

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”
зав. кафедрою СГМ
к.т.н., професор
_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ
« ____ » _____ 2026 р.

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

«Механізація вирощування кукурудзи на силос з удосконаленням
силосозбирального комбайна»

Виконав здобувач вищої освіти IV курсу,
групи АІ-23мб-1
ОПП «Агроінженерія»
спеціальності 208 «Агроінженерія»
_____ Чернов Артем Миколайович
« ____ » _____ 2026 р.

Керівник проекту
доцент, канд. техн. наук

« ____ » _____ 2026 р.

Рецензент _____

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет агротехнічний

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 20 «Аграрні науки та продовольство»

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Освітньо-професійна програма «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

«__» _____ 2026 року

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

Чернов Артем Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи (проекту) Механізація вирощування кукурудзи на силос з удосконаленням силосозбирального комбайна

2. Керівник кваліфікаційної роботи (проекту) _____

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

3. Строк подання роботи до захисту _____

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи підвищення ефективності процесу збирання кукурудзи на силос за рахунок удосконалення конструкції подрібнюючого барабана, що забезпечує підвищення якості подрібнення, зниження енерговитрат та покращення експлуатаційних показників машини.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- провести аналіз сучасної технології вирощування кукурудзи на силос;

- обґрунтувати склад та параметри машинно-тракторних агрегатів;

- виконати аналіз конструкції силосозбирального комбайна КПП-2,4;

- розробити конструктивне удосконалення подрібнюючого барабана;

- провести інженерні розрахунки параметрів процесу подрібнення;

- розглянути питання охорони праці при виконанні технологічних операцій.

5. Перелік графічного матеріалу 1. Технологічна карта вирощування кукурудзи – ф. А1.

2. Операційна карта на збирання силосу – ф. А1. 3. Функціонально-технологічна схема комбайна КПП-2,4 – ф. А1. 4. Барабан подрібнюючий – ф. А1. Деталювання – ф. А1.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	2	3
1	Складання технічного завдання на виконання роботи	до 10.04.2026 р.
2	Аналіз типової технології вирощування горох з визначенням шляхів її удосконалення	до 08.05.2026 р.
3	Підготовка та подання керівнику роботи: - операційної технології виконання заданої операції - інженерної частин - охорони праці - вступу та висновків	до 20.05.2026 р. до 20.05.2026 р. до 20.05.2026 р. до 25.05.2026 р.
4	Доопрацювання розділів з урахуванням зауважень	до 27.05.2026 р.
5	Подання робочого варіанту роботи керівнику	до 30.05.2026 р.
6	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень керівника. Одержання відгуку	до 10.06.2026 р.
7	Перевірка роботи на плагіат	за 10 днів до захисту
8	Проходження нормо-контролю	за 8 робочих днів до захисту
9	Подання роботи завідувачу кафедри на перевірку	за 6 робочих днів до захисту
10	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень завідувача кафедри. Допуск роботи до захисту	за 4 робочі дні до захисту
11	Рецензування кваліфікаційної роботи	за 3 робочі дні до захисту
12	Підготовка документів, що подаються до ЕК	за 2 робочі дні до захисту
13	Подання кваліфікаційної роботи та документів до ЕК	за день до захисту
14	Захист кваліфікаційної роботи	за графіком кафедри

Дата видачі завдання

«___» _____ 2026 р.

Підпис керівника _____

_____ (прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«___» _____ 2026 р.

Підпис здобувача _____

Артем ЧЕРНОВ

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

У роботі проаналізовано сучасний стан технології вирощування кукурудзи на силос у зоні Лісостепу, розглянуто біологічні особливості культури, систему удобрення, обробіток ґрунту, сівбу, догляд за посівами та збирання врожаю.

Розроблено операційну технологію збирання кукурудзи на силос та виконано експлуатаційно-технологічні розрахунки. Виконано аналіз конструкції силосозбирального комбайна та досліджено роботу подрібнюючого барабана. Виконано розрахунок параметрів модернізованого барабана.

Встановлено, що запропоноване удосконалення забезпечує підвищення якості подрібнення, зниження енерговитрат і підвищення надійності роботи комбайна.

кукурудза на силос, силосозбиральний комбайн, подрібнюючий барабан, сила різання

ABSTRACT

The paper analyzes the current state of technology for growing corn for silage in the Forest-Steppe zone, considers the biological features of the crop, the fertilizer system, soil cultivation, sowing, crop care and harvesting.

The operational technology for harvesting corn for silage has been developed and operational and technological calculations have been performed. The design of the forage harvester has been analyzed and the operation of the crushing drum has been investigated. The parameters of the modernized drum have been calculated.

It has been established that the proposed improvement provides an increase in the quality of crushing, a decrease in energy consumption and an increase in the reliability of the combine.

corn for silage, forage harvester, crushing drum, cutting force

ЗМІСТ

	Стор.
1. ВСТУП	5
2. АНАЛІЗ ТИПОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ	7
2.1. Біологічні особливості кукурудзи на силос	7
2.2. Місце кукурудзи в сівозміні	9
2.3. Система удобрення кукурудзи на силос	10
2.4. Обробіток ґрунту	12
2.5. Сівба кукурудзи на силос.....	13
2.6. Догляд за посівами кукурудзи	15
2.7. Збирання кукурудзи на силос.....	16
2.8. Висновки по розділу	18
3. ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗБИРАННЯ КУКУРУДЗИ НА СИЛОС	20
3.1. Умови роботи силосозбирального агрегату	20
3.2. Агротехнічні вимоги до збирання кукурудзи на силос	21
3.3. Комплектування силосозбирального агрегату	23
3.4. Підготовка силосозбирального агрегату до роботи	28
3.5. Організація роботи силосозбирального агрегату	32
3.6. Контроль якості подрібнення силосної маси	35
3.7. Висновки по розділу	37
4. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА	39
4.1. Аналіз конструкції силосозбирального комбайна КПП–2,4	39
4.2. Аналіз роботи подрібнюючого барабана	40
4.3. Обґрунтування напрямку удосконалення подрібнюючого барабана	43
4.4. Розрахунок параметрів удосконаленого подрібнюючого барабана	45
4.5. Розрахунок на міцність елементів подрібнюючого барабана	48
4.6. Техніко–економічна ефективність удосконалення подрібню- ючого барабана	51
4.7. Висновки по розділу	53
5. ОХОРОНА ПРАЦІ	54
5.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів	54
5.2. Вимоги безпеки під час виконання робіт	54
5.3. Заходи щодо покращення умов праці	55
5.4. Висновки по розділу	55
6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	58
Додатки	62

1. ВСТУП

Кукурудза на силос є однією з найважливіших кормових культур у сучасному сільськогосподарському виробництві. Вона характеризується високою врожайністю зеленої маси, значною енергетичною цінністю, доброю перетравністю та збалансованим вмістом поживних речовин. Завдяки цим властивостям кукурудзяний силос займає провідне місце у раціонах великої рогатої худоби, особливо у молочному скотарстві.

В умовах інтенсифікації аграрного виробництва та підвищення вимог до якості кормів особливого значення набуває удосконалення технологій вирощування, збирання та заготівлі силосу. Ефективність виробництва кормів значною мірою залежить від рівня механізації технологічних процесів, оптимального підбору машинно–тракторних агрегатів, а також від технічного стану та конструктивних особливостей сільськогосподарських машин.

Сучасна технологія вирощування кукурудзи на силос включає комплекс взаємопов'язаних операцій: основний та передпосівний обробіток ґрунту, внесення добрив, сівбу, догляд за посівами та збирання врожаю. Кожна з цих операцій повинна виконуватися з дотриманням агротехнічних вимог і у визначені строки. Однак найбільш відповідальною і енергоємною операцією є збирання кукурудзи на силос, що включає зрізування рослин, подрібнення та завантаження маси у транспортні засоби.

Якість силосу значною мірою визначається ступенем подрібнення рослинної маси. Оптимальна довжина різки забезпечує щільне ущільнення силосної маси, зменшення втрат поживних речовин та покращення умов ферментації. Недостатнє або нерівномірне подрібнення призводить до погіршення якості корму, підвищення втрат при зберіганні та зниження продуктивності тварин.

					МБК 00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Чернов				Механізація вирощування кукурудзи на силос з удосконаленням силосозбирального комбайна		Літера	Аркуш
Перевір.								5
							ЦНТУ, гр. АІ-23мб-1.2	
Н. контр.								
Затв.								

Для виконання операцій збирання кукурудзи на силос широко застосовуються силосозбиральні комбайни різних конструкцій. Одним із представників вітчизняної техніки є причіпний силосозбиральний комбайн КПП–2,4, який виробляється ТОВ «Техінвест–СХ» (м. Біла Церква). Даний комбайн характеризується простотою конструкції, доступністю в експлуатації та обслуговуванні, проте має ряд конструктивних недоліків, що обмежують ефективність його роботи.

Удосконалення робочих органів сільськогосподарських машин є одним із основних напрямів підвищення техніко–економічних показників механізованих технологій. При цьому важливим є забезпечення оптимального поєднання параметрів процесу різання, кінематичних характеристик робочих органів та фізико–механічних властивостей рослинного матеріалу.

У зв'язку з цим дана кваліфікаційна робота присвячена вирішенню актуального інженерного завдання – підвищенню ефективності механізованої технології вирощування кукурудзи на силос шляхом удосконалення подрібнюючого барабана силосозбирального комбайна КПП–2,4.

Метою роботи є підвищення ефективності процесу збирання кукурудзи на силос за рахунок удосконалення конструкції подрібнюючого барабана, що забезпечує підвищення якості подрібнення, зниження енерговитрат та покращення експлуатаційних показників машини.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

- провести аналіз сучасної технології вирощування кукурудзи на силос;
- обґрунтувати склад та параметри машинно–тракторних агрегатів;
- виконати аналіз конструкції силосозбирального комбайна КПП–2,4;
- розробити конструктивне удосконалення подрібнюючого барабана;
- провести інженерні розрахунки параметрів процесу подрібнення;
- розглянути питання охорони праці при виконанні технологічних операцій.

