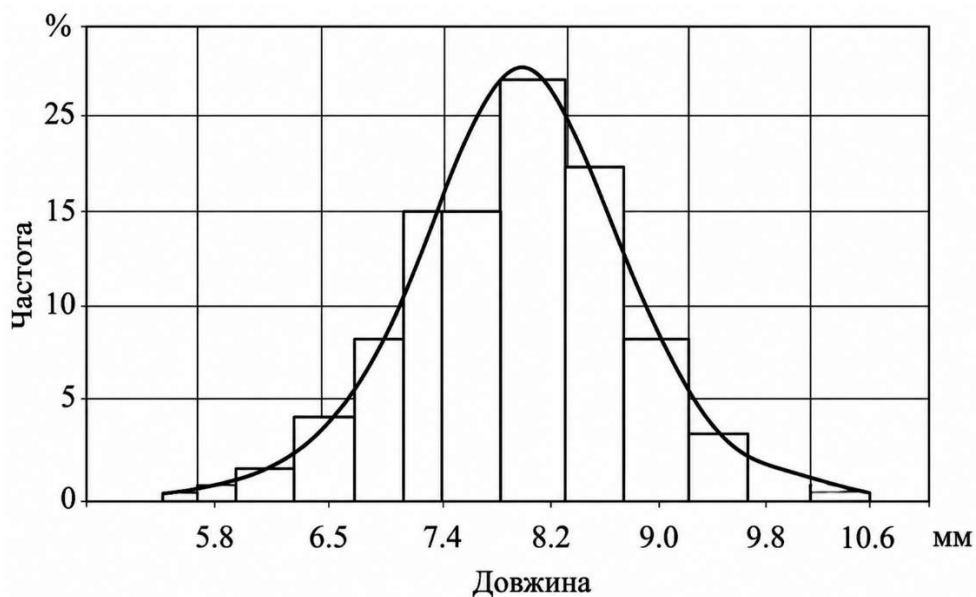


Рисунок 2.1 – Варіаційна крива зміни довжини озимої пшениці.

Медіана – це клас варіаційного ряду, середнє значення якого поділяє всю сукупність даних на дві однакові частини. При нормальному характері розподілу значення медіани та моди збігаються. Середня величина є узагальнюючим

показником, що характеризує середнє значення досліджуваного розміру для всієї сукупності зерен. Вона дозволяє оцінити типовий розмір насіння та використовується при аналізі його фізико-механічних властивостей. Зіставлення значень моди, медіани та середньої величини дає можливість оцінити характер розподілу зерна за відповідною ознакою та ступінь його однорідності [1, 8, 16].

$$M = \frac{(n_1 l_1 + n_2 l_2 + n_3 l_3 + \dots + n_m l_m)}{N} = \sum \frac{nl}{N} \quad (2.2)$$

На решетах зерно розділяють за товщиною і шириною, відокремлюють від зерна крупні і дрібні домішки (рис.2). Решета виготовляють у вигляді металевих листів з отворами однакового розміру (довгастими, круглими, трикутними).

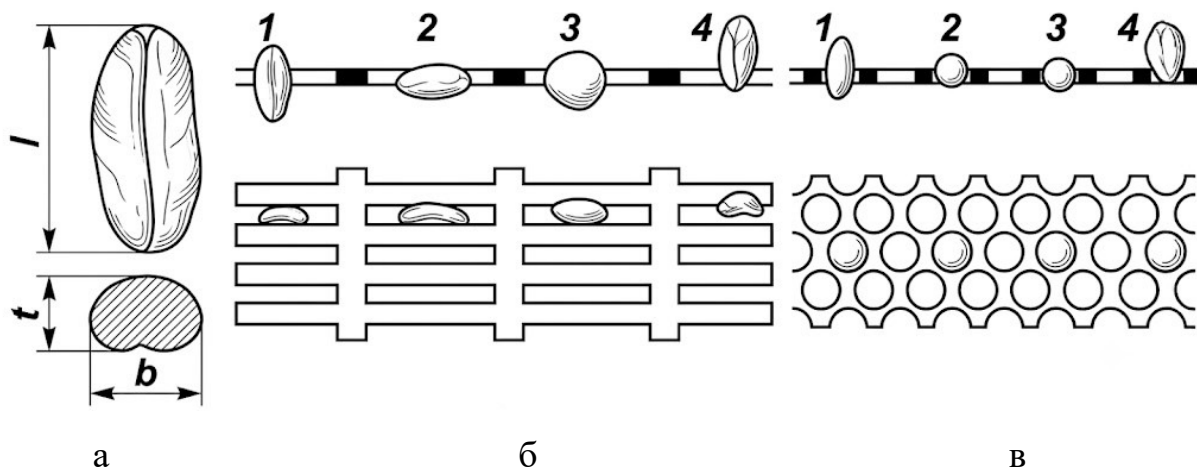


Рисунок 2.2 – Поділ насіння на решетах:

a – основні розміри насіння; *b* – поділ насіння за товщиною і шириною; 1, 2, 3 – насінина проходить крізь отвір; 4 – насінина не проходить крізь отвір

Поділ насіння за товщиною. Через довгасті отвори решета може пройти лише те зерно, товщина δ якого є меншою за ширину щілини. При цьому довжина насінини не впливає на процес проходження, оскільки вона завжди менша за довжину самого отвору. Оскільки ширина зерна зазвичай перевищує його товщину, то насіння, яке не проходить через отвір за товщиною, тим більше не зможе пройти через нього за шириною. Таким чином, розділення зернового матеріалу за товщиною здійснюється за допомогою решіт із довгастими отворами [1, 8, 16].

Поділ насіння за шириною. Через круглі отвори решета можуть проходити лише ті зерна, ширина b яких менша за діаметр отвору. Інші геометричні розміри насіння при цьому суттєвого впливу на процес проходження не мають. Тому сортування насіння за шириною виконують на решетах із круглими отворами. Кожне решето має відповідне маркування, нанесене на торцевій частині. Номер решета відповідає величині робочого розміру його отворів, помноженій на 10.

Довгасті отвори зазвичай виконують у 2–3 рази довгими за середню довжину зерна. Під час виготовлення решіт отвори орієнтують таким чином, щоб їх поздовжня вісь збігалася з напрямком переміщення зернової маси.

У практиці очищення та сортування зерна решета з довгастими отворами використовуються значно частіше, ніж решета з круглими отворами. Це пояснюється більшою сумарною площею робочих отворів, що забезпечує вищу пропускну здатність і продуктивність роботи. Крім того, такі решета є більш придатними для сортування насіннєвого матеріалу, оскільки між масою насіння та його товщиною спостерігається найбільш тісний взаємозв'язок.

Поділ насіння за довжиною. Розділення зернової суміші за довжиною здійснюється за допомогою циліндричних трієрів – сталевих барабанів (рис. 2.3), внутрішня поверхня яких обладнана спеціальними комірками. Циліндр встановлюють під невеликим нахилом до горизонтальної площини. У середині барабана розташований жолоб 2.

Під час обертання трієра комірочки захоплюють лише ті зерна, довжина яких менша від діаметра комірок. Підіймаючись разом із поверхнею барабана, зерна утримуються в комірках до певної висоти, після чого під дією сили тяжіння випадають у жолоб 2. Далі вони транспортуються назовні за допомогою шнека 3. Більш довгі зерна, які не можуть розміститися в комірках або випадають із них раніше досягнення приймальної кромки жолоба, переміщуються вздовж циліндра та виходять через його кінцеву частину. Таким способом забезпечується ефективне сортування зернової маси за довжиною [1, 8, 16].

Якісне розділення насіння на короткі та довгі фракції досягається лише за умови правильного розташування приймальної кромки жолоба між зонами

ковання і випадання зерен, а також дотримання оптимальної частоти обертання трієра, яка не повинна перевищувати критичного значення. Якщо частота обертання стає більшою за критичну, довге насіння під впливом відцентрової сили може потрапляти до жолоба разом із коротким або притискатися до внутрішньої поверхні циліндра та обертатися разом з ним. У такому випадку процес розділення насіння за довжиною порушується і його ефективність різко знижується [1, 8, 16].

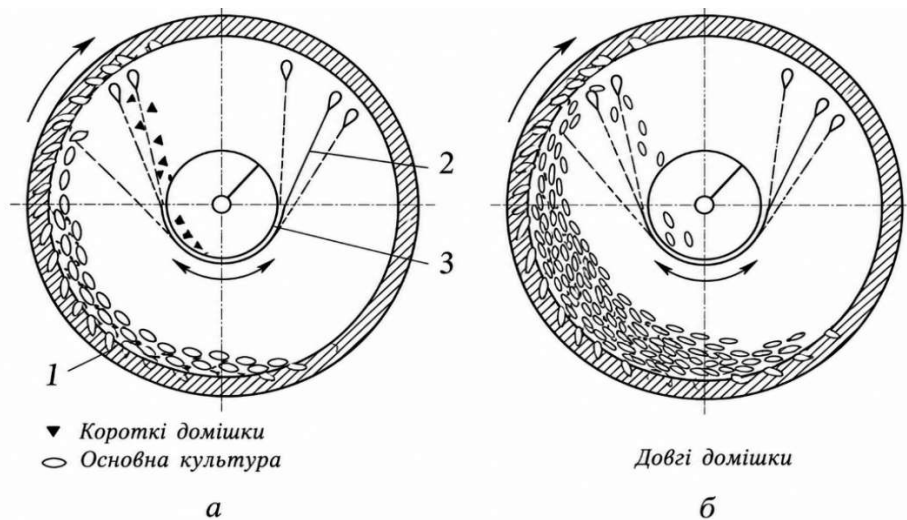


Рисунок 2.3 – Схема технологічного процесу трієрних циліндрів:

а і б – виділення коротких і довгих домішок; 1 – циліндр з комірками; 2 – жолоб; 3 – шнек.

Поділ насіння за аеродинамічними властивостями. При потраплянні зернової суміші в повітряний потік окремі її компоненти переміщуються по-різному залежно від маси, геометричних розмірів, форми та стану поверхні. Саме відмінності в цих характеристиках лежать в основі очищення та сортування насіння за аеродинамічними властивостями [1, 8, 16].

Для створення необхідного повітряного потоку в зерноочисних машинах використовують відцентрові вентилятори. У їх конструкції передбачені спеціальні вікна для забору повітря. У простих зерноочисних установках найчастіше застосовують похилий напірний повітряний потік (рис. 2.4, а). Потрапляючи в такий потік, повноцінне та важче зерно осідає на меншій відстані

від місця подачі, тоді як легкі, щуплі та пошкоджені зернівки відносяться потоком повітря значно далі.

У більш складних зерноочисних машинах використовують вертикальні канали, в яких створюється всмоктувальний або напірний повітряний потік. Вертикальний канал, через який проходить повітря крізь шар очищуваного матеріалу, називають аспіратором (рис. 2.4, б). Використання аспіраційних каналів забезпечує більш ефективне видалення легких домішок та покращує якість очищення зернової маси [1, 8, 16].

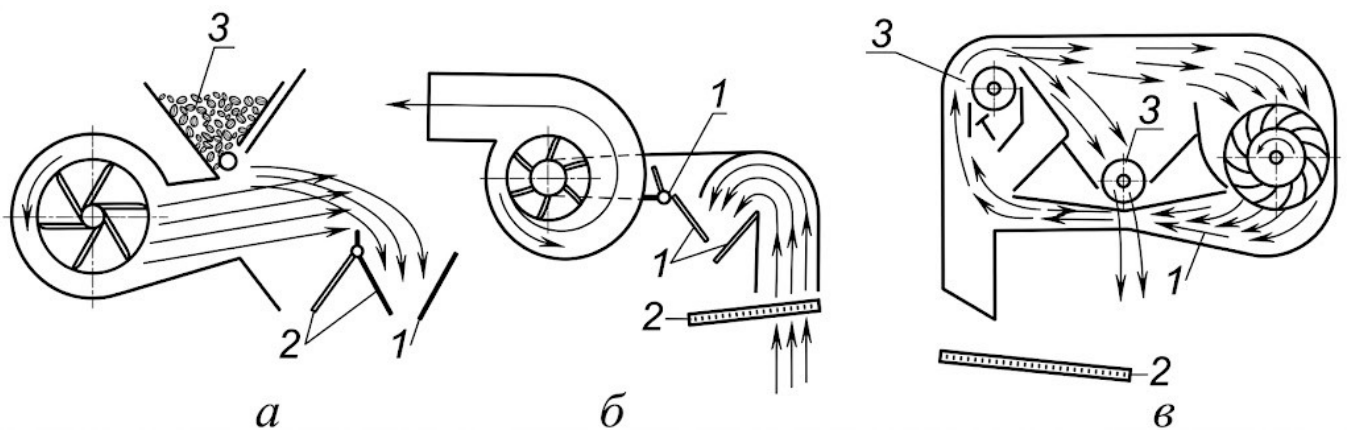


Рисунок 2.4 – Поділ насіння повітряним потоком:

a – напірний похилий потік; *б* – аспіратор з відцентровим вентилятором; *в* – аспіратор з діаметральним вентилятором; 1 – легкі домішки; 2 – зерно; 3 – ворох

На сучасних зерноочисних машинах дедалі частіше використовують діаметральні вентилятори (рис. 2.4, в), основним елементом яких є багатолопатеве колесо барабанного типу. З обох боків колесо закривається кожухами. Лопаті мають криволінійну форму та нахилені вперед у напрямку обертання. Розташовані по колу колеса лопаті утворюють своєрідну решітчасту поверхню. Вхідний отвір вентилятора знаходиться навпроти вихідного. Повітря надходить по всій довжині колеса, двічі проходить через решітчасту поверхню лопатей і після цього нагнітається через вихідне вікно в повітряний канал.

Перевагою діаметральних вентиляторів є створення рівномірного повітряного потоку по всій ширині робочої зони. Крім того, вони ефективно працюють за відносно невеликої частоти обертання, що сприяє зменшенню рівня

шуму та вібрації під час експлуатації машини. Інтенсивність повітряного потоку в каналі регулюють за допомогою спеціальної заслінки таким чином, щоб забезпечити повне видалення легких домішок із зернової маси та їх спрямування в осаджувальну камеру. Оскільки площа осаджувальної камери перевищує площу повітряного каналу, швидкість руху повітря в ній знижується, що створює умови для осідання домішок. Після накопичення вони видаляються з машини назовні [1, 8, 16].

Поділ насіння за станом та формою поверхні. Компоненти зернової суміші відрізняються між собою не лише розмірами та масою, а й особливостями поверхні. Вона може бути гладенькою, шорсткою, борознистою, вкритою плівками або опушенням. Також зерна різняться за формою і можуть бути округлими, плоскими чи неправильної конфігурації. Використання цих відмінностей дозволяє здійснювати додаткове очищення та сортування насіння у випадках, коли застосування решіт, трієрів або повітряних потоків не забезпечує необхідної якості розділення. Для цього використовують полотняні гірки, змійки та електромагнітні зерноочисні машини.

Принцип розділення насіння за станом і формою поверхні (рис. 2.5, а) ґрунтується на різній здатності зерен переміщуватися по похилій площині. Гладенькі зерна рухаються швидше, ніж шорсткі, а округла форма сприяє їх переміщенню, тоді як плоска форма створює додатковий опір руху. На цьому принципі базується робота полотняної гірки, яка являє собою безперервне полотно, натягнуте між двома паралельно розташованими валиками [1, 8, 16].

Підбираючи відповідний кут нахилу полотняної гірки та швидкість переміщення полотна, досягають такого режиму роботи, за якого гладеньке насіння скочується вниз по поверхні та потрапляє в приймальну місткість 1, а шорстке переміщується вгору разом із полотном і надходить у місткість 2. Таким способом здійснюють очищення вівса від вівсюга, відокремлюють насіння бур'янів від рослинних решток та інших домішок. На бархатних гірках із насіння льону і конюшини видаляють насіння волошки, плевели та інших бур'янів, поверхня яких має підвищену шорсткість.

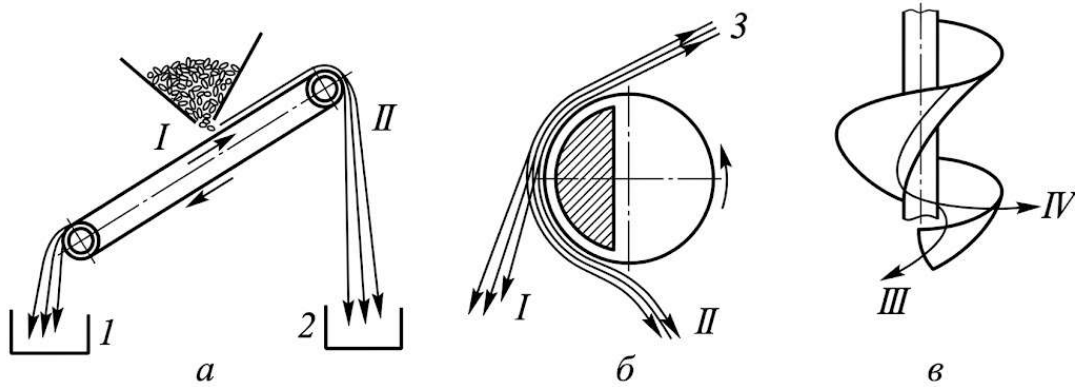


Рисунок 2.5 – Поділ насіння за станом і формою поверхні:

а – полотняна гірка; б – електромагнітна насіє очисна машина; в – гвинтова гірка-змійка; 1 – приймач гладенького насіння; 3 – електромагніт; I – гладеньке насіння; II – шорстке насіння; III – овес; IV – вика

Ще ефективніше шорстке насіння бур'янів відокремлюється із застосуванням електромагнітного способу сортування. Для цього насіння льону або конюшини ретельно перемішують із дрібнодисперсним порошком, що містить частинки заліза та крейди [1, 8, 16].

Завдяки шорсткій поверхні насіння бур'янів добре покривається порошком, тоді як до гладенької поверхні культурного насіння він практично не прилипає. Після цього суміш подається на латунний барабан (рис. 2.5, б), усередині якого встановлений електромагніт. Гладеньке насіння під час обертання барабана швидко сходить із його поверхні, тоді як шорстке насіння, покрите порошком, утримується магнітним полем на поверхні барабана в зоні дії електромагніта, після чого скидається під барабан в окремий приймач.

Відмінності у формі та стані поверхні зерен також використовуються для їх поділу на гвинтових гірках-змійках (рис. 2.5, в). За допомогою таких пристроїв, зокрема, відокремлюють насіння вики від вівса. Суміш округлих зерен вики та видовжених зерен вівса самопливом переміщується вздовж витків змійки. Зерна вівса залишаються на гвинтовій поверхні та сходять ближче до її центральної частини. Насіння вики набуває більшої швидкості руху і під дією

відцентрової сили зміщується до периферії, сходить за межі гвинтової поверхні, потрапляє у спіральний кожух і відводиться окремим потоком назовні.

Окремі види бур'янів мають насіння трикутної форми, що дозволяє відокремлювати його від насіння інших культур за допомогою решіт із трикутними отворами. Наприклад, таким способом можна видаляти татарську гречку із зерна пшениці або насіння щавлю із насіння тимофіївки [1, 8, 16].

Поділ за щільністю. Насіння культурних рослин та бур'янів характеризується різною щільністю, тобто масою одиниці об'єму (1 см^3). Завдяки цьому можливе його розділення у спеціально підібраних рідинах, де легші частинки спливають на поверхню, а більш важкі осідають на дно.

Сортування за щільністю також здійснюють на пневматичних сортувальних столах. Під впливом коливань робочої поверхні та дії повітряного потоку зернова маса переходить у псевдозріджений стан. У таких умовах важчі частинки переміщуються донизу шару, тоді як легкі концентруються у верхній його частині, що забезпечує їх ефективне розділення.

Для сортування насіння за кольором застосовують фотоелектронні системи. Принцип їх роботи ґрунтується на використанні фотоелементів, які реагують на різний рівень відбиття світла. Світлі зерна викликають появу електричного сигналу, що керує відкриванням спеціальних клапанів на шляху їх руху. Таким способом, наприклад, здійснюють поділ насіння квасолі на світлі та темні фракції [1, 8, 16].

2.2. Проектування технологічного процесу післяжнивної обробки зерна

Для тривалого зберігання зернова маса повинна бути сухою, очищеною від домішок та захищеною від шкідників. З цією метою виконують підготовку токів і сховищ до приймання врожаю, визначають якість зерна, організують його очищення, сортування, сушіння, зберігання та постійний контроль технологічних процесів [1, 8, 9 16].

Матеріально-технічна база післязбиральної обробки включає токи, зерносклади, вагове господарство, сушильне й вентиляційне обладнання, транспортні засоби, ремонтні майстерні, склади, контрольно-вимірювальні прилади, протипожежні засоби та службові приміщення. Перед надходженням нового врожаю проводять очищення і ремонт складів, а також профілактичні заходи проти комірних шкідників. Одночасно розробляють план розміщення зерна залежно від його призначення та якості.

Зерно, що надходить на тік, аналізують за вологістю та вмістом домішок. Для забезпечення необхідної якості зернової маси очищують на спеціалізованих лініях: у зволжених районах використовують КЗС, а в південних – ЗАВ [8, 16].

Очищення є одним із найважливіших етапів післязбиральної обробки, оскільки підвищує стійкість зерна під час зберігання. Найчастіше серед домішок зустрічаються частинки соломи, полови, ґрунту, каміння, насіння бур'янів та інших культур, а також пошкоджене зерно. Особливо небезпечним є отруйне насіння бур'янів, яке складно відокремити через подібність до зерна основної культури.

Поділ зернової маси на окремі складові називають сепаруванням, а машини для його виконання – сепараторами. Якість очищення істотно впливає на збереженість зерна, продуктивність технологічного обладнання та якість готової продукції.

Сортування зерна здійснюють за розмірами, аеродинамічними властивостями, формою поверхні, щільністю, кольором, магнітними властивостями та пружністю. Для цього застосовують пневмовібраційне сепарування, очищення на решетах і трієрах, сепарацію на пневмовібраційних столах, електромагнітних установках та фотоелектронних сепараторах.

Вибір способу очищення зерна та відповідного обладнання базується на відмінностях фізико-механічних властивостей зерна і домішок. Перевагу надають технологіям, які забезпечують найвищу ефективність за мінімальних витрат [1, 8, 16].

Післязбиральна обробка зерна і насіння включає три основні етапи:

- попереднє очищення зернового вороху;
- первинне очищення;
- вторинне очищення та сортування.

Попереднє очищення є підготовчою операцією, метою якої є видалення великих домішок перед сушінням. Це покращує сипкість зернової маси та запобігає її зависанню у шахтних сушарках. Машини попереднього очищення повинні обробляти зерновий ворох із вологістю до 40% та засміченістю до 20%, з яких соломисті домішки не повинні перевищувати 5%. При цьому необхідно видаляти не менше 50% сміттєвих домішок. Для виконання цієї операції використовують машини ОВП-20А, ОВС-25, БЗ-50 та К-527А [1, 8, 16].

Первинне очищення проводять після попередньої обробки та сушіння зерна. Вологість зернової маси не повинна перевищувати 18%, а вміст сміттєвих домішок – 8%. У процесі очищення зерно розділяють на чотири фракції: очищене зерно, фуражну фракцію, крупні та легкі домішки, а також дрібні відходи. У готовому продукті допускається не більше 3% домішок.

Особливістю обробки окремих культур є необхідність видалення важковідокремлюваних домішок. Наприклад, гречку татарську відокремлюють від пшениці на ситах із отворами шириною 2 мм та кукільних трієрах з комірками 5,5 мм. Для очищення жита від плодів дикої редьки використовують сита 2,2×2,0 мм і трієри з комірками 8,5 мм.

Під час обробки значно травмується зерно пшениці, рису, кукурудзи, квасолі та сої. Тому частота обертання молотильного барабана не повинна перевищувати 400 об/хв, а швидкість стрічкових транспортерів – 2 м/с. Оптимальна вологість зерна кукурудзи під час обмолоту становить 18–19%, а зернових культур – 16-17% [1, 8, 16].

Післязбиральну обробку соняшнику починають на ВО-50, після чого насіння сушать і доводять до необхідної чистоти на сепараторах та трієрах. Через високий вміст олії насіння соняшнику більш схильне до самозігрівання, ніж зернові культури.

Ворох багаторічних трав зазвичай має високу вологість і засміченість, тому його спочатку підсушують за допомогою активного вентилявання або сушарок різних типів. Подальше очищення здійснюють на ворохоочисниках, машинах «Петкус-вібрант» і «Петкус-селектра». Для очищення насіння конюшини та люцерни додатково використовують електромагнітні машини та сортувальні гірки [1, 8, 16].

Післязбиральна обробка вороху льону-довгунця передбачає його висушування у карусельних або конвеєрних сушарках з подальшим обмолотом на льономолотарках при вологості не більше 18-19%. Надалі насіння проходить первинне, вторинне та спеціальне очищення на сортувальних столах і гірках.

Ворох насінників цукрових буряків характеризується значною неоднорідністю за вологістю та засміченістю, що залежить від погодних умов під час збирання. Через підвищену вологість його спочатку підсушують установками активного вентилявання, після чого очищають на машинах ОВП-20 та ОВС-25. Якщо вміст сміттєвих домішок не перевищує 20%, після підсушування проводять первинне очищення на ЗАВ або КЗС. Кінцева вологість насіння повинна становити 11-12%.

Сушіння зерна.

Сушіння є основною операцією післязбиральної обробки, що забезпечує довготривале зберігання зерна та насіння. Видалення надлишкової вологи переводить зернову масу у стійкий стан і запобігає її псуванню. В Україні сушінню піддають близько 50–70% валового збору зерна, особливо в північних і західних регіонах [1, 8, 16].

У сухому зерні біологічні процеси значно сповільнюються, що сприяє збереженню посівних і продовольчих властивостей продукції. Через зміну теплофізичних характеристик зерна під час сушіння необхідно суворо дотримуватися рекомендованих режимів залежно від культури, вологості та призначення зерна.

Для видалення вологи застосовують тепловий, сорбційний і механічний способи. Найпоширенішим є теплове сушіння, яке базується на випаровуванні

води під дією теплової енергії. У більшості сучасних зерносушарок використовується конвективний спосіб, за якого тепло передається від нагрітого повітря до зерна.

Шахтні зерносушарки складаються з однієї або двох вертикальних шахт. Верхня частина виконує функцію сушильної камери, що може містити декілька зон сушіння, а нижня призначена для охолодження зерна. Над шахтами розміщують бункери для його рівномірної подачі.

Для подачі свіжого та відведення відпрацьованого агента сушіння в шахтних сушарках використовують металеві короби, розташовані по всій висоті шахти. Вони забезпечують рівномірний розподіл теплоносія та підвищують газопроникність зернової маси. Короби виготовляють із листової сталі товщиною 1,5–2 мм та розміщують у шаховому порядку. Відстань між ними в найвужчому місці становить 90–100 мм, а ширина коробів – 100 мм. Їх кількість визначають так, щоб швидкість виходу відпрацьованого агента становила близько 6 м/с [1, 8, 16].

Ефективність роботи зерносушарок значною мірою залежить від дотримання встановлених режимів сушіння та контролю якості зерна. Для насіннєвого матеріалу пшениці, жита, ячменю, вівса, соняшнику, гречки і проса з вологістю до 19% температура нагрівання зерна не повинна перевищувати 40°C, а агента сушіння – 70°C. Для гороху, віки, квасолі, люпину та рису ці показники знижують до 35°C і 60°C відповідно. За вологості насіння понад 19% застосовують ступінчасте сушіння зі зниженням температури агента на 10°C, а допустимого нагріву насіння – на 5°C.