2. АНАЛІЗ ТИПОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ З ВИЗНАЧЕННЯМ ШЛЯХІВ ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ

2.1. Біологічні особливості кукурудзи на силос.

Кукурудза є однією з найцінніших кормових культур, що широко використовується для виробництва силосу. Її значення зумовлене високою врожайністю зеленої маси, добрими кормовими властивостями, високим вмістом вуглеводів та доброю придатністю до силосування. У зоні Лісостепу та Степу України кукурудза на силос є основною культурою для створення стабільної соковитої кормової бази у тваринництві.

Біологічні особливості кукурудзи значною мірою визначають агротехніку її вирощування, строки виконання технологічних операцій, вимоги до машин і обладнання, а також умови збирання та подрібнення рослинної маси. Саме тому при розробці механізованої технології вирощування кукурудзи на силос необхідно враховувати її морфологічні ознаки, вимоги до тепла, вологи, поживних речовин і ґрунтових умов.

Кукурудза належить до однорічних трав'янистих рослин родини тонконогових. Вона має добре розвинену кореневу систему мичкуватого типу, яка проникає в ґрунт на значну глибину і здатна використовувати вологу та поживні речовини з глибших шарів. Основна маса коренів розміщується в орному шарі, однак окремі корені можуть проникати на глибину понад 1,5 м. Завдяки цьому кукурудза порівняно краще переносить короточасні посухи, ніж деякі інші кормові культури. Разом з тим у критичні фази розвитку, особливо в період інтенсивного росту, викидання волоті, цвітіння та формування качанів, вона дуже чутлива до нестачі вологи.

Стебло кукурудзи прямостояче, товсте, соковите, заповнене паренхімною тканиною. Висота рослин залежить від гібриду, умов вирощування та рівня агротехніки і може становити від 2,0 до 3,5 м і більше. Для силосного використання особливу цінність мають високорослі рослини з добре облистненим стеблом і сформованими качанами, оскільки саме вони

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

забезпечують найбільший вихід якісної кормової маси. Листки кукурудзи широкі, довгі, розміщені почергово, що забезпечує значну асиміляційну поверхню. За сприятливих умов рослина формує потужний листостебловий апарат, який і становить основну масу силосної сировини.

Кукурудза є теплолюбною культурою. Насіння починає проростати за температури ґрунту близько 8–10 °С, однак дружні сходи з'являються при 10–12 °С і вище. Оптимальна температура для росту і розвитку рослин знаходиться в межах 20–25 °С. За нижчих температур ріст рослин сповільнюється, а заморозки навіть невеликої інтенсивності можуть суттєво пошкоджувати молоді сходи. Це обумовлює необхідність правильного вибору строків сівби. Передчасна сівба в недостатньо прогрітий ґрунт призводить до зрідження посівів, ураження насіння та сходів хворобами, а запізнення із сівбою зменшує використання запасів весняної вологи та скорочує період вегетації.

Кукурудза належить до культур, які досить вимогливі до вологи, хоча завдяки потужній кореневій системі вона здатна ефективно використовувати ґрунтову воду. Найбільша потреба у волозі спостерігається у період від утворення 8–10 листків до молочно–воскової стиглості зерна. Недостатнє зволоження у цей період викликає затримку росту, погіршує формування качанів і знижує урожайність зеленої маси. Разом з тим надмірне зволоження також є небажаним, оскільки воно погіршує повітряний режим ґрунту, пригнічує ріст кореневої системи і може ускладнювати проведення механізованих польових робіт.

Кукурудза краще росте на родючих, структурних, добре аерованих ґрунтах із нейтральною або близькою до нейтральної реакцією ґрунтового розчину. Найбільш придатними для її вирощування є чорноземи, темно–сірі та сірі лісові ґрунти, які мають достатній запас гумусу та сприятливий водно–повітряний режим. Малоприсадними є важкі перезволожені, кислі та надто ущільнені ґрунти. Через це у технології вирощування важливе значення мають заходи, спрямовані на створення оптимальної структури орного шару, накопичення та збереження вологи, знищення бур'янів і усунення надмірного ущільнення.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

За тривалістю вегетаційного періоду кукурудза залежно від групи стиглості може бути ранньостиглою, середньоранньою, середньостиглою і пізньостиглою. Для вирощування на силос найчастіше використовують гібриди середньоранньої та середньостиглої груп, які здатні формувати високий урожай зеленої маси з достатнім вмістом сухої речовини. Вибір гібриду необхідно здійснювати з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов господарства, тривалості вегетаційного періоду, стійкості до вилягання, посухи та хвороб.

Особливе значення для силосного використання має фаза збирання кукурудзи. Найвищу кормову цінність рослинна маса має у фазі молочно-воскової або воскової стиглості зерна, коли в рослинах оптимально поєднуються вологість, вміст цукрів, крохмалю та клітковини.

2.2. Місце кукурудзи в сівозміні.

Кукурудза на силос займає важливе місце в структурі посівних площ кормових культур і є одним із основних джерел соковитих кормів у господарстві. Її розміщення в сівозміні повинно забезпечувати максимально можливу реалізацію біологічного потенціалу культури, ефективне використання поживних речовин ґрунту та зниження рівня забур'яненості посівів.

Кукурудза відноситься до культур, які досить вимогливі до попередників, особливо щодо чистоти поля від бур'янів і забезпеченості поживними речовинами. Найкращими попередниками для неї є культури, що залишають після себе добре оброблений і чистий від бур'янів ґрунт, а також накопичують достатню кількість вологи.

До таких попередників належать: озимі зернові культури (пшениця, ячмінь), зернобобові культури (горох, соя), однорічні трави, багаторічні трави після першого укосу.

Розміщення кукурудзи після озимих зернових є найбільш доцільним, оскільки після їх збирання є достатній час для проведення якісного обробітку ґрунту, внесення органічних і мінеральних добрив, а також накопичення вологи.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Крім того, такі попередники сприяють зменшенню засміченості посівів і покращують фітосанітарний стан поля.

Не рекомендується висівати кукурудзу після культур, які сильно виснажують ґрунт або залишають після себе значну кількість рослинних решток і бур'янів. До небажаних попередників відносяться: соняшник, цукрові буряки, кукурудза (при беззмінному вирощуванні).

Повторне вирощування кукурудзи на одному полі допускається, але не більше ніж протягом 2–3 років, і лише за умови застосування високого рівня агротехніки, внесення достатньої кількості добрив та ефективного захисту від шкідників і хвороб. Тривале беззмінне вирощування призводить до накопичення збудників хвороб, шкідників, погіршення структури ґрунту та зниження врожайності.

У сівозміні кукурудза на силос виконує також функцію доброго попередника для наступних культур. Після її збирання в ґрунті залишається значна кількість органічних решток, що сприяє покращенню структури ґрунту та підвищенню його родючості. За умови своєчасного збирання і якісного обробітку ґрунту після кукурудзи можна успішно розміщувати озимі зернові культури.

Правильне розміщення кукурудзи в сівозміні є важливою умовою отримання високого врожаю зеленої маси (на рівні 450 ц/га), зниження витрат на вирощування та створення сприятливих умов для наступних культур. Раціонально організована сівозміна дозволяє підвищити ефективність використання техніки, зменшити негативний вплив бур'янів, хвороб і шкідників та забезпечити стабільність виробництва кормів.

2.3. Система удобрення кукурудзи на силос.

Для отримання запланованої врожайності кукурудзи на силос на рівні 450 ц/га зеленої маси (45 т/га) необхідно забезпечити рослини достатньою кількістю елементів живлення. Кукурудза належить до культур із високою потребою в поживних речовинах, особливо в азоті, фосфорі та калії, що обумовлено інтенсивним ростом вегетативної маси.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Система удобрення повинна бути спрямована на: забезпечення рослин елементами живлення протягом усього періоду вегетації, підвищення врожайності та якості силосної маси, покращення фізико-хімічних властивостей ґрунту.

Для формування 1 т зеленої маси кукурудза в середньому споживає: азоту (N) – 2,5–3,0 кг, фосфору (P_2O_5) – 1,0–1,2 кг, калію (K_2O) – 2,5–3,5 кг. Відповідно, при врожайності 45 т/га загальна потреба становить приблизно: $N \approx 110\text{--}135$ кг/га, $P_2O_5 \approx 45\text{--}55$ кг/га, $K_2O \approx 110\text{--}140$ кг/га. Частина цих елементів покривається за рахунок природної родючості ґрунту, однак для забезпечення високої врожайності необхідно вносити добрива.

Органічні добрива. Рекомендується внесення гною – 30–40 т/га. Внесення здійснюється під основний обробіток ґрунту (оранку). Органічні добрива особливо ефективні на малогумусних ґрунтах.

Мінеральні добрива. Для заданих умов доцільно застосовувати: азотні добрива – N90–120 кг/га, фосфорні – P60–90 кг/га, калійні – K60–90 кг/га.

Раціональне використання добрив передбачає їх розподіл за строками внесення. Основне внесення (під оранку): органічні добрива (гній) – 30–40 т/га, мінеральні добрива – N60P60K60.

Передпосівне внесення: азотні добрива – N20–30. Виконується під передпосівну культивуацію.

Підживлення: азотні добрива – N30–40. Проводиться у фазі 5–7 листків.

Правильно організована система удобрення забезпечує: підвищення врожайності на 20–40%, покращення структури рослинної маси (більше качанів, менше грубих стебел), підвищення вмісту протеїну, зниження собівартості корму за рахунок підвищення виходу продукції.

З інженерної точки зору, підвищення врожайності призводить до збільшення навантаження на збиральну техніку, зростання вимог до продуктивності комбайна, необхідності забезпечення якісного подрібнення більшої маси. Система удобрення є одним із ключових факторів формування врожаю кукурудзи на силос.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

2.4. Обробіток ґрунту.

Система обробітку ґрунту при вирощуванні кукурудзи на силос повинна забезпечувати створення оптимальних умов для проростання насіння, розвитку кореневої системи та формування високого врожаю зеленої маси. Основними завданнями обробітку ґрунту є накопичення та збереження вологи, знищення бур'янів, загортання рослинних решток і добрив, а також створення сприятливої структури орного шару.