Пшеницю висушують до вологості 15,5–14,5% для негайної переробки, 14–15% для зберігання та 13–14% для тривалого зберігання. Для кукурудзи ці показники становлять відповідно 14–16%, 13–14% та 12–13%. Вологість вівса і проса повинна бути в межах 12,5–13,5%, а гречки – 13,5–14,5%.

У шахтних сушарках за один пропуск допускається зниження вологості рису і сої до 3%, проса та гречки – 2–3%, гороху і ячменю – 3,5–4%, кукурудзи –

4,5–5,5%, інших культур – до 6%. За потреби зерно пропускають через сушарку декілька разів [1, 8, 16].

У процесі сушіння температуру зерна в перші години контролюють через кожні 10–15 хвилин, а після стабілізації режиму – не рідше одного разу на 2 години. Після охолодження температура зерна повинна перевищувати температуру навколишнього середовища не більше ніж на 8–10°C.

Після завершення сушіння обов'язково оцінюють якість зерна за кольором, блиском та відсутністю сторонніх запахів. Порушення режимів може призвести до запарювання, підгоряння, потемніння зерна та появи димного запаху.

Активне вентилявання зернових мас.

Активне вентилявання полягає у примусовому продуванні зернової маси атмосферним повітрям без її переміщення. Цей спосіб застосовують для збереження якості вологого зерна до сушіння, охолодження зернових партій під час зберігання, запобігання розвитку плісняви та шкідників. Крім того, вентилявання використовують для прискорення післязбирального дозрівання зерна та вирівнювання його температури і вологості [1, 8, 16].

У процесі вентилявання відбувається оновлення повітря в міжзерновому просторі. За характером руху повітря розрізняють активне і пасивне, безперервне та переривчасте вентилявання. Пасивне вентилявання є малоефективним, тому для тривалого зберігання зерна перевагу надають активному.

Залежно від призначення застосовують профілактичне вентилявання, охолодження, проморожування, сушіння, ліквідацію самозігрівання та дегазацію зерна.

Для активного вентилявання використовують установки, що складаються з вентиляторів, електродвигунів і системи повітропроводів. Найбільш поширеними є [1, 8, 16]:

- стаціонарні установки з каналами у підлозі складу;
- переносні підлогові установки з повітророзподільними решітками;
- бункери та силоси;

- пересувні трубні установки.

Повітряний потік впливає на температуру, вологість і газовий склад зернової маси, змінюючи інтенсивність біологічних та мікробіологічних процесів. Перед початком вентилявання визначають температуру та вологість зерна і повітря, після чого порівнюють фактичну вологість зерна з рівноважною. Вентилювання атмосферним повітрям доцільне лише тоді, коли фактична вологість зерна перевищує рівноважну.

Можливість проведення вентилявання оцінюють не менше чотирьох разів на добу з урахуванням змін температури та вологості повітря. Для визначення параметрів використовують спеціальні таблиці та номограми.

Таблиця 2.1 – Мінімальна питома подача повітря ($\text{м}^3/\text{т}$) при активному вентиляванні насіння

Вологість насіння, %	Подача повітря на 1 т/не менше/	Висота насипу, м (не вище)			
		Пшениця, жито, ячмінь, овес, кукурудза	Просо	Горох, кормові боби, люпин	Соняшник
16	30	3,5	2,2	3,0	3,0
18	40	2,5	2,0	2,5	2,5
20	60	2,0	1,8	2,0	2,0
22	80	2,0	1,6	2,0	1,8
24	120	2,0	1,5	2,0	1,5

Ефективність процесу залежить від правильно вибраного режиму, який характеризується питомою подачею повітря, тривалістю обробки, висотою насипу та періодичністю вентилявання. Питома подача повітря становить від 30 до 200 $\text{м}^3/\text{год}$ на 1 т зерна при висоті насипу 1,5–3,5 м.

Визначальним показником при розрахунку питомої подачі повітря є час охолодження зернового насипу. Чим вища вологість зерна, тим швидше необхідно провести вентилявання для запобігання його псуванню. Для

свіжозібраного зерна основних культур охолодження повинно бути завершено не більше ніж за 10 годин при вологості 20–24% і за 30–40 годин при вологості до 20% [1, 8, 16].

Для охолодження 1 т зерна необхідно в середньому 2000 м³ повітря. На практиці зерно часто сушать у нерухомому насипу атмосферним або підігрітим повітрям. Підвищення температури повітря на 3–5°C збільшує його вологоємність, а найкращий ефект досягається при нагріванні на 10–15°C. Повітря подають переважно знизу вгору або в поперечному напрямку. Для його нагрівання використовують електрокалорифери ВПЕ-4, теплогенератори ТГ-75, ТГ-150, ВПТ-600 та інші установки.

Режими зберігання зернових мас.

Інтенсивність фізіологічних процесів у зерновій масі визначається трьома основними факторами: вологістю, температурою та доступом повітря. Саме на регулюванні цих параметрів базуються основні режими зберігання зерна [1, 8]:

- зберігання у сухому стані;
- зберігання в охоложеному стані;
- зберігання без доступу повітря.

Вибір режиму залежить від кліматичних умов, типу і місткості зерноскладищ, технічних можливостей господарства, призначення та якості зерна, а також економічної доцільності. Найбільш ефективним є поєднання кількох режимів, зокрема зберігання сухого зерна за знижених температур.

Зберігання зерна в сухому стані.

Сухим вважається зерно, яке містить лише зв'язану вологу, недоступну для активного розвитку мікроорганізмів і перебігу біологічних процесів. Такий спосіб є основним для збереження посівних якостей насіння та продовольчих властивостей зерна протягом тривалого часу. Для пшениці, жита, ячменю та вівса сухим вважається зерно з вологістю не більше 14% [1, 8, 16].

Сухе насіння допускається зберігати насипом висотою 10–12 м, тому місткості зерноскладищ доцільно використовувати максимально. Високий насип

забезпечує ефективніше використання складських приміщень і сприяє стабільності температурно-вологісного режиму зернової маси.

За умови якісної підготовки до зберігання (очищення, знезараження та охолодження) зерно може зберігатися без переміщення у складах протягом 4–5 років, а в силосах елеваторів – 2–3 роки. Однак навіть сухе зерно може псуватися через розвиток комах-шкідників або локальне зволоження, викликане перепадами температур і термовологопровідністю. Тому для забезпечення його збереженості необхідно підтримувати низьку температуру та здійснювати постійний контроль стану зернової маси.

Зберігання зерна в охолодженому стані.

Охолодження є ефективним способом уповільнення біологічних процесів у зернової масі, пригнічення розвитку мікроорганізмів і шкідників. Зниження температури на кожні 5°C приблизно вдвічі подовжує термін безпечного зберігання зерна.

Охолодженим вважається зерно, температура якого в усіх шарах насипу не перевищує 10°C. Другий ступінь охолодження досягається за температури нижче 0°C. Для цього використовують як атмосферне, так і штучно охолоджене повітря, що дозволяє швидко знизити температуру зерна та запобігти його псуванню [1, 8, 16].

Основне призначення охолодження – тимчасове консервування вологого зерна до проведення сушіння. Разом з тим цей спосіб ефективний і для сухого зерна, оскільки зменшує ризик пошкодження шкідниками та підвищує тривалість його зберігання.

Способи охолодження поділяють на пасивні та активні. Пасивне охолодження здійснюють шляхом провітрювання складів і використання припливно-витяжної вентиляції, однак його ефективність обмежена. До активних способів належать перелопачування зерна, пропускання через зерночисні машини, транспортери та норії, хоча вони можуть викликати механічні пошкодження зерна.

Найбільш поширеним і ефективним методом є активне вентилявання атмосферним або штучно охолодженим повітрям. За таких умов свіжозібране зерно з вологістю до 20% може зберігатися без втрати якості протягом 8–10 днів.

Зберігання зернових мас без доступу повітря.

Зберігання зерна без доступу повітря ґрунтується на створенні безкисневого середовища, що різко знижує інтенсивність дихання зерна та насіння бур'янів. За таких умов пригнічується розвиток мікроорганізмів і комах-шкідників, а виділення тепла зменшується майже у 30 разів, що запобігає самозігріванню зернової маси [1, 8, 16].

Для консервування зерна застосовують хімічні препарати, дія яких спрямована на уповільнення біологічних процесів і пригнічення діяльності мікрофлори. У сільськогосподарському виробництві використовують піросульфід натрію. Внесення препарату в зерно ячменю та пшениці з вологістю 19–52% у кількості 1–1,5% від маси зерна забезпечує захист від проростання, пліснявіння та самозігрівання протягом 40–80 діб.

Дослідженнями встановлено, що консервуюча дія вуглеамонійних солей (УАС) залежить від вологості зерна та норми внесення препарату. Використання УАС дозволяє збільшити термін зберігання пшениці з 15 до 180 діб, а кукурудзи – з 30 до 180 діб при концентрації 1,5; 2,5; 3,5% і вологості зерна 20; 25; 30; 35%.

Хімічне консервування доцільно застосовувати у роки з несприятливими умовами збирання врожаю, коли традиційні способи зберігання не забезпечують своєчасної переробки зерна. Ефективність цього методу залежить від рівномірного нанесення консерванту на поверхню зернівок.

Під час роботи з кислотними консервантами необхідно суворо дотримуватися вимог техніки безпеки, оскільки вони мають агресивні властивості та можуть спричиняти хімічні опіки. Тому на практиці частіше використовують солі відповідних кислот [1, 8, 16].

2.3. Розрахунок кількості машин і визначення числа робітників

Розрахунок проводиться за *продуктивністю* [1, 8, 16]:

$$N = \frac{W_{зм}}{Q_m \cdot P} \quad (2.3)$$

$$N = \frac{W_{зм}}{Q_m \cdot t_{зм} \cdot K_n \cdot K_m} \quad (2.4)$$

де $W_{зм}$ – змінна продуктивність;

Q_m – продуктивність однієї машини;

$t_{зм}$ – тривалість зміни;

K_n – коефіцієнт зміни; 0,7...0,6;

K_m – кількість змін. $K_m = 2$

$$W_{зм} = \frac{961,2}{21} = 45,7; \quad (2.5)$$

$$N = \frac{45,7}{4 \cdot 7 \cdot 0,7 \cdot 2} = 1,16 \text{ приймаємо } 2; \quad (2.6)$$

Розраховуємо необхідну кількість робітників для машини СМ-4

$$\begin{aligned} N_{роб} &= N \cdot 2 \\ N_{роб} &= 2 \cdot 2 = 4; \end{aligned} \quad (2.7)$$

Загальна кількість робітників 46.

Розрахунок площі складів [1, 8, 16].

Розрахунок зерносховищ ведеться наступним чином. Визначаємо з типових проектів розмір складу і спосіб зберігання. Для продовольчого зерна вибираємо засіковий склад шириною сховища 10м. і довжиною 50м.

Визначаємо кількість засіків в сховищі, їх по ширині:

$$П = (Ш_з - Ш_n - Ш_{вс}) / 3; \text{ од} \quad (2.8)$$

$$П = (10 - 2 - 0,5 \cdot 2) / 3 = 2 \text{ од}$$

де, $Ш_з$ – ширина зерносховища (складу),

$Ш_n$ – ширина проходу,

$Ш_{вс}$ – віддаль від стін.

Кількість засіків по довжині [1, 8, 16]:

$$B = (D_z - D_{ec}) / 6; \text{ од} \quad (2.9)$$

$$B = (50 - 0,5 \cdot 2) / 6 = 8 \text{ од}$$

де, D_z – довжина зерносховища (складу),

D_{ec} – віддаль від стін.

Розраховуємо місткість одного засіку

$$Q_3 = A \cdot B \cdot C, \text{ м}^3 \quad (2.10)$$

$$Q_3 = 3 \cdot 6 \cdot 2 = 32 \text{ м}^3$$

де A , B , C – відповідно ширина, довжина і висота засіків.

Розраховуємо кількість засіків в сховищі:

$$K = \Pi \cdot B, \text{ од.} \quad (2.11)$$

$$K = 3 \cdot 6 = 18 \text{ од.},$$

Тоді об'єм сховища буде рівним:

$$V = Q_3 \cdot K \quad (2.12)$$

$$V = 32 \cdot 18 = 576 \text{ м}^3.$$

Натура пшениці $\gamma = 750 \text{ з/л}$,

Визначаємо місткість зерносховища для зберігання продовольчої пшениці:

$$Q = V \cdot \gamma \quad (2.13)$$

$$Q = 576 \cdot 0,75 = 432 \text{ т.}$$

Визначаємо кількість сховищ необхідних для господарства, якщо потрібно зберегти 881 тону пшениці: $881 / 432 = 2$ сховища продовольчої пшениці. Для вівса вибираємо засіковий склад шириною сховища 10м. і довжиною 50м.

Визначаємо кількість засіків в сховищі, їх по ширині [1, 8, 16]:

$$\Pi = (Ш_z - Ш_n - Ш_{ec}) / 3; \text{ од} \quad (2.14)$$

$$\Pi = (10 - 2 - 0,5 \cdot 2) / 3 = 2 \text{ од}$$

де, $Ш_z$ – ширина зерносховища (складу),

$Ш_n$ – ширина проходу,

$Ш_{ec}$ – віддаль від стін.

Кількість засіків по довжині [1, 8, 16]:

$$B=(D_3 - D_{6c})/6; \text{ од} \quad (2.15)$$

$$B = (50 - 0,5 \cdot 2)/6 = 8 \text{ од}$$

де, D_3 – довжина зерносховища (складу),

D_{6c} – віддаль від стін.

Розраховуємо місткість одного засіку

$$Q_3 = A \cdot B \cdot C, \text{ м}^3 \quad (2.16)$$

$$Q_3 = 3 \cdot 6 \cdot 3 = 54 \text{ м}^3$$

де A, B, C – відповідно ширина, довжина і висота засіків.

Розраховуємо кількість засіків в сховищі [1, 8, 16]:

$$K = \Pi \cdot B, \text{ од.} \quad (2.17)$$

$$K = 3 \cdot 6 = 18 \text{ од.}$$

Тоді об'єм сховища буде рівним:

$$V = Q_3 \cdot K \quad (2.18)$$

$$V = 54 \cdot 18 = 972 \text{ м}^3.$$

Натура пшениці $\gamma = 450$ г/л,

Визначаємо місткість зерносховища для зберігання продовольчої пшениці:

$$Q = V \cdot \gamma \quad (2.19)$$

$$Q = 972 \cdot 0,45 = 437 \text{ т.}$$

Визначаємо кількість сховищ необхідних для господарства, якщо потрібно зберегти 34 тону вівса: $34/437 = 0,08$ сховища вівса.

Для ячмінь вибираємо зберігання насипом з шириною сховища 20м

Визначаємо об'єм [1, 8, 16]:

$$V = 260/0,63 = 412 \text{ м}^3;$$

При висоті шару 2м об'єм займе площу:

$$S = 412/2 = 206 \text{ м}^2;$$

При робочій ширині сховища 20м ячмінь займе довжину сховища:

$$L = S/20 = 206/20 = 10,3 \text{ м} \quad (2.20)$$

2.4. Розробка операційної карти робітників

Решітний стан. Під час експлуатації зерноочисної машини необхідно виконувати відповідні регулювання залежно від умов роботи та виду культури, що підлягає очищенню. Правильний вибір і встановлення решіт є однією з основних умов забезпечення високої якості очищення та сортування зернового матеріалу. Для кожної нової партії зерна решета рекомендується підбирати окремо з урахуванням його фізико-механічних властивостей [1, 8, 16].

Для правильного вибору решіт необхідно чітко розуміти функціональне призначення кожного з них у технологічній схемі машини. Під час підбору можна користуватися відповідними довідковими таблицями. Решето Б1 повинно забезпечувати поділ зернової маси на дві приблизно рівні за масою частини, які відрізняються між собою переважно розмірами частинок.

Основним призначенням решета Б2 є пропускання основної маси зерна та відокремлення великих домішок. Тому його слід вибирати з такими розмірами отворів, які максимально наближені до найбільшого розміру зерна за товщиною або шириною. Підбір решета В, як правило, не викликає труднощів, оскільки його параметри визначаються згідно з рекомендованими таблицями.

Решето Г використовується для виділення дрібного зерна, непридатного для використання як посівний матеріал (зерно другого сорту). Під час очищення насіннєвого матеріалу зазвичай застосовують решета з більшими отворами, ніж при обробці продовольчого зерна [1, 8, 16].

Для спрощення процесу підбору доцільно використовувати лабораторні решета. Після встановлення підібраних решіт необхідно виконати пробне очищення зерна та перевірити правильність їх вибору шляхом аналізу складу матеріалу, що виходить із різних каналів машини. Якщо будь-яке решето не забезпечує необхідної якості розділення, його слід замінити на інше.

Решета Б1, Б2, В і Г мають однакові габаритні розміри, що значно спрощує їх заміну та компонування залежно від культури, яка очищується.

Завдяки цьому будь-яке з указаних решіт може бути встановлене на відповідне місце в машині.

Перед монтажем у машину решета необхідно ретельно очистити, промити спеціальною промивальною рідиною та витерти чистою тканиною. Після цього їх встановлюють у відповідні рамки та монтують у решітний стан машини [1, 8, 16].

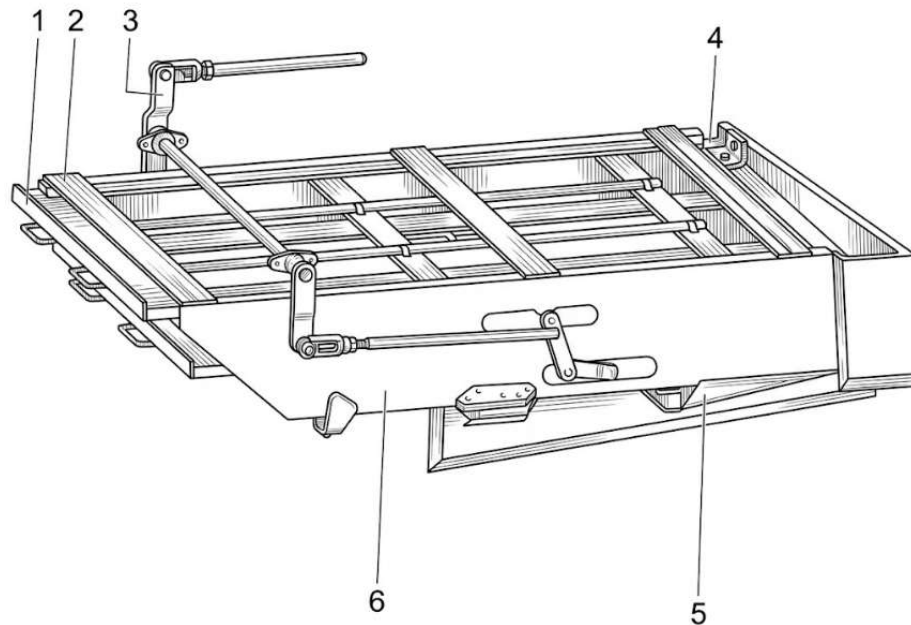


Рисунок 2.6 – Решітний стан

Регулювання подачі матеріалу. Після встановлення необхідної подачі зернового матеріалу відключаючий упор, який закріплений на осі клапана-живильника, налаштовують таким чином, щоб при збільшенні подачі, тобто при більшому відхиленні клапана, він взаємодіяв із роликком кінцевого вимикача. У результаті цього автоматично вимикається механізм переміщення машини, що призводить до зменшення подачі матеріалу. Така система забезпечує автоматичне підтримання заданої продуктивності подачі, завдяки чому досягається рівномірне завантаження робочих органів машини та стабільне протікання технологічного процесу [1, 8, 16].

Підпружинений клапан живильного пристрою дає можливість рівномірно розподіляти зерновий матеріал по всій ширині аспіраційного каналу. Це здійснюється шляхом зміни зусилля притискання клапана. Регулювання виконується поворотом і фіксацією спеціального регулювального важеля (рис.

2.7). Для культур із дрібним насінням встановлюють менше зусилля притискання клапана, тоді як для зернових культур його збільшують.

Регулювання повітряного потоку. Після налаштування подачі зернової маси виконують регулювання швидкості повітряного потоку в аспіраційних каналах машини. У каналі I аспірації швидкість повітря встановлюють такою, щоб забезпечити ефективне видалення пилу, полови, частинок соломи, легких насінин бур'янів та інших легких домішок. У каналі II аспірації повітряний потік налаштовують таким чином, щоб відокремлювалися щуплі та недорозвинені зерна основної культури, а також сторонні легкі домішки. Правильне регулювання аспіраційної системи є необхідною умовою отримання якісно очищеного зернового матеріалу та забезпечення високої ефективності роботи машини [1, 8, 16].

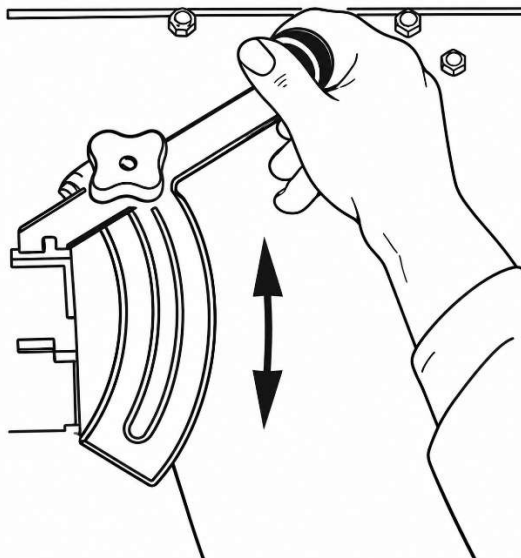


Рисунок 2.7 – Регулювання подачі матеріалу

Регулювання повітряного потоку. Під час очищення зернових культур необхідну інтенсивність повітряного потоку встановлюють шляхом зміни частоти обертання діаметральних роторів вентиляторів. Максимальна частота обертання досягається при встановленні приводного ремня на потік $n = 224$ мм трипотокового шківа. Для отримання мінімальної частоти обертання ремінь переставляють на потік $n = 160$ мм того ж шківа. Додаткове регулювання швидкості повітряного потоку в межах від максимального до мінімального значення здійснюється зміною положення регулювальних заслінок,

розташованих в аспіраційних каналах. При роботі вентиляторів з максимальною частотою обертання заслінки повинні бути повністю відкритими [1, 8, 16].

Налаштування роботи трієрів. Ефективність роботи трієрних циліндрів значною мірою визначається правильним положенням робочої кромки приймального жолоба. Під час регулювання необхідно враховувати особливості процесу розділення зернової суміші. Якщо робоча кромка жолоба в овсюжному циліндрі встановлена занадто високо, якість очищення насіння підвищується, оскільки зменшується потрапляння домішок до приймального жолоба. Проте в цьому випадку частина повноцінного насіння не потрапляє до жолоба, залишається в трієрному циліндрі та виходить разом із довгими домішками, що призводить до втрат основної культури. Тому положення жолоба необхідно підбирати таким чином, щоб забезпечити оптимальне співвідношення між якістю очищення та величиною втрат зерна [1, 8, 16].

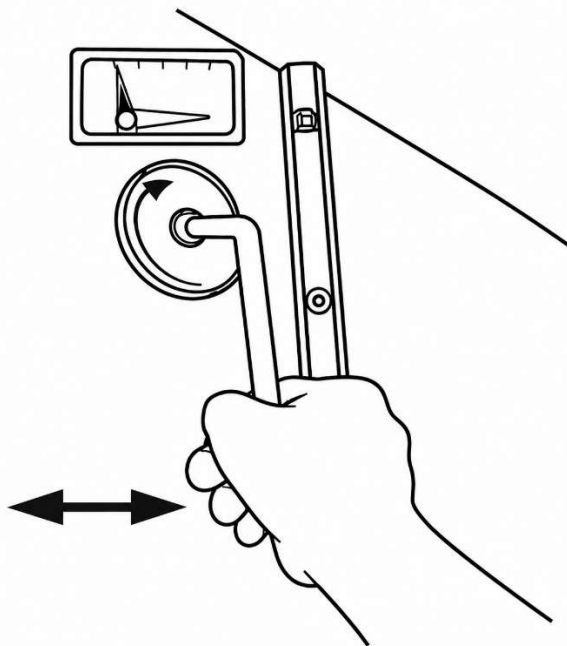


Рисунок 2.8 – Регулювання повітряного потоку

При низькому розташуванні робочої кромки жолоба в овсюжному циліндрі в очищеному зерні залишається більша кількість довгих домішок, таких як вівсюг або овес під час очищення пшениці, проте втрати основного зерна з відходами зменшуються (рис. 2.8).

У кукільному циліндрі високе положення робочої кромки жолоба призводить до того, що короткі домішки потрапляють у жолоб у меншій кількості, оскільки частина з них випадає з комірок раніше та не досягає його приймальної кромки. Якщо ж робочу кромку жолоба опустити нижче, кількість коротких домішок, які потрапляють у жолоб, збільшується. У результаті зерновий матеріал очищується більш якісно, однак разом із домішками до жолоба може потрапляти і певна частина повноцінного зерна [1, 8, 16].

Оптимальне положення робочої кромки жолоба підбирають таким чином, щоб забезпечити достатньо чітке розділення зернової суміші при збереженні високої продуктивності трієра. Регулювання здійснюється поворотом жолоба за допомогою маховичка через зубчасту передачу з подальшою фіксацією встановленого положення фрикційним механізмом.

Якість роботи трієрних циліндрів контролюють шляхом перевірки всіх вихідних потоків матеріалу. Оптимальне завантаження трієра визначають за складом відходів, що містять довгі домішки. Для цього поступово збільшують подачу матеріалу до моменту, коли разом із довгими домішками починає виділятися основне зерно. Після цього завантаження зменшують доти, поки у відходах не перестане з'являтися повноцінне зерно. Такий режим роботи вважається оптимальним для даного трієрного циліндра.

У разі надмірного завантаження циліндрів ефективність роботи трієрів знижується. Комірки не встигають захоплювати та піднімати необхідну кількість насіння до жолоба, внаслідок чого значна його частина сходить безпосередньо в приймальний пристрій, що погіршує якість очищення зернової маси.

При недостатньому завантаженні трієра разом з очищеним насінням та короткими домішками в приймальний потік можуть потрапляти і довгі домішки, зокрема овес або вівсюг під час очищення пшениці. Для забезпечення якісної роботи трієрних циліндрів необхідно підтримувати оптимальне завантаження насіннєвим матеріалом, не допускаючи як надмірного перевантаження, так і недостатньої подачі зернової маси [1, 8, 16].