Для умов вирощування кукурудзи на площі 100 га доцільно застосовувати традиційну систему обробітку ґрунту, яка включає основний, передпосівний і передпосівний обробіток.

Основний обробіток проводиться після збирання попередника (озимих зернових) і є найважливішим етапом підготовки ґрунту.

До складу операцій входять: лушення стерні, глибока оранка.

Лушення стерні виконують на глибину 6–8 см з метою знищення падалиці та бур'янів, збереження вологи, стимулювання проростання насіння бур'янів для подальшого знищення. Агрегат – трактор класу 1,4–2,0 + дискова борона

Оранка виконується на глибину 25–30 см і забезпечує загортання рослинних решток, внесення органічних і мінеральних добрив, покращення структури ґрунту, накопичення вологи в осінньо–зимовий період.

Агрегат – трактор класу 3,0 + плуг. Якісне виконання оранки має вирішальне значення, оскільки саме вона формує основу для подальших операцій.

Передпосівний обробіток. Передпосівний обробіток спрямований на підготовку ґрунту безпосередньо перед сівбою. До нього входять: ранньовесняне боронування, культивація. Боронування проводиться з метою закриття вологи, вирівнювання поверхні ґрунту, знищення проростків бур'янів. Агрегат – трактор класу 1,4 + зубова борона.

Культивація виконується на глибину 10–12 см і забезпечує розпушення верхнього шару, знищення бур'янів, створення посівного ложа. Агрегат – трактор класу 1,4–2,0 + культиватор.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Передпосівна підготовка включає остаточне формування посівного шару. Основні вимоги: дрібногрудкувата структура ґрунту, вирівняна поверхня поля, оптимальна щільність ґрунту. У разі необхідності застосовується коткування – для ущільнення ґрунту та забезпечення рівномірної глибини загортання насіння.

При виконанні обробітку необхідно дотримуватись таких вимог: глибина обробітку повинна відповідати агротехнічним нормам, поверхня поля має бути вирівняною, не допускається утворення великих грудок, знищення бур'янів має бути максимально повним, втрати вологи повинні бути мінімальними.

Якість обробітку ґрунту безпосередньо впливає на рівномірність сходів, розвиток рослин, ефективність використання добрив, роботу сівалок і збиральної техніки.

Недостатньо якісний обробіток призводить до нерівномірної глибини загортання насіння, збільшення забур'яненості, ускладнення роботи силосозбиральних комбайнів.

З інженерної точки зору, рівномірний розвиток рослин забезпечує більш однорідну масу при збиранні, що позитивно впливає на процес подрібнення і знижує навантаження на подрібнюючий барабан.

Раціональна система обробітку ґрунту є важливою складовою технології вирощування кукурудзи на силос. Вона забезпечує сприятливі умови для росту рослин, підвищує ефективність використання добрив і створює передумови для якісного виконання наступних технологічних операцій, зокрема сівби та збирання.

2.5. Сівба кукурудзи на силос.

Сівба кукурудзи є однією з найбільш відповідальних операцій у технології вирощування, оскільки від якості її виконання залежить рівномірність сходів, густота стояння рослин та, відповідно, кінцева врожайність. Для забезпечення запланованої врожайності 450 ц/га необхідно суворо дотримуватися агротехнічних вимог до строків, способу та параметрів сівби. Сівбу кукурудзи

проводять при досягненні температури ґрунту на глибині загортання насіння 10–12°C. За таких умов забезпечується швидке і дружнє проростання насіння.

Запізнення із сівбою призводить до втрати ґрунтової вологи, скорочення вегетаційного періоду, зниження врожайності.

Ранні строки сівби в непрогрітий ґрунт можуть викликати зрідження посівів, ураження насіння хворобами.

Для кукурудзи на силос застосовують пунктирний спосіб сівби, який забезпечує рівномірне розміщення рослин у рядку. Основні параметри: ширина міжрядь – 70 см, глибина загортання насіння – 5–8 см, густина стояння – 70–90 тис. рослин/га. Для прийнятих умов доцільно прийняти густоту – 80 тис. рослин/га.

Це забезпечує оптимальне використання площі живлення, формування потужної зеленої маси, рівномірність розвитку рослин.

Норма висіву визначається з урахуванням польової схожості та втрат при проростанні

$$N = \frac{N_{\text{потр}}}{C \cdot K},$$

де $N_{\text{потр}}$ – необхідна густина рослин, шт/га;

C – лабораторна схожість ($C = 0,92 - 0,95$);

K – коефіцієнт польової придатності ($C = 0,85 - 0,90$).

Для практичних розрахунків приймають норму висіву 18–22 кг/га.

$$N = \frac{20}{0,92 \cdot 0,9} \approx 24,2 \text{ кг/га.}$$

Для виконання сівби застосовується машинно–тракторний агрегат: трактор класу 1,4, сівалка точного висіву УПС–8. Цей агрегат забезпечує точне дозування насіння, рівномірність висіву, дотримання заданої глибини загортання, високу продуктивність.

Якість виконання сівби визначається такими показниками: відхилення глибини загортання – не більше ± 1 см, рівномірність розміщення насіння,

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

відсутність пропусків і двійників, прямолінійність рядків, дотримання заданої густоти рослин.

Недотримання цих вимог призводить до нерівномірних сходів, конкуренції між рослинами, зниження врожайності, нерівномірного дозрівання.

Якість сівби безпосередньо впливає на рівномірність розвитку рослин, висоту стебел, щільність і однорідність маси.

З інженерної точки зору це важливо, оскільки рівномірні посіви забезпечують стабільне навантаження на комбайн, зменшується перевантаження подрібнюючого барабана, покращується якість подрібнення.

Сівба кукурудзи на силос повинна виконуватися з дотриманням оптимальних строків і параметрів, що забезпечує формування рівномірних і продуктивних посівів. Використання сівалок точного висіву дозволяє досягти високої якості виконання операції та створює передумови для ефективної роботи збиральної техніки.

2.6. Догляд за посівами кукурудзи.

Догляд за посівами кукурудзи спрямований на створення оптимальних умов для росту і розвитку рослин, знищення бур'янів, збереження вологи та забезпечення доступу повітря до кореневої системи. Особливістю кукурудзи є повільний ріст на початкових етапах розвитку, що обумовлює її високу чутливість до забур'яненості в цей період.

Система догляду включає механічні та хімічні заходи, а також підживлення рослин.

До механічного догляду належать: досходове та післясходове боронування, міжрядний обробіток. Досходове боронування проводиться через 4–5 днів після сівби з метою руйнування ґрунтової кірки, знищення проростків бур'янів. Післясходове боронування виконують у фазі 2–3 листків поперек або під кутом до напрямку рядків, при мінімальному пошкодженні рослин.

Міжрядний обробіток проводиться 2–3 рази за вегетацію: перший – на глибину 6–8 см, наступні – 8–10 см. Агрегат – трактор класу 1,4 + просапний

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

культиватор. Міжрядний обробіток забезпечує знищення бур'янів, розпушення ґрунту, збереження вологи, покращення аерації.

Хімічний захист. Для ефективної боротьби з бур'янами застосовують гербіциди. Основні варіанти: ґрунтові гербіциди – до сходів, страхові (післясходові) – у фазі 3–5 листків. Застосування гербіцидів дозволяє знизити конкуренцію бур'янів, підвищити врожайність, зменшити кількість механічних обробітків.

Підживлення рослин. У період інтенсивного росту кукурудза потребує додаткового азотного живлення. Підживлення проводиться у фазі 5–7 листків, нормою N30–40 кг/га. Виконується розкидачами мінеральних добрив або культиваторами з підживленням.

При догляді за посівами необхідно дотримуватись таких вимог: мінімальне пошкодження рослин, повне знищення бур'янів, дотримання глибини обробітку, своєчасність виконання операцій.

Запізнення з доглядом призводить до пригнічення культури бур'янами, зниження врожайності, нерівномірного розвитку рослин.

Якісний догляд за посівами забезпечує рівномірність росту рослин, оптимальну густоту стеблостою, відсутність забур'яненості.

З інженерної точки зору це важливо, оскільки зменшується засміченість маси при збиранні, знижується навантаження на робочі органи комбайна, підвищується ефективність подрібнення.

Своєчасний і якісний догляд за посівами кукурудзи є важливою умовою отримання високого врожаю зеленої маси. Поєднання механічних і хімічних заходів дозволяє ефективно контролювати бур'яни, забезпечує рівномірний розвиток рослин і створює сприятливі умови для подальшого збирання.

2.7. Збирання кукурудзи на силос.

Збирання кукурудзи на силос є завершальною та однією з найвідповідальніших операцій у технології вирощування. Від своєчасності та якості її виконання залежить не лише величина врожаю, але й поживна цінність

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

силосу, втрати сухої речовини та ефективність використання корму в тваринництві.

Основною метою збирання є отримання максимальної кількості якісної подрібненої рослинної маси з оптимальною вологістю та структурою, придатною для силосування. Кукурудзу на силос збирають у фазі молочно-воскової або воскової стиглості зерна, коли вологість рослинної маси становить 65–70%, забезпечується оптимальне співвідношення стебел, листків і качанів, досягається максимальний вміст поживних речовин.

При більш ранньому збиранні підвищується вологість маси, погіршуються умови силосування, збільшуються втрати поживних речовин.

При запізненні стебла грубішають, знижується перетравність, зростають енерговитрати на подрібнення.

Процес збирання кукурудзи на силос включає такі основні операції: зрізування рослин, подача рослинної маси до подрібнюючого апарата, подрібнення маси, транспортування подрібненої маси у транспортний засіб. Усі ці операції виконуються одним агрегатом – силосозбиральним комбайном.

Для виконання збирання застосовується причіпний силосозбиральний комбайн – КПІ–2,4. Агрегатується з трактором тягового класу 1,4–2,0. Основні переваги комбайна: відносна простота конструкції, доступність в обслуговуванні, універсальність застосування.