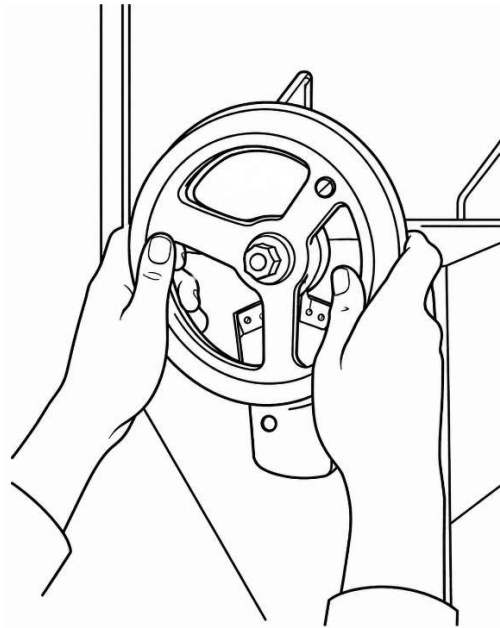


Рисунок 2.9 – Налаштування роботи трієрів

Проведений аналіз конструкції приводу машини показав наявність можливостей для його вдосконалення. Зокрема, доцільним є впровадження незалежного приводу завантажувального транспортера. Аналіз конструктивних особливостей машини свідчить, що реалізація такого технічного рішення можлива без внесення суттєвих змін до базової конструкції, що є важливою перевагою запропонованої модернізації.

Удосконалена конструкція відрізняється простотою виконання та монтажу. Електродвигун приєднується до редуктора за допомогою спеціальної кришки-перехідника, що забезпечує надійне з'єднання вузлів приводу. Сам редуктор встановлюється безпосередньо на завантажувальному транспортері та закріплюється чотирма болтами зі спеціальними головками. Така конструкція спрощує монтажні роботи, підвищує надійність приводу та створює умови для ефективної експлуатації модернізованого транспортера [1, 8, 16].

3. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЗАВАНТАЖУВАЛЬНОГО ЕЛЕВАТОРА МАШИНИ СМ-4

3.1. Опис конструкції привода і обґрунтування потреби вдосконалення

За своїм функціональним призначенням зерноочисні машини поділяють на дві основні групи: машини загального та спеціального призначення.

Машини загального призначення використовуються для виконання первинного і вторинного очищення, а також сортування насіння зернових, зернобобових, технічних культур і трав. Машини спеціального призначення, до яких належать електромагнітні сепаратори, пневматичні сортувальні столи та інші пристрої, застосовують для додаткового або спеціального очищення зернового матеріалу [1, 8, 16].

Залежно від принципу роботи та комплексу робочих органів машини загального призначення поділяються на чотири основні типи: повітряні, повітряно-решітні, трієрні та повітряно-решітно-трієрні.

Повітряно-решітні машини використовують переважно для попереднього очищення та часткового сортування зерна після його обмолоту зернозбиральними комбайнами. Основними робочими органами таких машин є аспіраційна система та решітний стан. Крім того, вони оснащуються завантажувальними пристроями для подачі зернового матеріалу.

Повітряно-решітно-трієрні машини належать до більш складних технічних засобів і призначені для очищення та сортування насіння зернових, зернобобових, технічних та інших культур, що використовуються як посівний матеріал або для продовольчих потреб. До складу їх основних робочих органів входять трієрні циліндри, повітряно-очисні пристрої, а також системи завантаження та вивантаження зерна [1, 8, 16].

За способом переміщення зерноочисні машини поділяють на стаціонарні та пересувні. Пересувні машини можуть оснащуватися власним приводом для самостійного переміщення, у такому випадку їх називають самопересувними.

Продуктивність повітряних зерноочисних машин становить 10...20 т/год, повітряно-решітних – 1,25...2,0 т/год, трієрних – 1,25...10 т/год, а повітряно-решітно-трієрних – 3,75...4,5 т/год. Нижні значення продуктивності характерні для очищення насінневого матеріалу, а верхні – для обробки продовольчого зерна та первинного очищення насіння [1, 8, 16].

Насіннеочисна машина СМ-4 призначена для очищення та сортування насіння зернових, зернобобових, технічних культур, трав, а також продовольчого зерна.

Видалення домішок, розділення та сортування зернового матеріалу в машині здійснюється за допомогою повітряного потоку, решіт і трієрних циліндрів. Розділення компонентів суміші відбувається за їх аеродинамічними властивостями та геометричними параметрами, зокрема за товщиною, шириною і довжиною зерен [1, 8, 16].

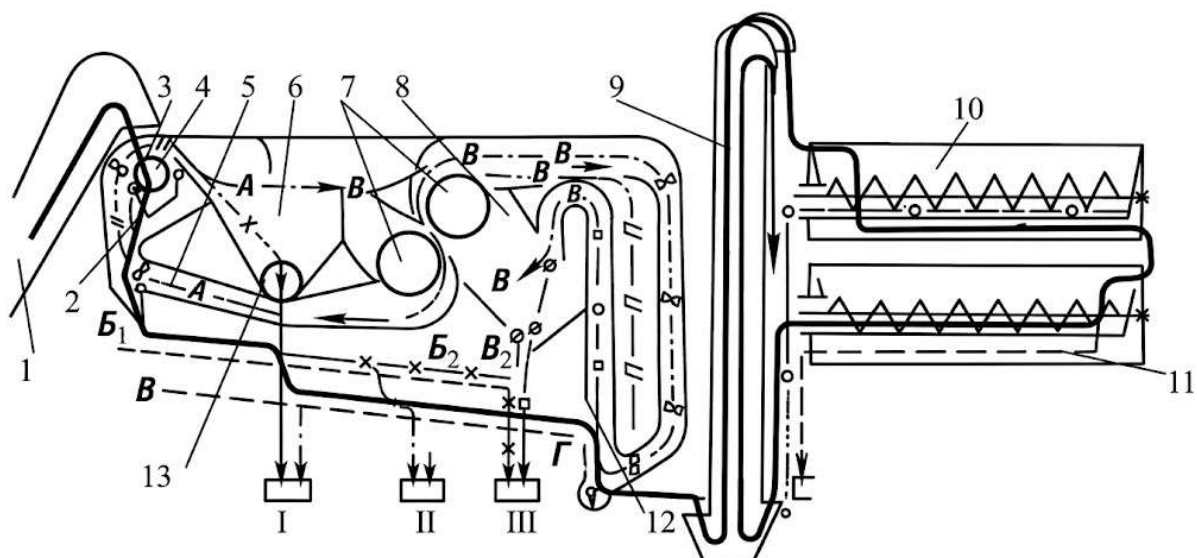


Схема потоків матеріалу та домішок

— оброблюваний матеріал; - - - дрібні домішки; - X - грубі домішки;
 - - - довгі домішки; - φ - короткі домішки; - в - повітряний потік;
 - I - легкі домішки; - □ - щупле зерно; - П - пилюка

Рисунок 3.1 – Схема робочого процесу насіннеочисної машини СМ - 4

1 – завантажувальний транспортер; 2 – ківш розподільного шнека; 4 – заслінка;
 5 – канал першої аспірації; 6 і 8 – відстійна камера першої і другої аспірації;
 7 – вентилятори; 9 – двопотоковий вивантажувальний елеватор; 10 і 11 – кукільний і вівсюжний трієри; 12 – канал другої аспірації; 13 – шнек відведення дрібних домішок; I, II, III – виходи.

Усі основні вузли та робочі органи машини змонтовані на зварній рамі, яка встановлена на триколісному ходовому пристрої.

Завантажувальний транспортер призначений для подачі зернового матеріалу до розподільного шнека машини. Його конструкція включає похилий скребковий транспортер і два Т-подібно розташовані шнекові живильники, які приєднані до нижньої головки завантажувального пристрою. Транспортер шарнірно з'єднаний із рамою машини, що дозволяє залежно від рельєфу току змінювати його положення по висоті за допомогою спеціальної лебідки. Привід завантажувального транспортера здійснюється через клинопасову передачу, яка передає обертання на його верхню головку [1, 8, 16].

Для регулювання інтенсивності подачі зернового матеріалу до розподільного шнека на кожусі похилого транспортера встановлено рукоятку з гребінкою, яка шарнірно з'єднана зі спеціальною регулювальною заслінкою.

Повітроочисна частина машини призначена для видалення з оброблюваного матеріалу легких домішок, пилу та недорозвинених зерен. Вона являє собою зварну конструкцію з листової сталі, що включає дві замкнені аспіраційні системи – першої та другої аспірації [1, 8, 16].

Створення повітряних потоків у кожній аспіраційній системі забезпечують два вентилятори. У системі першої аспірації передбачено спеціальний живильний пристрій, який електрично пов'язаний із механізмом самопересування машини.

До складу живильного пристрою входять розподільний шнек, підпружинений живильний клапан та рухома перегородка. Зусилля притискання клапана регулюється за допомогою спеціального важеля-фіксатора. На осі клапана встановлено вимикач, який у випадку переповнення розподільного шнека зерновим матеріалом автоматично зупиняє машину.

Рухома перегородка використовується як руйнівач склепінь при роботі з малосипкими матеріалами. В усіх інших випадках вона перебуває в нерухомому положенні та фіксується у спеціальній провусині, розташованій збоку трієрного блока.

В обох аспіраційних системах передбачені осаджувальні камери, призначені для накопичення та осадження легких домішок. Для видалення домішок із камери першої аспірації використовується спеціальний вивантажувальний шнек. Із другої осаджувальної камери легкі домішки видаляються самопливом. Для налаштування швидкості повітряного потоку в аспіраційних каналах встановлені регулювальні заслінки.

У спільній перегородці між аспіраційними системами виконано спеціальне вікно, через яке частина повітря переходить із нагнітального каналу першої аспірації до всмоктувальної зони другої. Завдяки цьому повітроочисна система працює за принципом замкненого повітряного циклу, при якому в атмосферу викидається не більше 10 % відпрацьованого повітря.

Між каналами другої аспірації встановлено знімний фільтр, через який частина запиленого повітря відводиться назовні. У корпусі другої аспірації передбачене вікно для надходження очищеного матеріалу з решітного стану, а в нижній частині розташований шнек для транспортування очищеного зерна.

На верхній частині повітроочисного блока змонтовано електродвигун приводу вентиляторів та контрпривід із варіатором, який забезпечує зміну частоти обертання вентиляторів залежно від режиму роботи машини [1, 8, 16].

Решітний стан призначений для очищення та сортування зернового матеріалу за допомогою решіт. До його складу входять чотири решета, розміщені у два яруси: у верхньому встановлені решета Б1 і Б2, а в нижньому – В і Г.

Решітний стан закріплений на рамі машини за допомогою вертикальних пружинних підвісок і приводиться у зворотно-поступальний рух двома шатунами від приводного вала. Частота його коливань становить 418 кол/хв., а амплітуда переміщення дорівнює 15 мм.

Для запобігання забиванню отворів решіт знизу до них щільно прилягають очищувальні щітки. Щітки здійснюють зворотно-поступальний рух із частотою коливань 29 кол/хв. та амплітудою 256 мм, забезпечуючи безперервне очищення робочої поверхні решіт [1, 8, 16].

Трієрні циліндри призначені для відокремлення від зернової маси коротких і довгих домішок. У конструкції машини передбачено два трієри: верхній – кукільний, який використовується для видалення коротких домішок, та нижній – вівсюжний, призначений для відокремлення довгих домішок. Обидва трієрні циліндри мають однакову конструктивну будову.

Кожний трієр складається з комірчастого циліндра, приймального жолоба-лотка, транспортуючого шнека та розеток. Трієрні циліндри встановлені на рамі машини горизонтально. Для забезпечення осевого переміщення зернового матеріалу по циліндру на бокових стінках жолоба закріплені спеціальні вигнуті лопатки (плужки). Положення жолоба може змінюватися за допомогою маховичка та зубчастої передачі.

Діаметр комірок кукільного трієра становить 5 мм, а вівсюжного – 9,5 мм. Частота обертання кожного трієрного циліндра дорівнює 45 об/хв.

Вивантажувальний елеватор ковшового типу використовується для подачі матеріалу до трієрних циліндрів та виведення очищеного зерна з машини. Конструктивно він виконаний у вигляді двопотокової ковшової норії закритого типу.

Привід елеватора здійснюється від контрпривода через клинопасову передачу на вал верхньої головки. Від нижньої головки елеватора крутний момент передається на шнек чистого зерна.

Механізм самопересування призначений для переміщення машини вздовж зернового бурта під час роботи, а також для її транспортування між буртами без використання додаткових транспортних засобів.

Конструкція механізму забезпечує рух машини з робочою швидкістю 4,5 м/год, транспортною швидкістю 435 м/год, а також можливість руху в зворотному напрямку (реверс [1, 8, 16]).

Під час роботи вздовж зернового бурта завантажувальний транспортер подає зерновий матеріал до розподільного шнека. Розподільний шнек рівномірно розподіляє зерно по всій ширині машини та направляє його в канал першої аспірації. У цьому каналі зустрічний повітряний потік видаляє легкі домішки,

зокрема соломі, колоски, головки бур'янів та інші сторонні включення, які осідають в осадовій камері та виводяться шнеком.

Після попереднього очищення в першому аспіраційному каналі зерновий матеріал надходить на решето Б1 решітного стану. Тут зернова суміш розділяється приблизно на дві рівні за масою фракції, що відрізняються між собою розмірами зерен.

Більш крупна фракція сходом із решета Б1 потрапляє на решето Б2, де відокремлюються великі домішки. Вони видаляються сходом, а зерно проходить крізь отвори та надходить на сортувальне решето Г.

Прохід через решето Б1 потрапляє на підсівне решето В, де відокремлюються дрібні домішки. Матеріал, що сходить із решета В, подається на решето Г та змішується із зерном, яке пройшло через решето Б2.

На решеті Г дрібне зерно проходить через отвори та відводиться окремим потоком [1, 8, 16].

Матеріал, що сходить із решета Г, надходить до другої аспірації, де потоком повітря видаляються легкі домішки та щупле зерно. Вони накопичуються в другій осадовій камері та виводяться самопливом. Зерно, очищене на решетах та в аспіраційних каналах, за допомогою шнека чистого зерна подається до першого каналу двопотокового вивантажувального елеватора.