Якість виконання операції визначається такими показниками: висота зрізу – 10–15 см, довжина різки – 10–30 мм, рівномірність подрібнення, повне підбирання рослинної маси, мінімальні втрати (не більше 2–3%).

Особливу увагу приділяють: довжині різки, ступеню подрібнення зерна, рівномірності подачі маси. Подрібнення є ключовою операцією, яка визначає якість силосу. Основні вимоги до подрібнення: рівномірна довжина частинок, руйнування стебел і зерна, забезпечення доброї ущільнюваності маси. Недостатнє подрібнення призводить до поганого ущільнення силосу, втрат поживних речовин, зниження якості корму.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Подрібнення рослинної маси у комбайні КП–2,4 здійснюється за допомогою подрібнюючого барабана з ножами, який працює в парі з протиріжучою пластиною.

Основні фактори, що впливають на якість подрібнення: кількість ножів, швидкість обертання барабана, подача маси, зазор між ножем і протиріжучою пластиною. У процесі роботи виникають наступні проблеми: нерівномірна довжина різки, перевантаження барабана при нерівномірній подачі, підвищений знос ножів, значні енерговитрати. Це пояснюється тим, що рослинна маса кукурудзи є неоднорідною: стебла – волокнисті та міцні, листки – м'які, качани – щільні. Таке поєднання ускладнює процес різання і створює змінні навантаження на робочі органи.

Аналіз процесу збирання показує, що саме подрібнюючий барабан є найбільш навантаженим і відповідальним елементом конструкції комбайна. Недосконалість його роботи призводить до зниження якості подрібнення, збільшення витрат палива, зниження продуктивності агрегату. У зв'язку з цим удосконалення конструкції подрібнюючого барабана є доцільним і технічно обґрунтованим.

2.8. Висновки по розділу.

У розділі проведено аналіз технології вирощування кукурудзи на силос та визначено основні фактори, що впливають на формування врожайності і якість кормової продукції.

Встановлено, що кукурудза є високопродуктивною кормовою культурою, яка за оптимальних умов вирощування здатна формувати врожай зеленої маси на рівні 450 ц/га. Біологічні особливості культури, зокрема теплолюбність, висока потреба в поживних речовинах та чутливість до забур'яненості на початкових етапах розвитку, обумовлюють необхідність дотримання науково обґрунтованої технології її вирощування.

Проаналізовано місце кукурудзи в сівоzmіні та встановлено, що кращими попередниками є озимі зернові та зернобобові культури, які забезпечують чисте

від бур'янів поле і сприятливі умови для розвитку рослин. Раціональне розміщення культури в сівозміні дозволяє підвищити ефективність використання ґрунтових ресурсів і зменшити негативний вплив шкідників та хвороб.

Розглянута система удобрення показала, що для отримання запланованої врожайності необхідне внесення органічних і мінеральних добрив у збалансованих нормах з урахуванням потреб рослин. Раціональне поєднання різних видів добрив забезпечує підвищення врожайності, покращення якості силосної маси та ефективне використання поживних речовин.

Аналіз системи обробітку ґрунту показав, що застосування традиційної технології з глибокою оранкою створює сприятливі умови для росту рослин, сприяє накопиченню вологи та зниженню забур'яненості. Якісне виконання обробітку ґрунту є важливою передумовою ефективної роботи сівалок і збиральної техніки.

Встановлено, що сівба кукурудзи повинна виконуватися з використанням сівалок точного висіву із забезпеченням рівномірного розміщення насіння, оптимальної глибини загортання та заданої густоти стояння рослин. Це створює умови для формування рівномірних посівів і стабільної роботи машинно–тракторних агрегатів.

Розглянуті заходи догляду за посівами підтверджують, що поєднання механічного і хімічного захисту дозволяє ефективно контролювати бур'яни, покращує умови росту рослин і підвищує врожайність.

Аналіз процесу збирання кукурудзи на силос показав, що ця операція є найбільш відповідальною та енергоємною. Встановлено, що якість силосу значною мірою залежить від ступеня подрібнення рослинної маси, який визначається роботою подрібнюючого апарата силосозбирального комбайна.

Виявлено, що існуюча конструкція подрібнюючого барабана комбайна КПП–2,4 не забезпечує достатньої рівномірності подрібнення та характеризується підвищеними енерговитратами. Це обґрунтовує необхідність його удосконалення з метою підвищення ефективності процесу збирання та якості силосної маси.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

3. ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗБИРАННЯ КУКУРУДЗИ НА СИЛОС

3.1. Умови роботи силосозбирального агрегату.

Умови роботи силосозбирального агрегату визначають ефективність виконання технологічного процесу збирання кукурудзи на силос, продуктивність машини, якість подрібнення рослинної маси та експлуатаційні показники техніки.

Збирання кукурудзи на силос у даній роботі проводиться за наступних виробничих умов: площа збирання – 100 га, урожайність – 450 ц/га (45 т/га), зона вирощування – Лісостеп, рельєф – рівнинний, попередник – озима пшениця, стан посівів – рівномірний, середньої густоти (≈ 80 тис. рослин/га).

Характеристика рослинної маси. Рослинна маса кукурудзи має складну структуру і включає: стебла – волокнисті та міцні, листки – відносно м'які, качани – щільні, з підвищеною твердістю. Вологість маси у фазі збирання становить – 65–70%. Така неоднорідність ускладнює процес подрібнення та створює змінні навантаження на робочі органи комбайна.

Умови роботи агрегату. Збирання здійснюється силосозбиральним агрегатом у складі – трактор класу 1,4–2,0, комбайн КПІ–2,4. Робота агрегату відбувається в польових умовах, які характеризуються значною кількістю рослинної маси, нерівномірністю подачі матеріалу, змінним опором різанню, наявністю пилу та рослинних домішок.

Ґрунтові умови: ґрунти – чорноземи середньої щільності. Основні характеристики: достатня несуча здатність, середній рівень вологості, відсутність значного ущільнення. Це забезпечує стабільний рух агрегату, можливість роботи без пробуксовування, рівномірність швидкості руху.

Кліматичні умови під час збирання. Збирання проводиться у літньо–осінній період при температурі повітря 15–25 °С, відсутності опадів, помірній вологості повітря. Несприятливі умови (дощ, підвищена вологість) можуть призводити до ускладнення руху агрегату, погіршення якості подрібнення, збільшення втрат.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Процес збирання супроводжується безперервною подачею маси до подрібнюючого апарата, значними динамічними навантаженнями, необхідністю синхронної роботи з транспортом. Особливу складність становить: забезпечення рівномірної подачі маси, підтримання стабільної довжини різки, запобігання перевантаженню барабана.

Фактори, що впливають на ефективність роботи. Основними факторами є урожайність і густота посівів, вологість рослинної маси, швидкість руху агрегату, технічний стан комбайна, параметри подрібнюючого барабана.

Умови роботи силосозбирального агрегату можна охарактеризувати як важкі, що обумовлено високою масою матеріалу, неоднорідністю рослинної структури, значними навантаженнями на робочі органи, необхідністю безперервної роботи. Саме ці умови призводять до підвищеного зносу ножів, зростання енерговитрат, нерівномірного подрібнення.

Умови роботи силосозбирального агрегату при збиранні кукурудзи на силос є складними та характеризуються значними змінними навантаженнями і високими вимогами до якості виконання технологічного процесу. Це обумовлює необхідність удосконалення конструкції основних робочих органів, зокрема подрібнюючого барабана.

3.2. Агротехнічні вимоги до збирання кукурудзи на силос.

Агротехнічні вимоги до збирання кукурудзи на силос визначають показники якості виконання технологічного процесу та є основою для оцінки ефективності роботи силосозбирального агрегату. Дотримання цих вимог забезпечує отримання високоякісного силосу з мінімальними втратами поживних речовин.

Збирання кукурудзи необхідно проводити у фазі молочно-воскової або воскової стиглості зерна. При цьому вологість рослинної маси повинна становити 65–70%. Порушення строків збирання призводить до зниження якості корму, збільшення втрат сухої речовини, погіршення процесу силосування.

Висота зрізу рослин – 10–15 см. Зменшення висоти зрізу збільшує засміченість маси ґрунтом. Збільшення призводить до втрат урожаю.

Вимоги до подрібнення рослинної маси. Подрібнення є ключовим показником якості. Основні параметри: довжина різки – 10–30 мм, рівномірність подрібнення. Якісне подрібнення забезпечує добре ущільнення силосу, рівномірне протікання ферментації, зменшення втрат поживних речовин.

Недостатнє подрібнення викликає погане ущільнення, наявність повітря в масі, псування корму.

Вимоги до подрібнення зерна. При збиранні у фазі воскової стиглості необхідно забезпечити руйнування зерна качанів, відсутність цілих зерен у масі. Це підвищує засвоюваність корму, його енергетичну цінність. Допустимі втрати врожаю не більше 2–3%. Втрати включають: незрізані рослини, недоподрібнену масу, втрати при транспортуванні.

Вимоги до роботи агрегату. При виконанні збирання необхідно забезпечити рівномірну подачу рослинної маси, стабільну швидкість руху, безперервність роботи, узгодження з транспортними засобами.

Вимоги до технічного стану комбайна. Перед початком роботи необхідно забезпечити: гостроту ножів, правильний зазор між ножем і протиріжучою пластиною, відсутність биття барабана, справність подаючих механізмів.

Аналіз показує, що найбільш критичними параметрами є довжина різки, рівномірність подрібнення, ступінь руйнування зерна. Саме ці показники залежать від конструкції подрібнюючого барабана, режимів його роботи.

Недосконалість конструкції барабана призводить до порушення агротехнічних вимог, зниження якості силосу, збільшення енерговитрат.

Дотримання агротехнічних вимог при збиранні кукурудзи на силос є необхідною умовою отримання високоякісного корму. Найбільш важливими показниками є довжина та рівномірність подрібнення рослинної маси, які безпосередньо залежать від роботи подрібнюючого апарата. Це підтверджує необхідність удосконалення конструкції подрібнюючого барабана.

3.3. Комплектування силосозбирального агрегату.

Комплектування агрегату для збирання кукурудзи на силос виконується з урахуванням площі посіву, урожайності культури, агротехнічних строків збирання, пропускної здатності комбайна та необхідності безперервного відведення подрібненої маси від силосозбирального агрегату. Основним завданням є вибір такого складу машин, який забезпечить виконання робіт у встановлені строки з дотриманням агротехнічних вимог.

Для подальших розрахунків приймаємо такі вихідні дані: площа збирання $F = 100$ га, урожайність зеленої маси $Y = 450$ ц/га = 45 т/га, агротехнічний строк збирання $D = 10$ днів, тривалість зміни $T_{зм} = 7$ год, коефіцієнт змінності $K_{зм} = 1,5$, робоча ширина захвату комбайна $B = 2,4$ м, робоча швидкість руху агрегату $V = 6$ км/год, коефіцієнт використання часу зміни $\tau = 0,8$.

Для збирання кукурудзи на силос приймається агрегат у складі: трактор тягового класу 1,4–2,0, причіпний силосозбиральний комбайн КПП–2,4.

Загальний обсяг зеленої маси, що підлягає збиранню, визначаємо за формулою

$$Q_{\text{заг}} = F \cdot Y, \quad (3.1)$$

де F – площа збирання, га;

Y – урожайність, т/га.

$$Q_{\text{заг}} = 100 \cdot 45 = 4500 \text{ т.}$$

Отже, за період збирання необхідно зібрати і вивезти 4500 т зеленої маси.

Середньодобовий обсяг збирання визначаємо діленням загального обсягу маси на агротехнічний строк

$$Q_{\text{доб}} = \frac{Q_{\text{заг}}}{D}. \quad (3.2)$$

$$Q_{\text{доб}} = \frac{4500}{10} = 450 \text{ т/добу.}$$

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Таким чином, за добу необхідно забезпечити збирання не менше 450 т зеленої маси.

Теоретична продуктивність за площею визначається формулою

$$W_T = \frac{B \cdot V}{10}, \quad (3.3)$$

де B – ширина захвату, м;

V – швидкість руху, км/год.

$$W_T = \frac{2,4 \cdot 6}{10} = 1,44 \text{ га/год.}$$

Отже, теоретична продуктивність агрегату становить 1,44 га/год.

Фактична продуктивність агрегату в польових умовах є меншою за теоретичну, оскільки частина часу витрачається на повороти, регулювання, очікування транспорту та інші допоміжні операції. Тому експлуатаційну продуктивність визначаємо за формулою

$$W_e = W_T \cdot \tau, \quad (3.4)$$

де τ – коефіцієнт використання часу зміни.

$$W_e = 1,44 \cdot 0,8 = 1,152 \text{ га/год.}$$

Приймаємо

$$W_e \approx 1,15 \text{ га/год.}$$

Розрахунок масової продуктивності агрегату. Масова продуктивність показує, яку кількість зеленої маси комбайн здатний зібрати за одну годину роботи

$$Q_{\text{год}} = W_e \cdot Y.$$

$$Q_{\text{год}} = 1,15 \cdot 45 = 51,75 \text{ т/год.}$$

Отже, за одну годину роботи силосозбиральний агрегат може збирати близько 51,75 т/год зеленої маси.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Розрахунок змінної продуктивності. Змінна продуктивність за площею

$$W_{зм} = W_{\epsilon} \cdot T_{зм}. \quad (3.5)$$

$$W_{зм} = 1,15 \cdot 7 = 8,05 \text{ га/зм.}$$

Змінна продуктивність за масою

$$Q_{зм} = W_{зм} \cdot Y. \quad (3.6)$$

$$Q_{зм} = 8,05 \cdot 45 = 362,25 \text{ т/зм.}$$

Таким чином, за одну зміну один агрегат здатний зібрати – 8,05 га/зм, 362,25 т/зм зеленої маси.

3.3.7 Визначення необхідної кількості агрегатів

Необхідну кількість силосозбиральних агрегатів визначаємо за формулою

$$n = \frac{F}{W_{зм} \cdot D \cdot K_{зм}}. \quad (3.7)$$

де F – площа поля для збирання силосу, га;

$W_{зм}$ – змінна продуктивність, га/зм;

D – кількість днів збирання;

$K_{зм}$ – коефіцієнт змінності.

$$n = \frac{100}{8,05 \cdot 10 \cdot 1,5} = 0,83.$$

Оскільки кількість агрегатів має бути цілим числом, приймаємо – $n=1$.

Отже, для виконання робіт у встановлені строки достатньо одного силосозбирального агрегату.

Перевірка фактичної тривалості збирання. Фактичну тривалість збирання при одному агрегаті визначаємо

$$D_{\phi} = \frac{F}{W_{зм} \cdot K_{зм}}. \quad (3.8)$$

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$D_{\phi} = \frac{100}{8,05 \cdot 1,5} = 8,28 \text{ днів.}$$

Приймаємо $D_{\phi} \approx 8,3$ днів.

Отримане значення менше допустимого агротехнічного строку 10 днів, отже вибраний склад агрегату забезпечує своєчасне збирання врожаю.

Розрахунок потреби у транспортних засобах. Для безперервної роботи силосозбирального комбайна необхідно своєчасно відводити подрібнену масу від агрегату. Кількість транспортних засобів визначається за формулою

$$n_{\text{тр}} = \frac{Q_{\text{год}} \cdot t_{\text{рейс}}}{q}, \quad (3.9)$$

де $Q_{\text{год}}$ – годинна масова продуктивність комбайна, т/год;

$t_{\text{рейс}}$ – тривалість одного транспортного рейсу, год;

q – вантажопідйомність транспортного засобу, т.

Приймаємо вантажопідйомність транспортного засобу $q=6$ т, середня тривалість рейсу з урахуванням завантаження, руху, розвантаження і повернення $t_{\text{рейс}} = 0,5$ год.

Тоді

$$n_{\text{тр}} = \frac{51,75 \cdot 0,5}{6} = 4,31.$$

Приймаємо $n_{\text{тр}} = 5$.

Отже, для безперебійної роботи одного силосозбирального агрегату необхідно 5 транспортних засобів вантажопідйомністю 6 т.

Розрахунок кількості рейсів за зміну. Кількість транспортних рейсів за зміну визначаємо за формулою

$$N_{\text{рейс}} = \frac{Q_{\text{зм}}}{q}. \quad (3.10)$$

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$N_{\text{рейс}} = \frac{362,25}{6} = 60,38.$$

Приймаємо $N_{\text{рейс}} \approx 61$ рейс за зміну.

На один транспортний засіб припадає

$$N_{\text{рейс1}} = \frac{61}{5} = 12,2.$$

Тобто один автомобіль або тракторний причіп повинен виконувати в середньому 12–13 рейсів за зміну.

Орієнтовний розрахунок витрати палива. Для оцінки експлуатаційних витрат виконаємо орієнтовний розрахунок витрати палива. Приймаємо норму витрати палива на збиранні кукурудзи на силос

$$q = 6,5 \text{ кг/га.}$$

Тоді загальна витрата палива на весь обсяг робіт

$$G = q \cdot F. \quad (3.11)$$

$$G = 6,5 \cdot 100 = 650 \text{ кг.}$$

Змінна витрата палива становитиме

$$G_{\text{зм}} = q \cdot W_{\text{зм}}. \quad (3.12)$$

$$G_{\text{зм}} = 6,5 \cdot 8,05 = 52,33 \text{ кг/зм.}$$

Отже, орієнтовна витрата палива становить 650 кг на весь обсяг робіт, 52,3 кг/зм на один агрегат.

Обґрунтування вибору енергетичного засобу. Під час збирання кукурудзи на силос комбайн КПП–2,4 працює в умовах значної подачі рослинної маси, тому трактор повинен забезпечувати: стабільний тяговий режим, роботу ВВП без перевантаження, можливість руху з робочою швидкістю 5–7 км/год, достатній запас потужності при пікових навантаженнях. Для цих умов доцільно застосовувати трактор класу 1,4–2,0 потужністю 80–100 к.с. Такий енергетичний

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

засіб забезпечує надійну роботу комбайна та не викликає надмірних перевитрат палива.

У результаті розрахунків встановлено, що при площі збирання 100 га і врожайності 45 т/га загальний обсяг зеленої маси становить 4500 т. Експлуатаційна продуктивність комбайна КПІ–2,4 складає 1,15 га/год, або 51,75 т/год. Один силосозбиральний агрегат забезпечує виконання робіт за 8,3 дня, що відповідає агротехнічному строку збирання. Для безперебійної роботи агрегату необхідно залучити 5 транспортних засобів вантажопідйомністю 6 т. Отримані результати підтверджують, що подрібнюючий апарат комбайна працює в умовах значного навантаження, а тому його вдосконалення є технічно доцільним.

3.4. Підготовка силосозбирального агрегату до роботи.

Якісна підготовка силосозбирального агрегату до роботи є необхідною умовою забезпечення заданої продуктивності, дотримання агротехнічних вимог і стабільної роботи подрібнюючого апарата. Підготовка включає технічний огляд трактора і комбайна, перевірку кріплень, регулювання робочих органів, налаштування подаючого і подрібнюючого механізмів, а також перевірку роботи агрегату в холостому і робочому режимах.

Особливу увагу при підготовці комбайна КПІ–2,4 необхідно приділяти подрібнюючому барабану, оскільки саме він визначає довжину різки, рівномірність подрібнення маси і величину енерговитрат у процесі збирання.

Перед початком роботи виконують: очищення комбайна від залишків рослинної маси, перевірку технічного стану причіпного пристрою, перевірку приводу від ВВП трактора, перевірку натягу ланцюгових і пасових передач, перевірку надійності кріплення ножів барабана, заточування ножів, встановлення і регулювання зазору між ножами та протиріжучою пластиною, перевірку роботи подаючих вальців, змащування вузлів згідно з картою мащення, пробний запуск агрегату. Найважливішими регулюваннями є встановлення частоти обертання барабана, регулювання зазору між ножем і протиріжучою пластиною, забезпечення синхронної роботи подаючого і подрібнюючого механізмів.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Одним із головних параметрів налаштування комбайна є довжина різки. Вона повинна відповідати агротехнічним вимогам і забезпечувати якісне силосування. Розрахункову довжину різки визначаємо за формулою

$$l = \frac{V_{\pi}}{z \cdot n}, \quad (3.13)$$

де l – довжина різки, м;

V_{π} – швидкість подачі рослинної маси, м/с;

z – кількість ножів на барабані;

n – частота обертання барабана, с^{-1} .