Елеватор транспортує зерно до кукульного трієра, де від нього відокремлюються короткі домішки. Вони потрапляють у жолоб, виводяться шнеком назовні та об'єднуються з відходами, які були відокремлені на решеті Г.

Після очищення від коротких домішок зерно надходить до вівсюжного трієра, де здійснюється видалення довгих домішок. Далі очищений матеріал шнеком жолоба подається до другого каналу вивантажувального елеватора.

Передача зерна з кукульного трієра до вівсюжного здійснюється за допомогою підйомного колеса, розташованого на задній розетці кукульного циліндра, та спеціального направляючого жолобка.

Під час очищення продовольчого зерна трієрні циліндри можуть бути відключені. У такому випадку очищений матеріал безпосередньо надходить до головки другого каналу вивантажувального елеватора.

Регулювання інтенсивності повітряного потоку під час очищення зернових культур здійснюється шляхом зміни частоти обертання роторів вентиляторів за допомогою спеціального регулювального важеля. При цьому заслінки в аспіраційних каналах повинні бути повністю відкритими [1, 8, 16].

Під час роботи з дрібнонасінними культурами частоту обертання вентиляторів встановлюють на мінімальному рівні. Подальше зменшення швидкості повітряного потоку досягається зміною положення регулювальних заслінок, розташованих в аспіраційних каналах машини.

Зміну частоти обертання роторів вентиляторів допускається виконувати лише під час роботи машини. Регулювання здійснюють безпосередньо на ходу, що забезпечує можливість оперативного налаштування повітряного потоку відповідно до властивостей оброблюваного матеріалу.

У процесі експлуатації фільтр поступово забруднюється пилом та легкими домішками, тому його необхідно періодично очищати. Для цього передбачений спеціальний важіль, розташований на боковій стінці другої аспірації, за допомогою якого здійснюється струшування фільтра та видалення накопичених забруднень.

Важливою умовою якісної роботи машини є правильний вибір решіт. Від точності їх підбору значною мірою залежать показники очищення та сортування зернового матеріалу. Підбір решіт необхідно виконувати окремо для кожної культури з урахуванням її розмірних характеристик та складу домішок.

Під час вибору решіт рекомендується користуватися спеціальними таблицями, наведеними в інструкції з експлуатації машини. Використання цих рекомендацій дозволяє забезпечити оптимальний режим роботи решітного стану та досягти високої якості очищення зерна [1, 8, 16].

Після підбору та встановлення необхідних решіт виконують пробне очищення зернового матеріалу. Правильність вибору решіт оцінюють шляхом

контролю складу матеріалу на всіх виходах машини. За результатами перевірки визначають ефективність розділення зернової суміші та, за необхідності, здійснюють заміну окремих решіт на більш відповідні.

Таблиця 3.1 – Попереднього підбору решіт.

Культура	Розмір і форма отворів решіт, мм			
	Б ₁	Б ₂	В	Г
Пшениця	□ - 2,2 - 3,0	□ - 3,0 - 4,0	О-2,5	□ - 2,0-2,4
Жито	□ - 2,2 - 2,6	□ - 3,0-3,6	О-2,5	□ - 1,7-2,0
Ячмінь	□ - 2,4 - 3,0	□ - 3,6-5,0	О-2,5	□ - 2,2-2,6
Гречка	О - 4,0 – 5,0	Δ-5,5-6,0	Δ-2,6-3,0	о - 3,6-4,0

Примітка: □ – решета з прямокутними продовгуватими отворами; О – решета з круглими отворами; Δ – решета з трикутними отворами.

Якість роботи трієрних циліндрів значною мірою залежить від положення робочих кромek приймальних жолобів. Регулювання їх положення здійснюється за допомогою маховичка через зубчастий механізм, що дозволяє встановлювати необхідний режим роботи трієра залежно від складу зернової суміші.

У випадку, коли з кукільного циліндра разом із короткими домішками, такими як кукіль або бите зерно, видаляється значна кількість повноцінного насіння, робочу кромку жолоба необхідно опустити. Таке регулювання сприяє зменшенню втрат основного зерна та підвищенню ефективності процесу очищення.

Контроль якості роботи трієрних циліндрів здійснюють шляхом ретельного огляду всіх потоків матеріалу, що виходять із циліндрів. За результатами перевірки оцінюють повноту видалення домішок та правильність налаштування робочих органів машини [1, 8, 16].

3.2. Обґрунтування потреби вдосконалення і опис властивостей конструкції

Під час виконання технологічного процесу зерноочисна машина не завжди використовує свій потенціал повною мірою, оскільки її продуктивність залежить від низки факторів, зокрема рівномірності подачі матеріалу, ступеня завантаження робочих органів та властивостей зернової маси. У зв'язку з цим одним із напрямів підвищення ефективності роботи машини є забезпечення максимально можливого завантаження її робочих органів без порушення технологічного процесу.

Основною метою проведеного вдосконалення було підвищення продуктивності зерноочисної машини за рахунок більш повного використання її технічних можливостей. Досягти цього можна шляхом регулювання інтенсивності подачі зернового матеріалу завантажувальним транспортером, змінюючи швидкість його переміщення. Такий підхід дозволяє підтримувати оптимальне завантаження робочих органів і забезпечувати стабільну роботу машини.

Для реалізації запропонованого технічного рішення було виконано розрахунок потужності приводу завантажувального транспортера та здійснено підбір відповідних елементів приводу. За результатами розрахунків із стандартного ряду вибрано черв'ячний редуктор марки 2ЧМ-40 з передатним числом 8 та номінальною потужністю 0,63 кВт. Для його приводу підібрано електродвигун марки 4ААМ50А4ЕЄ/1350 потужністю 0,63 кВт, параметри якого відповідають умовам роботи модернізованого транспортера.

3.3. Розрахунок кінематики приводу

Параметри і показники завантажувального транспортера залишаємо незмінними, змінюється лише привід. Для того нам необхідно визначити

потужність приводу завантажувального транспортера яка розраховують з емпіричної залежності [5, 10, 12]:

$$P = \frac{Q}{367}(L \cdot w + H) \quad (3.1)$$

$$P = \frac{6.8}{367}(1.4 \cdot 3.8 + 2.5) = 0.146 \text{ кВт}$$

Де Q – продуктивність т/год

L – довжина горизонтальної проекції транспортера, м;

H – висота вертикальної проекції транспортера, м;

w – коефіцієнт опору руху

Продуктивність транспортера розраховуємо за формулою [5, 10, 12]:

$$Q = 3600F\gamma vK_c = 3600Bhv\gamma K_c \quad (3.2)$$

$$Q = 3600 \cdot 0,14 \cdot 0,07 \cdot 0,5 \cdot 0,65 \cdot 0,6 = 6,8 \text{ т/год.}$$

Розраховуємо потужність приводу шнеків [5, 10, 12]:

$$P = \frac{QL}{367}(w + \sin \beta)C \quad (3.3)$$

$$P = \frac{3.4 \cdot 1.6}{367}(1.2 + \sin 0)2.5 = 0.045$$

Де L – довжина транспортера, м;

Q – продуктивність т/год

β – кут нахилу;

w – коефіцієнт опору руху;

C – коефіцієнт який враховує кут нахилу транспортера.

Потужність двигуна визначаємо так [5, 10, 12]:

$$P = 1.2 \frac{P_u \cdot n + P_m}{\eta} \quad \text{кВт} \quad (3.4)$$

$$P = 1.2 \frac{0,045 \cdot 2 + 0,146}{0,57} = 0,497$$

де, n – кількість шнеків, шт.

η – ККД приводу;

За потужністю та обертами вибираємо двигун.

Марка двигуна 4ААМ50А4ЕЄ/ 1350 / $P_{дв}=0,6$ кВт;

Частота обертання ведучого вала приводу $n_1=1350$ об/хв.

Загальне передаточне число приводу [5, 10, 12]:

$$u = \frac{n_1}{n_H}; \quad (3.5)$$

де n_1 – частота обертання веденого вала приводу;

n_H – частота обертання ведучого вала;

$$u = \frac{n_1}{n_H} = \frac{1350}{98} = 13,78 \quad (3.6)$$

Передаточне число пасової передачі:

$$u_q = \frac{u}{u_n}; \quad (3.7)$$

де u – загальне передаточне число приводу;

u_n – прийняте передаточне число черв'ячного редуктора ($u_n = 8$);

$$u_n = \frac{13,78}{8} = 1,72$$

де $\omega_1, \omega_2, \omega_3$ – кутові швидкості на валах, рад/с

Крутні моменти в перерізі вала.

Кутові швидкості на валу

$$\omega = \frac{\omega_1}{u_q}; \quad (3.8)$$

$$\omega = \frac{141,3}{8} = 17,66 \text{ рад/с};$$

де n – частота обертання ведучого вала приводу;

u_q – прийняті передаточні числа.

Крутні моменти на валах [5, 10, 12].

$$T = \frac{P \cdot 10^3}{\omega}; \quad (3.9)$$

$$T = \frac{0,6 \cdot 10^3}{17,66} = 33,9 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

де P_1 , – потужність на валі приводу ,кВт

ω – кутові швидкості на валах, рад/с

Частота обертання вала [5, 10, 12]

$$n_1 = \frac{30 \cdot \omega}{\pi}; \quad (3.10)$$

$$n_1 = \frac{30 \cdot 17,6}{3,14} = 168,7 \text{ об/хв}$$

де ω_1 – кутова швидкість на валі, рад/с

3.4. Розрахунок клинопасової передачі

Геометричні параметри передачі [5, 10, 12].

Діаметр ведучого шківа передачі

$$d'_1 = 3,6 \cdot \sqrt[3]{T_1 \cdot 10^3} \quad (3.11)$$

$$d'_1 = 3,6 \cdot \sqrt[3]{33,9 \cdot 10^3} = 124,76 \text{ мм}$$

де T_1 – крутний момент в перерізі ведучого вала передачі, Н·м

Кінцеву величину вибираємо ближчу із стандартного ряду:

$$d'_1 = 125, \text{ мм}$$

Діаметр веденого шківа передачі

$$d'_2 = d'_1 \cdot u \cdot (1 - \varepsilon) \quad (3.12)$$

$$d'_2 = 125 \cdot 1,72 (1 - 0,01) = 193,5 \text{ мм}$$

де d'_1 – діаметр ведучого шківа, мм

u – передаточне число передачі;

$\varepsilon = 0,01$ – коефіцієнт проковзування, враховує ковзання паса по шківу.

Кінцеву величину вибираємо ближчу із стандартного ряду:

$$d'_2 = 195 \text{ мм}$$

Міжосьова відстань пасової передачі

$$a = 1,8 \cdot (d_1 + d_2) \quad (3.13)$$

$$a = 1,8 \cdot (125 + 195) = 576 \text{ мм}$$

де d_1, d_2 – діаметр ведучого і веденого шківів, мм;

Мінімальна міжосьова відстань передачі

$$a_{\min} = d_1 + d_2, \quad (3.14)$$

де d_1, d_2 – діаметр ведучого і веденого шківів, мм;

$$\alpha_{\min} = 125 + 195 = 320 \text{ мм},$$

Кінцеву величину вибираємо ближчу із стандартного ряду:

$$\alpha_{\min} = 320 \text{ мм}$$

Довжина паса [5, 10, 12]

$$L' = 2 \cdot a' + 0,5 \cdot \pi \cdot (d_1 + d_2) + \frac{(d_2 + d_1)^2}{4a'}, \text{ мм} \quad (3.15)$$

де α – міжосьова відстань, мм;

d_1, d_2 – діаметр ведучого і веденого шківів, мм;

$$L' = 2 \cdot 576 + \frac{3,14}{2} (125 + 195) + \frac{(195 - 125)^2}{4 \cdot 576} = 1656,1 \text{ мм}$$

Кінцеву величину вибираємо ближчу із стандартного ряду: $L = 1600$ мм

Кут обхвату меншого шківа пасом [5, 10, 12]

$$\alpha_1 = 180^\circ + \frac{d_2 - d_1}{a} \cdot 57^\circ \geq \alpha_{\min}, \text{ град} \quad (3.16)$$

де α – міжосьова відстань, мм;

d_1, d_2 – діаметр ведучого і веденого шківів, мм;

$$\alpha_1 = 180^\circ - \frac{195 - 125}{576} \cdot 57^\circ = 173,1 \text{ град}$$

Фактичне передаточне число передачі

де d_1, d_2 – діаметр ведучого і веденого шківів, мм;

$\varepsilon = 0.01$ – коефіцієнт проковзування.

$$u_\phi = \frac{d_2}{d_1 \cdot (1 - \varepsilon)} \quad (3.17)$$

$$u_\phi = \frac{195}{125 \cdot (1 - 0.01)} = 1,72$$

Відхилення від заданого передаточного числа

$$\Delta u = \left(\frac{u_\phi - u}{u} \right) \cdot 100; \quad (1.18)$$

де u_ϕ, u – фактичне та задане передаточні числа.

$$\Delta u = \frac{3,02-3}{3} \cdot 100 = 0,66\%,$$

Колова швидкість пасів [5, 10, 12]

$$V = \omega_1 \cdot \frac{d_1}{2 \cdot 10^3} \quad (3.19)$$

$$V = 17,66 \cdot \frac{125}{2 \cdot 10^3} = 1,1 \text{ м/с}$$

де d_1 – діаметр ведучого шківa, мм;

ω_1 – кутова швидкість ведучого вала передачі, рад/с.