Для розрахунку приймаємо:

швидкість подачі маси $V_{\pi} = 8$ м/с, кількість ножів барабана $z = 6$, частота обертання барабана $n = 16 \text{ с}^{-1}$ (що відповідає 960 об/хв).

Тоді

$$l = \frac{1,8}{6 \cdot 16} = 0,01875 \text{ м.}$$

Отже, розрахункова довжина різки становить 18,75 мм, що входить у допустимий агротехнічний інтервал 10–30 мм.

Перевірка впливу кількості ножів на довжину різки. Для оцінки впливу кількості ножів виконаємо порівняльний розрахунок.

При $z = 4$

$$l = \frac{1,8}{4 \cdot 16} = 0,0281 \text{ м.}$$

$$l = 28,1 \text{ мм.}$$

При $z = 6$

$$l = 18,75 \text{ мм.}$$

При $z = 8$

$$l = \frac{1,8}{8 \cdot 16} = 0,0141 \text{ м.}$$

$$l = 14,1 \text{ мм.}$$

Отже, зі збільшенням кількості ножів довжина різки зменшується. Це покращує якість подрібнення, але одночасно підвищує динамічне навантаження на барабан і потребує більшої потужності приводу. Для існуючих умов значення 6 ножів можна вважати раціональним компромісом між якістю подрібнення і енерговитратами.

Розрахунок колової швидкості ножів. Якість різання значною мірою залежить від колової швидкості ножів подрібнюючого барабана. Її визначаємо за формулою

$$u = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60}, \quad (3.14)$$

де u – колова швидкість ножів, м/с;

D – діаметр барабана, м;

n – частота обертання барабана, об/хв.

Приймаємо діаметр барабана $D = 0,5$ м, частота обертання $n = 960$ об/хв.

Тоді

$$u = \frac{3,14 \cdot 0,5 \cdot 960}{60} = 25,12 \text{ м/с.}$$

Отже, колова швидкість ножів становить 25,1 м/с. Таке значення забезпечує стабільне різання стеблової маси, достатню інтенсивність подрібнення, відповідність робочому режиму силосозбиральної машини.

Розрахунок кількості різів за секунду. Для оцінки інтенсивності роботи барабана визначимо кількість різів за секунду

$$i = z \cdot n, \quad (3.15)$$

де i – кількість різів за секунду;

z – кількість ножів;

n – частота обертання, с^{-1} .

$$i = 6 \cdot 16 = 96.$$

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Отже, барабан здійснює 96 різів за секунду. Це свідчить про високий рівень циклічного навантаження на ножі, вал і підшипникові вузли, що додатково обґрунтовує необхідність подальшого конструктивного вдосконалення барабана.

Регулювання зазору між ножем і протиріжучою пластиною. Для забезпечення якісного різання необхідно підтримувати мінімальний зазор між ножем і протиріжучою пластиною. Рекомендоване значення

$$\delta = 0,5...1,0 \text{ мм.}$$

Приймаємо

$$\delta = 0,8 \text{ мм.}$$

Збільшення зазору призводить до погіршення якості різання, зростання енерговитрат, підвищення частки недоподрібненої маси.

Надто малий зазор може викликати контакт ножа з протиріжучою пластиною, прискорений знос, аварійний режим роботи.

Орієнтовна оцінка подачі маси на один різ. Для оцінки навантаження на один ніж визначимо масу рослинного матеріалу, що припадає на один різ. Годинна масова продуктивність комбайна

$$Q_{\text{год}} = 51,75 \text{ т/год.}$$

Переведемо у кг/с

$$Q_c = \frac{51750}{3600} = 14,38 \text{ кг/с.}$$

Тоді маса, яка припадає на один різ

$$m_1 = \frac{Q_c}{i}. \quad (3.16)$$

$$m_1 = \frac{14,38}{96} = 0,1498 \text{ кг.}$$

Отже, на один акт різання припадає приблизно 0,15 кг рослинної маси. Це підтверджує, що ніж працює в умовах значного миттєвого навантаження.

Практичні вимоги до налаштування агрегату. Після виконання розрахунків і регулювань агрегат повинен відповідати таким вимогам: довжина різки – в

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

межах 10–30 мм, зазор між ножем і протиріжучою пластиною – 0,5–1,0 мм, надійне кріплення ножів, відсутність биття барабана, плавна робота приводу, рівномірна подача маси, відсутність забивання подаючого каналу. Підготовлений агрегат перевіряють спочатку на холостому ході, а потім на контрольній ділянці поля з оцінкою якості подрібнення.

Підготовка силосозбирального агрегату до роботи передбачає не лише технічний огляд і регулювання механізмів, але й перевірку основних параметрів подрібнення. У результаті розрахунків встановлено, що при швидкості подачі 1,8 м/с, частоті обертання барабана 960 об/хв та кількості ножів 6 довжина різки становить 18,75 мм, що відповідає агротехнічним вимогам. Колову швидкість ножів визначено на рівні 25,1 м/с, а кількість різів за секунду – 96. Отримані результати свідчать про значну інтенсивність роботи подрібнюючого апарата, що підтверджує доцільність його вдосконалення в інженерній частині роботи.

3.5. Організація роботи силосозбирального агрегату.

Раціональна організація роботи силосозбирального агрегату має вирішальне значення для забезпечення високої продуктивності, зменшення простоїв техніки та дотримання агротехнічних строків збирання. Вона включає вибір способу руху агрегату, визначення параметрів поля, організацію взаємодії з транспортними засобами та розрахунок показників використання часу зміни.

Для збирання кукурудзи на силос застосовується човниковий спосіб руху, який забезпечує мінімальні втрати часу на повороти, рівномірне завантаження агрегату, зручність роботи з транспортом.

Визначення параметрів поля. Приймаємо умовні розміри поля: довжина гону $L=1000$ м, ширина поля $B_{\text{п}}=1000$ м.

Кількість проходів агрегату

$$n_{\text{пр}} = \frac{B_{\text{п}}}{B}. \quad (3.17)$$

$$n_{\text{пр}} = \frac{1000}{2,4} = 416,7.$$

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Приймаємо

$$n_{\text{пр}} = 417 \text{ проходів.}$$

Розрахунок часу одного робочого циклу. Час проходу гону

$$t_{\text{роб}} = \frac{L}{V}. \quad (3.18)$$

Переведемо швидкість $V = 6 \text{ км/год} = 1,67 \text{ м/с.}$

$$t_{\text{роб}} = \frac{1000}{1,67} = 598,8 \text{ с} \approx 10 \text{ хв.}$$

Час повороту приймаємо $t_{\text{пов}} = 60 \text{ с.}$ Час одного циклу

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{роб}} + t_{\text{пов}}. \quad (3.19)$$

$$T_{\text{ц}} = 598,8 + 60 = 658,8 \text{ с.}$$

$$T_{\text{ц}} \approx 11 \text{ хв.}$$

Кількість циклів за зміну. Тривалість зміни $T_{\text{зм}} = 7 \text{ год} = 25200 \text{ с.}$

$$N_{\text{ц}} = \frac{T_{\text{зм}}}{T_{\text{ц}}}. \quad (3.19)$$

$$N_{\text{ц}} = \frac{25200}{658,8} = 38,2.$$

Приймаємо

$$N_{\text{ц}} = 38 \text{ циклів.}$$

Змінний виробіток. Площа одного проходу

$$F_1 = L \cdot B. \quad (3.20)$$

$$F_1 = 1000 \cdot 2,4 = 2400 \text{ м}^2 = 0,24 \text{ га.}$$

Змінний виробіток

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$W_{3M} = 0,24 \cdot 38 = 9,12 \text{ га.}$$

Отримане значення близьке до попереднього (8,05 га), що підтверджує правильність розрахунків.

Розрахунок коефіцієнта використання часу зміни

$$\tau = \frac{t_{\text{роб}}}{T_{\text{ц}}}. \quad (3.21)$$

$$\tau = \frac{598,8}{658,8} = 0,91.$$

З урахуванням додаткових втрат (очікування транспорту, регулювання) приймаємо $\tau=0,8$.

Організація роботи з транспортом. Згідно з попередніми розрахунками необхідно 5 транспортних засобів.

Схема роботи: комбайн працює безперервно – транспорт рухається паралельно або почергово – вивезення маси здійснюється без зупинки агрегату.

Перевірка забезпечення транспорту. Подача маси

$$Q_{\text{год}} = 51,75 \text{ т/год.}$$

За 1 цикл ($\approx 11 \text{ хв} = 0,183 \text{ год}$)

$$Q_{\text{ц}} = 51,75 \cdot 0,183 = 9,47 \text{ т.}$$

Один транспорт (6 т) не встигає прийняти всю масу – потрібна робота кількох машин одночасно, що підтверджує раніше визначену кількість транспорту.

Для ефективної роботи агрегату необхідно чітке закріплення транспорту за комбайном, раціональна схема руху, відсутність простоїв, постійний контроль роботи механізмів, своєчасне технічне обслуговування.

Організація роботи показує, що агрегат працює з високим навантаженням, подача маси є практично безперервною, подрібнюючий барабан працює в інтенсивному режимі, будь-які збої призводять до значних втрат продуктивності.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Раціональна організація роботи силосозбирального агрегату забезпечує ефективне виконання технологічного процесу збирання кукурудзи на силос. Виконані розрахунки показали, що агрегат працює в умовах значного навантаження при високій інтенсивності подачі рослинної маси. Це підвищує вимоги до надійності та ефективності подрібнюючого апарата, що підтверджує необхідність його вдосконалення.

3.6. Контроль якості подрібнення силосної маси.