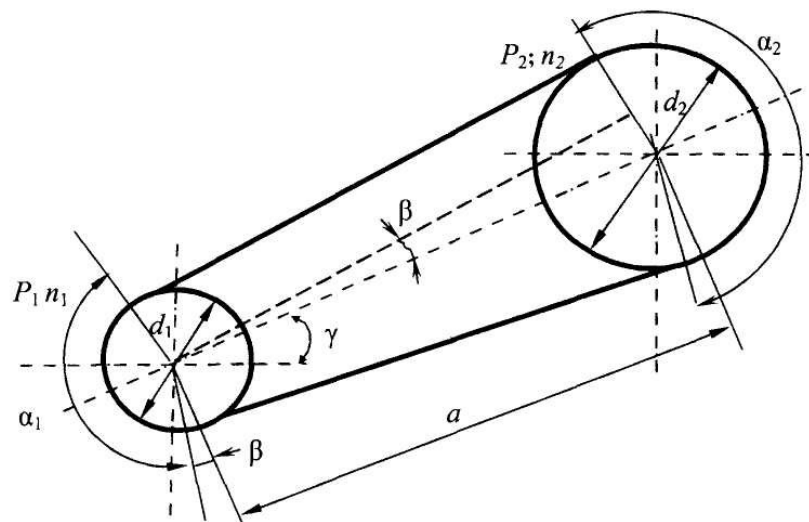


Рисунок 3.2 – Схема пасової передачі

Частота обертання веденого вала [5, 10, 12]

$$n_2 = \frac{n_1}{u_\phi} \quad (3.20)$$

$$n_2 = \frac{168,75}{1,72} = 98,1 \text{ об/хв}$$

$$\omega_2 = \frac{\omega_1}{u_\phi} \quad (3.21)$$

$$\omega_2 = \frac{17,66}{1,72} = 10,26 \text{ рад/с}$$

де n_1 – частота обертання ведучого вала, об/хв;

ω_1 – кутова швидкість ведучого вала передачі, рад/с.

u_ϕ – фактичне передаточне число передачі.

Силовий розрахунок передачі

Кількість пасів передачі [5, 10, 12]

$$z' = \frac{P_1 \cdot C_p}{P_0 \cdot C_L \cdot C_\alpha \cdot C_z} \quad (3.22)$$

$$z' = \frac{0,6 \cdot 1,1}{1,39 \cdot 0,98 \cdot 0,95 \cdot 0,95} = 0,55$$

Z приймаєм – 2,штуки

де $P_1 = 2$ потужність на ведучому валу передачі, кВт;

$P_0 = 2,26$ номінальна потужність, що передається одним клиновим пасом

$C_p = 1,1$ – коефіцієнт режиму роботи передачі,

$C_L = 0,98$ – коефіцієнт довжини паса

$C_\alpha = 0,95$ – коефіцієнт кута обхвату

$C_z = 0,95$ – коефіцієнт, що попередньо враховує число пасів передачі нахилу лінії з'єднання центрів шківів до горизонту.

Попередній натяг віток клинового паса [5, 10, 12]

$$F_0 = \frac{850 \cdot P_1 \cdot C_p \cdot C_L}{Z' \cdot V \cdot C_\alpha} + (\theta \cdot V^2) \quad (3.23)$$

$$F_0 = \frac{850 \cdot 0,6 \cdot 1,1 \cdot 0,98}{3 \cdot 1,1 \cdot 0,95} + (0,18 \cdot 0,6^2) = 153,35 \text{H}$$

$z' = 3$ прийнята кількість пасів передачі;

V – колова швидкість пасів, м/с;

θ – коефіцієнт, що враховує дію відцентрової сили, $\text{H} \cdot (\text{с}^2) / \text{м}^2$

Колова сила що, передається пасом

$$F_t = \frac{P_1 \cdot 10^3}{V} \quad (3.24)$$

$$F_t = \frac{0,6 \cdot 1000}{1,1} = 541 \text{H}$$

де P_1 – потужність на ведучому валу передачі, кВт;

V – колова швидкість пасів, м/с;

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1. Структурно-функціональний аналіз процесу збирання зернових культур

Післяжнивна обробка зерна є важливим етапом технологічного процесу виробництва зернової продукції, від якого залежить її якість, збереженість та придатність до подальшого використання. Під час виконання даного процесу працівники взаємодіють із транспортними засобами, зерноочисними машинами, навантажувальним обладнанням та електромеханічними приводами, що створює потенційну небезпеку виникнення виробничого травматизму.

Для виявлення причин можливих аварійних ситуацій і виробничих травм проведемо структурно-функціональний аналіз технологічного процесу. Основою такого аналізу є встановлення взаємозв'язків між небезпечними виробничими факторами, діями персоналу та можливими наслідками.

Технологічний процес післяжнивної обробки зерна включає приймання зернового вороху, його транспортування до зерноочисної машини СМ-4, очищення від домішок, переміщення очищеного зерна до місця зберігання та виконання допоміжних операцій. На кожному з етапів існують фактори, які можуть призвести до травмування обслуговуючого персоналу [4, 6, 14].

Основними небезпечними виробничими факторами є рухомі елементи транспортерів та елеваторів, обертові частини приводів, підвищений рівень запиленості повітря робочої зони, шум, можливість ураження електричним струмом, а також падіння працівників під час обслуговування обладнання. Особливу небезпеку становить привід завантажувального елеватора, де можливе захоплення одягу або частин тіла рухомими елементами механізму.

Під час експлуатації зерноочисної машини СМ-4 травмонебезпечна ситуація може виникнути внаслідок відсутності або пошкодження захисних кожухів, порушення правил технічного обслуговування, несправності

Таблиця 4.1 – Аналіз процесів формування та виникнення травмонебезпечних і аварійних ситуацій під час післязбиральної обробки зерна

Вид робіт, виробничий підрозділ, робоче місце, виробниче обладнання, склад агрегату	Виробнича безпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання небезпечним ситуаціям
	Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація (НС)		
1. Післязбиральна обробка зерна на зерноочисній машині СМ-4 (привід завантажувального елеватора)	Відсутність або пошкодження захисного кожуха привода елеватора НУ ₁	Працівник намагається усунути забивання елеватора під час роботи машини НД ₁	Захоплення одягу або частин тіла рухомими частинами привода елеватора НС ₁	Травмування працівника Тр Створення аварійної ситуації АС	Встановлення справних захисних огорожень і блокувальних пристроїв Проведення інструктажу, контроль за дотриманням правил експлуатації та безпеки
	Засмічення завантажувального елеватора НУ ₂	Працівник проводить очищення машини без зупинки привода НД ₂			
<p>Модель процесу:</p> <pre> graph LR NU1[НУ1, НУ2] --> ND1[НД1] NU1 --> ND2[НД2] ND1 --> NS1[НС1] ND2 --> NS1[НС1] NS1 --> Tr[Тр] NS1 --> AS[АС] </pre>					
2. Технічне обслуговування та ремонт обладнання зерноочисної машини СМ-4	Пошкодження ізоляції електропроводки НУ ₃	Виконання ремонту без відключення електроживлення НД ₃	Ураження електричним струмом НС ₂	Травмування працівника Тр Створення аварійної ситуації АС	Відключення обладнання від мережі перед ремонтом та обслуговуванням Перевірка справності електрообладнання та заземлення, використання діелектричних засобів захисту
	Відсутність заземлення або його несправність НУ ₄	Дотик до струмопровідних частин або корпусу обладнання НД ₄			
<p>Модель процесу:</p> <pre> graph LR NU3[НУ3, НУ4] --> ND3[НД3] NU3 --> ND4[НД4] ND3 --> NS2[НС2] ND4 --> NS2[НС2] NS2 --> Tr[Тр] </pre>					

електрообладнання, виконання ремонтних робіт без відключення електроживлення чи недотримання працівниками вимог охорони праці.

Проведений структурно-функціональний аналіз показує, що найбільш ефективними заходами запобігання травматизму є забезпечення справності захисних огорожень, використання систем блокування приводів, своєчасне проведення технічного обслуговування обладнання, застосування засобів індивідуального захисту та суворе дотримання виробничих інструкцій. Реалізація зазначених заходів дозволить підвищити рівень безпеки праці та знизити ризик виникнення аварійних ситуацій під час післяжнивної обробки зерна [4, 6, 14].

4.2. Розрахунок захисного заземлення під час роботи на машині СМ-4

Під час експлуатації зерноочисної машини СМ-4 існує небезпека ураження обслуговуючого персоналу електричним струмом у випадку пошкодження ізоляції електрообладнання та появи напруги на металевих частинах машини. Для захисту працівників передбачаємо влаштування захисного заземлення.

Захисне заземлення являє собою навмисне електричне з'єднання металевих неструмоведучих частин електрообладнання із заземлювальним пристроєм. Його призначення полягає у зниженні напруги дотику до безпечного рівня та забезпеченні спрацювання захисних пристроїв при замиканні фази на корпус [4, 6].

Для розрахунку приймаємо такі вихідні дані:

- напруга мережі – 380/220 В;
- питомий опір ґрунту $\rho = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$;
- довжина вертикального заземлювача $l = 3 \text{ м}$;
- діаметр електрода $d = 0,05 \text{ м}$;
- глибина закладання верхнього кінця електрода $h = 0,8 \text{ м}$;
- допустимий опір заземлювального пристрою $R_d = 4 \text{ Ом}$.

Опір розтікання струму одного вертикального електрода визначаємо за формулою [4, 6]:

$$R_1 = (\rho / (2\pi l)) \cdot [\ln (2l/d) + 0,5 \ln ((4h + l)/(4h - l))] \quad (4.1)$$

Підставляючи вихідні дані, одержимо:

$$R_1 = (100/(2 \cdot 3,14 \cdot 3)) \cdot [\ln(2 \cdot 3/0,05) + 0,5 \ln((4 \cdot 0,8 + 3)/(4 \cdot 0,8 - 3))] = 34,8 \text{ Ом}$$

Приймаємо контур заземлення із вертикальних сталевих електродів, з'єднаних між собою сталеву смугою.

Необхідна кількість електродів [4, 6]:

$$n = R_1 / (R\delta \cdot \eta) \quad (4.2)$$

де η – коефіцієнт використання електродів.

Для попереднього розрахунку приймаємо $\eta = 0,65$.

$$n = 34,8 / (4 \cdot 0,65) = 13,4$$

Приймаємо $n = 14$ електродів.

Фактичний опір групового заземлювача [4, 6]:

$$R_3 = R_1 / (n \cdot \eta) \quad (4.3)$$

$$R_3 = 34,8 / (14 \cdot 0,65) = 3,82 \text{ Ом}$$

Отримане значення є меншим за допустиме [4, 6]:

$$R_3 = 3,82 \text{ Ом} < R\delta = 4 \text{ Ом}$$

Отже, спроектований заземлювальний пристрій забезпечує необхідний рівень електробезпеки під час роботи зерноочисної машини СМ-4.

Для виконання заземлювального контуру використовують вертикальні електроди із кутової сталі 50×50×5 мм довжиною 3 м, які з'єднують між собою сталеву смугою перерізом 40×4 мм. Усі з'єднання виконують зварюванням. Опір заземлювального пристрою необхідно контролювати не рідше одного разу на рік.

Таким чином, розраховане захисне заземлення забезпечує безпечні умови праці персоналу та відповідає вимогам електробезпеки для експлуатації зерноочисної машини СМ-4.

4.3. Захист навколишнього середовища

Охорона навколишнього природного середовища є одним із важливих завдань сучасного сільськогосподарського виробництва. Під час виконання технологічних процесів післяжнивної обробки зерна необхідно забезпечити раціональне використання природних ресурсів та мінімізувати негативний вплив виробничої діяльності на атмосферне повітря, ґрунти, водні ресурси і рослинний світ.

У ДП «Дослідне господарство Радехівське» післяжнивна обробка зерна здійснюється із використанням зерноочисних машин, транспортного обладнання та допоміжних механізмів. У процесі їх роботи можливе утворення пилу, підвищеного рівня шуму, а також забруднення навколишнього середовища паливно-мастильними матеріалами під час експлуатації та обслуговування технічних засобів [17].

Одним із основних джерел негативного впливу на довкілля є зерновий пил, який утворюється під час очищення та переміщення зернової маси. Для зменшення його викидів необхідно забезпечити герметизацію місць пересипання зерна, підтримувати справний стан аспіраційних систем та регулярно очищувати пиловловлювальні пристрої. Зібраний пил може використовуватися як кормова добавка або утилізуватися відповідно до встановлених вимог.

Під час роботи зерноочисної машини СМ-4 та транспортного обладнання утворюється шум, який негативно впливає як на працівників, так і на навколишнє середовище. Зниження шумового навантаження досягається своєчасним технічним обслуговуванням обладнання, балансуванням рухомих частин, змащуванням підшипникових вузлів та встановленням шумопоглинальних елементів [17].

Особливу увагу необхідно приділяти запобіганню забрудненню ґрунтів і водних ресурсів паливно-мастильними матеріалами. Заправлення та технічне обслуговування машин слід проводити лише на спеціально обладнаних майданчиках із твердим покриттям. Відпрацьовані мастила, промаслені

матеріали та інші виробничі відходи необхідно збирати у спеціальні герметичні ємності та передавати спеціалізованим підприємствам для подальшої утилізації.

Для збереження родючості ґрунтів необхідно запобігати засміченню території виробничих майданчиків рослинними рештками, відходами зерноочищення та побутовим сміттям. Усі відходи повинні систематично прибиратися та складуватися у визначених місцях [17].

Важливим заходом охорони навколишнього середовища є дотримання вимог пожежної безпеки. Накопичення пилу та рослинних решток поблизу зерноочисного обладнання може стати причиною займання. Тому виробничі приміщення повинні регулярно очищуватися, а їх оснащення первинними засобами пожежогасіння має відповідати чинним нормативним вимогам.

Удосконалення привода завантажувального елеватора зерноочисної машини СМ-4 сприяє більш стабільній роботі обладнання, зменшенню простоїв і перевантажень механізмів, що позитивно впливає на рівень енергоспоживання та знижує непродуктивні витрати ресурсів. Це дозволяє підвищити ефективність технологічного процесу та зменшити його вплив на навколишнє середовище [17].