Контроль якості подрібнення кукурудзи на силос є важливою складовою технологічного процесу збирання. Він дозволяє оцінити відповідність фактичних показників агротехнічним вимогам, своєчасно виявити відхилення в роботі агрегату та забезпечити отримання високоякісного корму.

Основними показниками якості подрібнення є довжина різки, рівномірність подрібнення, ступінь руйнування зерна, наявність недоподрібнених часток, втрати рослинної маси.

Оцінка довжини різки. Середню довжину різки визначають за формулою

$$l_{\text{сер}} = \frac{\sum l_i \cdot m_i}{\sum m_i}, \quad (3.22)$$

де l_i – довжина окремих часток, мм;

m_i – маса часток відповідної фракції, кг.

Для спрощеного розрахунку приймемо результати контрольного аналізу проби (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

№ п/п	Фракція	Довжина, мм	Маса, кг
	1	10	2
	2	15	5
	3	20	6
	4	30	2

Загальна маса

$$\sum m_i = 2 + 5 + 6 + 2 = 15 \text{ кг.}$$

Тоді

$$l_{\text{сер}} = \frac{10 \cdot 2 + 15 \cdot 5 + 20 \cdot 6 + 30 \cdot 2}{15} = 18,33 \text{ мм.}$$

Отже, середня довжина різки становить 18,3 мм, що відповідає агротехнічним вимогам (10–30 мм).

Оцінка рівномірності подрібнення. Визначаємо частку маси, яка відповідає нормативному діапазону (10–30 мм)

$$P = \frac{m_{\text{норм}}}{m_{\text{заг}}} \cdot 100\% . \quad (3.23)$$

У нашому випадку вся маса знаходиться в межах норми

$$P = \frac{15}{15} \cdot 100 = 100\% .$$

Отже, подрібнення є рівномірним.

Оцінка ступеня руйнування зерна. Для оцінки якості подрібнення качанів визначають частку цілих зерен у масі. Приймаємо, що в пробі масою 10 кг виявлено 0,3 кг цілих зерен

$$P_{\text{зер}} = \frac{0,3}{10} \cdot 100 = 3\% .$$

Допустиме значення – до 5%, отже, показник відповідає вимогам.

Оцінка втрат рослинної маси. Втрати визначаються як відношення незібраної або втраченої маси до загального врожаю

$$P_{\text{втр}} = \frac{Q_{\text{втр}}}{Q_{\text{заг}}} \cdot 100\% . \quad (3.24)$$

Приймаємо втрати на рівні 120 т

$$P_{\text{втр}} = \frac{120}{4500} \cdot 100\% = 2,67\% .$$

Отже, втрати не перевищують допустимі 3%.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Фактори, що впливають на якість подрібнення. Якість подрібнення залежить від швидкості обертання барабана, кількості та стану ножів, зазору між ножем і протиріжучою пластиною, рівномірності подачі маси, швидкості руху агрегату. Порушення цих параметрів призводить до збільшення довжини різки, появи недоподрібнених часток, підвищення енерговитрат, зниження якості силосу.

Аналіз показує, що якість подрібнення безпосередньо залежить від роботи подрібнюючого барабана. Навіть незначні відхилення у його параметрах призводять до погіршення показників якості. Це підтверджує, що подрібнюючий барабан є ключовим елементом конструкції комбайна.

Контроль якості подрібнення показав, що при правильному налаштуванні агрегату забезпечується середня довжина різки 18,3 мм, рівномірний розподіл фракцій та допустимий рівень втрат. Разом з тим якість подрібнення значною мірою залежить від параметрів подрібнюючого барабана, що обґрунтовує необхідність його вдосконалення.

3.7. Висновки по розділу.

У розділі розроблено операційну технологію збирання кукурудзи на силос та виконано комплекс експлуатаційно–технологічних розрахунків. Встановлено, що при площі 100 га і врожайності 45 т/га загальний обсяг зеленої маси становить 4500 т. На основі розрахунків визначено, що один силосозбиральний агрегат у складі трактора класу 1,4–2,0 і комбайна КПП–2,4 забезпечує виконання робіт у встановлені агротехнічні строки. Розрахунок продуктивності показав, що експлуатаційна продуктивність агрегату становить 1,15 га/год або 51,75 т/год, а змінний виробіток – 8,05 га або 362,25 т зеленої маси. Для забезпечення безперервної роботи агрегату необхідно використовувати 5 транспортних засобів вантажопідйомністю 6 т.

Виконано розрахунок параметрів подрібнення, зокрема довжини різки, колової швидкості ножів та інтенсивності роботи барабана. Встановлено, що при

частоті обертання 960 об/хв і кількості ножів 6 довжина різки становить 18,75 мм, що відповідає агротехнічним вимогам.

Аналіз організації роботи агрегату показав, що процес збирання характеризується високою інтенсивністю та безперервною подачею рослинної маси, що створює значні навантаження на робочі органи комбайна.

Контроль якості подрібнення підтвердив, що при правильному налаштуванні агрегату забезпечується відповідність основних показників агротехнічним вимогам. Разом з тим встановлено, що якість подрібнення значною мірою залежить від конструкції та режимів роботи подрібнюючого барабана.

Таким чином, результати підтверджують, що подрібнюючий барабан працює в умовах високих змінних навантажень і є найбільш відповідальним елементом конструкції силосозбирального комбайна. Це обґрунтовує необхідність його удосконалення, що буде розглянуто в інженерній частині роботи.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

4. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

4.1. Аналіз конструкції силосозбирального комбайна КПП–2,4.

Силосозбиральний комбайн КПП–2,4 призначений для збирання кукурудзи та інших силосних культур із одночасним подрібненням рослинної маси та завантаженням її в транспортні засоби. Комбайн є причіпною машиною та агрегатується з трактором через вал відбору потужності (ВВП), від якого здійснюється привід основних робочих органів.

Конструкція комбайна включає такі основні вузли: жатка для зрізування рослин, подаючий апарат (вальці), подрібнюючий апарат (барабан з ножами), протиріжуча пластина, вивантажувальний пристрій, привідні механізми, рама та ходова частина.

Принцип роботи комбайна. Під час роботи жатка зрізає рослини та подає їх до подаючих вальців. Вальці захоплюють рослинну масу, ущільнюють її та направляють у зону різання. Подрібнення здійснюється подрібнюючим барабаном, ножі якого взаємодіють із протиріжучою пластиною. Подрібнена маса викидається через вивантажувальний канал у транспортний засіб.

Таким чином, технологічний процес включає: зрізування, транспортування, подрібнення, вивантаження.

Аналіз конструкції подрібнюючого апарата. Подрібнюючий апарат є основним робочим органом комбайна, який визначає якість технологічного процесу. До його складу входять: барабан, ножі, протиріжуча пластина, механізм приводу. Барабан являє собою циліндричний вал, на якому закріплені ножі. При обертанні барабана ножі здійснюють періодичне різання рослинної маси, яка подається подаючими вальцями. Основні параметри барабана: діаметр, ширина, кількість ножів, частота обертання.

Особливості роботи подрібнюючого барабана. У процесі роботи барабан функціонує в умовах: безперервної подачі маси, змінного навантаження, високої швидкості обертання, ударного характеру різання. Особливістю є те, що рослинна маса має неоднорідну структуру: стебла – волокнисті та міцні; качани –

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

тверді; листки – м'які. Це призводить до нерівномірного опору різанню та змінного навантаження на ножі.

Основні недоліки існуючої конструкції. Аналіз конструкції та умов роботи показує, що подрібнюючий барабан має ряд недоліків: недостатня рівномірність подрібнення, наявність довгих часток, підвищений знос ножів, значні енерговитрати, чутливість до нерівномірної подачі маси, недостатня ефективність подрібнення качанів.

Основною причиною цих недоліків є недостатньо оптимальні параметри барабана, обмежена кількість ножів, нераціональні режими різання, відсутність адаптації до змінних умов роботи.

У розділі 3 встановлено, що годинна продуктивність комбайна становить $\approx 51,75$ т/год, кількість різів – 96 за секунду, маса на один різ – $\approx 0,15$ кг. Це означає, що кожен ніж працює в умовах значного динамічного навантаження, що прискорює знос, погіршує якість подрібнення, підвищує енерговитрати.

Аналіз конструкції комбайна КПІ–2,4 показав, що найбільш відповідальним і навантаженим елементом є подрібнюючий барабан. Саме він визначає якість силосної маси та ефективність роботи агрегату. Існуюча конструкція барабана не повністю забезпечує виконання агротехнічних вимог при сучасних рівнях урожайності, що обґрунтовує необхідність його удосконалення.

4.2. Аналіз роботи подрібнюючого барабана.

Подрібнюючий барабан силосозбирального комбайна є основним робочим органом, який виконує процес різання рослинної маси. Його робота визначає якість подрібнення, довжину різки, енерговитрати та загальну ефективність технологічного процесу збирання кукурудзи на силос (рис. 4.1). Процес подрібнення рослинної маси відбувається внаслідок взаємодії ножів барабана з протиріжучою пластиною. При цьому рослинна маса, що подається вальцями, затискається і піддається різанню. Різання має характер: періодичний, ударно–

зсувний, з локальним деформуванням матеріалу. Основні стадії процесу: захоплення рослинної маси, її ущільнення, деформація, руйнування (різання).