Таким чином, дотримання комплексу організаційних і технічних природоохоронних заходів під час післяжнивної обробки зерна забезпечує зменшення негативного впливу виробництва на довкілля, сприяє раціональному використанню природних ресурсів та створює умови для екологічно безпечної діяльності підприємства.

5. РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Для оцінки економічної ефективності вдосконалення зерноочисної машини СМ-4 проведемо порівняння базового та модернізованого варіантів за відомими методиками [7, 13]. Удосконалення привода завантажувального елеватора дає змогу підвищити продуктивність машини, зменшити питомі витрати електроенергії та скоротити експлуатаційні витрати.

Продуктивність машини до і після вдосконалення становить:

$$W_1 = 4 \text{ т/год};$$

$$W_2 = 6 \text{ т/год}.$$

Річне завантаження машини приймаємо:

$$T_p = 294 \text{ год}.$$

Річне напрацювання базової машини:

$$B_1 = W_1 \cdot T_p = 4 \cdot 294 = 1176 \text{ т}. \quad (5.1)$$

Річне напрацювання вдосконаленої машини:

$$B_2 = W_2 \cdot T_p = 6 \cdot 294 = 1764 \text{ т}. \quad (5.2)$$

Балансова вартість базової машини СМ-4 за сучасними цінами приймається:

$$B_1 = 100000 \text{ грн}.$$

Вартість модернізації привода завантажувального елеватора, що включає придбання редуктора, електродвигуна, пасової передачі, металоконструкцій та монтажні роботи, приймається:

$$D_k = 24000 \text{ грн}.$$

Тоді балансова вартість удосконаленої машини становитиме:

$$B_2 = 100000 + 24000 = 124000 \text{ грн}.$$

Зведені затрати на одиницю напрацювання визначаємо за формулою:

$$\eta = U + E_n \cdot K, \quad (5.3)$$

де U – прямі експлуатаційні затрати, грн/т; E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, $E_n = 0,15$; K – капітальні вкладення на одиницю напрацювання, грн/т.

Прямі експлуатаційні затрати визначаємо за формулою:

$$U = Z + \Gamma + P + A, \quad (5.4)$$

де Z – затрати на оплату праці, грн/т; Γ – затрати на електроенергію, грн/т;
 P – затрати на технічне обслуговування і поточний ремонт, грн/т;
 A – амортизаційні відрахування, грн/т.

Затрати на оплату праці визначаємо за формулою:

$$Z = n \cdot T \cdot K\partial / W, \text{ грн/т.} \quad (5.5)$$

де n – кількість працівників, $n = 1$; T – годинна тарифна ставка, $T = 120$ грн/год; $K\partial$ – коефіцієнт доплат і нарахувань, $K\partial = 1,22$; W – продуктивність машини, т/год.

Для базового варіанта:

$$Z_1 = 1 \cdot 120 \cdot 1,22 / 4 = 36,60 \text{ грн/т.}$$

Для вдосконаленого варіанта:

$$Z_2 = 1 \cdot 120 \cdot 1,22 / 6 = 24,40 \text{ грн/т.}$$

Затрати на електроенергію визначаємо за формулою:

$$\Gamma = q \cdot \Pi, \text{ грн/т.} \quad (5.6)$$

де q – питомі витрати електроенергії, кВт·год/т; Π – вартість 1 кВт·год електроенергії, $\Pi = 8,50$ грн/кВт·год.

Для базового варіанта приймаємо $q_1 = 1,5$ кВт·год/т:

$$\Gamma_1 = 1,5 \cdot 8,50 = 12,75 \text{ грн/т.}$$

Для вдосконаленого варіанта приймаємо $q_2 = 1,0$ кВт·год/т:

$$\Gamma_2 = 1,0 \cdot 8,50 = 8,50 \text{ грн/т.}$$

Затрати на технічне обслуговування і поточний ремонт визначаємо за формулою:

$$P = B \cdot \Gamma p / (W \cdot T p), \quad (5.7)$$

де B – балансова вартість машини, грн; Γp – коефіцієнт відрахувань на технічне обслуговування і ремонт, $\Gamma p = 0,15$.

Для базового варіанта:

$$P_1 = 100000 \cdot 0,15 / (4 \cdot 294) = 12,76 \text{ грн/т.}$$

Для вдосконаленого варіанта:

$$P_2 = 124000 \cdot 0,15 / (6 \cdot 294) = 10,54 \text{ грн/т.}$$

Амортизаційні відрахування визначаємо за формулою:

$$A = B \cdot a / (W \cdot Tp), \text{ грн/т.} \quad (5.8)$$

де a – коефіцієнт амортизаційних відрахувань, $a = 0,142$.

Для базового варіанта:

$$A_1 = 100000 \cdot 0,142 / (4 \cdot 294) = 12,07 \text{ грн/т.}$$

Для вдосконаленого варіанта:

$$A_2 = 124000 \cdot 0,142 / (6 \cdot 294) = 9,98 \text{ грн/т.}$$

Прямі експлуатаційні затрати для базового варіанта:

$$U_1 = 36,60 + 12,75 + 12,76 + 12,07 = 74,18 \text{ грн/т.}$$

Прямі експлуатаційні затрати для вдосконаленого варіанта:

$$U_2 = 24,40 + 8,50 + 10,54 + 9,98 = 53,42 \text{ грн/т.}$$

Капітальні вкладення на одиницю напрацювання для базового варіанта:

$$K_1 = 100000 / (4 \cdot 294) = 85,03 \text{ грн/т.}$$

Для вдосконаленого варіанта:

$$K_2 = 124000 / (6 \cdot 294) = 70,29 \text{ грн/т.}$$

Зведені затрати для базового варіанта:

$$\eta_1 = 74,18 + 0,15 \cdot 85,03 = 86,93 \text{ грн/т.}$$

Зведені затрати для вдосконаленого варіанта:

$$\eta_2 = 53,42 + 0,15 \cdot 70,29 = 63,96 \text{ грн/т.}$$

Зниження зведених витрат становить:

$$\Delta\eta = 86,93 - 63,96 = 22,97 \text{ грн/т.}$$

Річний економічний ефект визначаємо за формулою:

$$E_p = \Delta\eta \cdot B_2. \quad (5.9)$$

$$E_p = 22,97 \cdot 1764 = 40519,08 \text{ грн.}$$

Отже, річний економічний ефект від використання вдосконаленої зерноочисної машини СМ-4 становить:

$$E_p = 40,52 \text{ тис. грн.}$$

Строк окупності додаткових капіталовкладень визначаємо за формулою:

$$T_{ок} = D_k / E_p. \quad (5.10)$$

$$T_{ок} = 24000 / 40519,08 = 0,59 \text{ року.}$$

Отже, додаткові капіталовкладення на вдосконалення привода завантажувального елеватора машини СМ-4 окупляться приблизно за:

$$T_{ок} = 0,59 \text{ року.}$$

У розділі проведено техніко-економічну оцінку ефективності вдосконалення зерноочисної машини СМ-4. У результаті модернізації привода завантажувального елеватора продуктивність машини збільшується з 4 до 6 т/год, що забезпечує зростання річного напрацювання з 1176 до 1764 т.

Прямі експлуатаційні витрати зменшуються з 74,18 до 53,42 грн/т, а зведені витрати – з 86,93 до 63,96 грн/т. Економія на одиницю обробленого зерна становить 22,97 грн/т.

Річний економічний ефект від впровадження удосконаленої машини становить 40519,08 грн, або 40,52 тис. грн. Строк окупності додаткових капіталовкладень дорівнює 0,59 року, що підтверджує економічну доцільність запропонованого технічного рішення.

Таким чином, удосконалення привода завантажувального елеватора зерноочисної машини СМ-4 є ефективним, оскільки забезпечує підвищення продуктивності, зменшення питомих експлуатаційних витрат та швидку окупність вкладених коштів.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Досліджено виробничу діяльність ДП «Дослідне господарство Радехівське» Червоноградського району Львівської області. Встановлено, що господарство має молочно-зерновий напрям спеціалізації, а значна частка зернової продукції обумовлює необхідність удосконалення процесів її післяжнивної обробки.

2. Проаналізовано природно-кліматичні умови, структуру земельних угідь та технічне забезпечення господарства. Це дало змогу визначити наявні виробничі ресурси та обґрунтувати доцільність модернізації зерноочисного обладнання.

3. Досліджено існуючу технологію післяжнивної обробки зерна та організацію роботи зерноочисної машини СМ-4. Встановлено, що ефективність її роботи значною мірою залежить від рівномірності подачі зернового матеріалу на робочі органи.

4. Проаналізовано фізико-механічні властивості зернових сумішей і способи їх розділення. Це дозволило обґрунтувати використання повітряно-решітного та трієрного очищення для отримання якісного насінневого і продовольчого зерна.

5. Проведено аналіз конструкції зерноочисної машини СМ-4. У результаті встановлено, що найбільш перспективним напрямом удосконалення є модернізація привода завантажувального транспортера з метою регулювання подачі зерна.

6. Розроблено конструкцію незалежного привода завантажувального транспортера. Запропоноване рішення дозволяє змінювати швидкість подачі зернового матеріалу та забезпечувати оптимальне завантаження робочих органів машини.

7. Виконано інженерні розрахунки модернізованого привода. На їх основі підібрано черв'ячний редуктор 2ЧМ-40з з передатним числом 8 та

електродвигун 4ААМ50А4ЕЄ/1350 потужністю 0,63 кВт, що забезпечують надійну роботу транспортера.

8. Досліджено вплив продуктивності завантажувального транспортера на роботу зерноочисної машини. Встановлено, що регулювання подачі зерна дозволяє більш повно використовувати технічні можливості машини СМ-4 та підвищувати її продуктивність.

9. Виконано структурно-функціональний аналіз технологічного процесу післяжнивної обробки зерна та визначено основні небезпечні виробничі фактори. Це дало можливість розробити комплекс заходів щодо підвищення безпеки праці під час експлуатації машини.

10. Досліджено вплив технологічного процесу очищення зерна на навколишнє середовище. Запропоновані природоохоронні заходи сприяють зменшенню запиленості робочої зони та покращенню екологічних умов виробництва.

11. Проведена економічна оцінка показала, що впровадження модернізованого привода завантажувального транспортера є технічно обґрунтованим і економічно доцільним. Запропоноване удосконалення забезпечує підвищення продуктивності післяжнивної обробки зерна, покращення якості очищення та ефективніше використання наявного обладнання господарства.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Будова і принцип дії машин для очищення зерна від домішок [Електронне видання]: Методичні вказівки до виконання практичного заняття з дисципліни: «Технологічне обладнання підприємств зберігання та переробки зерна» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання за спеціальністю 181 Харчові технології / уклад. П.В. Гурський, С.Г. Іващенко, Маяк О.А. Електрон. дані. Харків : ДБТУ, 2024.
2. Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські машини; підручник [2-е вид.] / Д. Г. Войтюк, Г. Р. Гаврилюк. Київ : Каравела, 2008. 552 с.
3. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини: підручник / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. Київ: Агроосвіта, 2015. 679 с.
4. Жидецький В.Н., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці. Львів: Афіша, 2001. 349 с.
5. Коновалюк Д. М., Ковальчук Р.М. Деталі машин. Київ : Кондор, 2004. 584 с.
6. Лехман С.Д. та ін. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві / С.Д. Лехман, В.І. Рубльов, Б.І. Рябцев. Київ: Урожай, 2003. 272с.
7. Марченко В. Методика визначення показників економічної ефективності використання комплексів машин та машинно-тракторного парку. *Збірник наук.пр. НАУ. Механізац. с.г. ви-ва.* Том. XIV. 2003. С. 189-194.
8. Машини для первинної обробки врожаю сільськогосподарських культур: методичні вказівки до виконання практичної роботи з навчальної дисципліни «Сфера діяльності інженерамеханіка з агроінженерії» для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої спеціальності 208 «Агроінженерія» / Державний біотехнологічний університет; уклад. А.Д. Михайлов Харків: [б. в.], 2023. 25 с

9. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Полісся і західного регіону України / [редкол. : М. В. Зубець (гол. редколегії) та ін.]. Київ : Урожай, 2004. 560 с
10. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунку деталей машин. Львів : Афіша, 2003. 560 с.
11. Петриченко В.Ф., Лихочвор В.В. Рослинництво. Нові технології вирощування польових культур: підручник. -5-те вид., виправ., допов. Львів: НВФ „Українські технології”, 2020. 806 с.
12. Підйомно-транспортні машини. Розрахунки підймальних і транспортувальних машин. Бондарев В. С. та ін. Київ : Вища школа, 2009. 734 с
13. Про затвердження Методики очислення вартості машино-дня та збитків від простою машин” постанова Кабінету міністрів України від 12 липня 2004 р. N 885. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/> (дата звернення 22.05.2026 р.).
14. Про затвердження Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві. URL <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1090-18#Text> / (дата звернення: 05.05.2026).
15. Рудь А.В. Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва: підруч. у 2 т: Т 1 / Рудь А.В., Бендера І.М., Войтюк Д.Г. та ін.; за ред. А.В. Рудя. Київ: Агроосвіта, 2012. 584 с.
16. Сенчук М.М. Насіннеочисні машини: навчально-методичний посібник для самостійної роботи та лабораторно-практичних занять за кредитно-модульною системою навчання студентів агробіотехнологічного факультету / Сенчук М. М., Демещук В. А. Біла Церква, 2015. 195 с.
17. Ткачук О.П., Шкатула Ю.М., Тітаренко О.М. Сільськогосподарська екологія: навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ, 2020. 542 с.
18. Srivastava, Ajit K., Carroll E. Goering, Roger P. Rohrbach, and Dennis R. Buckmaster. 2006. Agricultural mechanization and some methods of study. Chapter 1 in Engineering Principles of Agricultural Machines, 2nd ed., 1-14. St. Joseph, Michigan: ASABE. Copyright American Society of Agricultural and Biological Engineers.