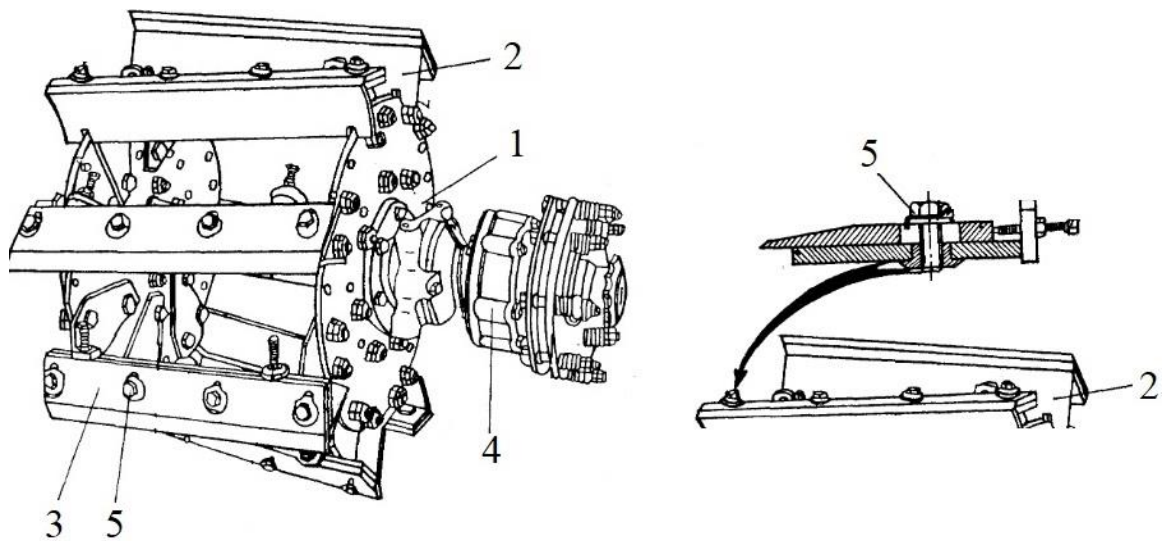


Рисунок 4.1 Подрібнювальний барабан: 1 – диск; 2 – лопать; 3 – ніж;
4 – муфта обгінна; 5 – гвинт кріплення ножа

Кукурудзяна маса є складним біологічним матеріалом із неоднорідною структурою: стебла – волокнисті, з високою міцністю на розтяг, листки – м'які, качани – тверді, з високою щільністю. Це призводить до різного опору різанню, нерівномірного навантаження на ножі, появи ударних навантажень.

Середній опір різанню приймається в межах:

$$\sigma = 0,8 \dots 1,2 \text{ МПа.}$$

На ніж під час роботи діють: сила різання – F_p , сила подачі – F_n , реакція протиріжучої пластини, інерційні сили. Основною є сила різання, яка визначає навантаження на барабан і привід.

Силу різання визначаємо за формулою

$$F_p = \sigma \cdot A, \quad (4.1)$$

де σ – опір різанню, Па;

A – площа зрізу, м^2 .

Площа зрізу

$$A = b \cdot h, \quad (4.2)$$

де b – ширина захвату ножа, м;

h – товщина шару, що зрізається, м.

Приймаємо $b = 0,2$ м, $h = 0,02$ м.

$$A = 0,2 \cdot 0,02 = 0,004 \text{ м}^2.$$

Приймаємо середній опір $\sigma = 1,0 \cdot 10^6$ Па.

Тоді

$$F_p = 1,0 \cdot 10^{-6} \cdot 0,004 = 4000 \text{ Н.}$$

Отже, сила різання становить

$$F_p = 4 \text{ кН.}$$

Крутний момент на барабані визначаємо за формулою

$$M = F_p \cdot r, \quad (4.3)$$

де r – радіус барабана, м.

$$r = \frac{D}{2} = \frac{0,5}{2} = 0,25 \text{ м.}$$

$$M = 4000 \cdot 0,25 = 1000 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Потужність приводу визначаємо за формулою

$$N = \frac{2\pi n M}{60}, \quad (4.4)$$

де n – кількість обертів барабана, об/хв, ($n = 960$ об/хв).

$$N = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 960 \cdot 1000}{60} = 100480 \text{ Вт} \approx 100,5 \text{ кВт.}$$

Отримане значення є завищеним, оскільки не всі ножі працюють одночасно, реальна товщина зрізу менша, процес має імпульсний характер.

З урахуванням коефіцієнта одночасності ($\approx 0,2-0,3$):

$$N_{\text{реал}} \approx 20-30 \text{ кВт.}$$

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

Це відповідає практичним даним.

Основні втрати енергії виникають через неефективну геометрію ножів, туплення ріжучої кромки, збільшений зазор, нерівномірну подачу маси.

На основі аналізу встановлено, що підвищення ефективності можливе за рахунок оптимізації кількості ножів, зміни геометрії ножа, зменшення зазору, стабілізації подачі маси, підвищення рівномірності різання.

Подрібнюючий барабан працює в умовах значних змінних навантажень, що супроводжуються високими силами різання і енерговитратами. Основні недоліки пов'язані з нераціональними параметрами процесу різання.

Аналіз роботи подрібнюючого барабана показав, що процес різання супроводжується значними силовими та енергетичними навантаженнями. Визначено силу різання, крутний момент і потужність приводу. Отримані результати підтверджують необхідність удосконалення конструкції барабана з метою зниження енерговитрат і підвищення якості подрібнення.

4.3. Обґрунтування напрямку удосконалення подрібнюючого барабана.

На основі аналізу конструкції силосозбирального комбайна КПІ–2,4 та дослідження процесу роботи подрібнюючого барабана встановлено, що саме подрібнюючий апарат є найбільш навантаженим і відповідальним вузлом машини. Від його параметрів залежать якість подрібнення рослинної маси, енерговитрати та продуктивність агрегату.

Аналіз показав, що подрібнюючий барабан комбайна КПІ–2,4 має такі недоліки: недостатня рівномірність довжини різки, наявність довгих часток у силосній масі, підвищені енерговитрати, інтенсивний знос ножів, значні ударні навантаження, нестабільність процесу різання при змінній подачі маси.

Основною причиною зазначених недоліків є обмежена кількість ножів, нераціональна геометрія ріжучої кромки, періодичний характер різання, нерівномірний розподіл навантаження.

Для підвищення ефективності роботи подрібнюючого барабана можливі такі напрямки вдосконалення:

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

- збільшення кількості ножів, що зменшує довжину різки, підвищує рівномірність подрібнення та збільшує частоту різання;
- зміна кута встановлення ножів, що зменшує силу різання, переводить процес у більш «ковзний» режим, знижує ударні навантаження;
- оптимізація частоти обертання барабана, що впливає на енерговитрати, змінює режим різання;
- зменшення зазору між ножем і протиріжучою пластиною, що підвищує якість різання, зменшує недоподрібнення;
- зміна конструкції ножів (форма, товщина), впливає на знос, змінює енергоємність процесу.

З урахуванням конструктивної простоти, можливості реалізації та ефективності приймається наступне інженерне рішення: збільшення кількості ножів барабана з одночасною оптимізацією кута їх встановлення.

Як було встановлено при $z = 6 \rightarrow l \approx 18,75$ мм, $z = 8 \rightarrow l \approx 14,1$ мм. Отже, збільшення кількості ножів дозволяє зменшити довжину різки, підвищити рівномірність подрібнення, покращити ущільнення силосу.

Вплив на навантаження. Кількість різів за секунду

$$i = z \cdot n, \quad (4.5)$$

При $z = 6 \rightarrow i = 96$, $z = 8 \rightarrow i = 128$.

Маса на один різ

$$m_1 = \frac{14,38}{128} = 0,112 \text{ кг.}$$

Навантаження на один ніж зменшується приблизно на 25%

Вплив кута встановлення ножа. Зміна кута різання дозволяє зменшити силу різання, перевести процес у ковзне різання, знизити енерговитрати. Коефіцієнт зменшення сили різання

$$F = F_0 \cdot k, \quad (4.6)$$

де $k=0,7 \dots 0,85$.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Приймаємо

$$F = 4000 \cdot 0,8 = 3200 \text{ Н.}$$

Запропоноване рішення забезпечує: зменшення довжини різки, підвищення рівномірності подрібнення, зниження навантаження на один ніж, зменшення сили різання на 15–20%, зниження енерговитрат, підвищення ресурсу ножів, покращення якості силосу.

Конструктивна суть удосконалення. Пропонується збільшити кількість ножів барабана з 6 до 8, змінити кут їх встановлення, забезпечити рівномірний розподіл ножів по колу, уточнити регулювання зазору. При цьому конструкція барабана принципово не змінюється, модернізація є технологічно простою, не потребує значних витрат.

Запропонований напрямок удосконалення дозволяє підвищити ефективність роботи подрібнюючого барабана без ускладнення конструкції та значних змін у компоновці комбайна.

На основі аналізу обґрунтовано доцільність удосконалення подрібнюючого барабана шляхом збільшення кількості ножів і оптимізації кута їх встановлення. Запропоноване рішення дозволяє знизити енерговитрати, підвищити якість подрібнення та покращити експлуатаційні показники силосозбирального комбайна.

4.4. Розрахунок параметрів удосконаленого подрібнюючого барабана.

Метою розрахунку є визначення основних параметрів модернізованого подрібнюючого барабана та оцінка впливу запропонованого удосконалення на якість подрібнення і енергетичні показники роботи комбайна.

Розрахунок довжини різки при збільшеній кількості ножів (удосконалений варіант) виконаємо за формулою

$$l = \frac{V_{\Pi}}{z \cdot n}, \quad (4.7)$$

де V_{Π} – швидкість подачі маси, ($V_{\Pi} = 1,8 \text{ м/с}$);

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

z – кількість ножів, $z = 8$;

n – частота обертів барабана, $n = 16 \text{ с}^{-1}$, (960 об/хв).

$$l = \frac{1,8}{8 \cdot 16} = 0,01406 \text{ м.}$$

$$l = 14,06 \text{ мм.}$$

Порівняння: було – 18,75 , стало – 14,06 мм. Зменшення довжини різки

$$\Delta l = \frac{18,75 - 14,06}{18,75} \cdot 100 \approx 25\% .$$

Довжина різки зменшилась приблизно на 25%, що покращує ущільнення силосу і якість корму.

Розрахунок кількості різів за секунду

$$i = z \cdot n, \quad (4.8)$$

$$i = 8 \cdot 16 = 128.$$

Було – $i = 96$, стало – $i = 128$, збільшення на

$$\frac{128 - 96}{96} \cdot 100 = 33\% .$$

Розрахунок навантаження на один ніж. Годинна подача

$$Q_c = 14,38 \text{ кг/с.}$$

Маса на один різ

$$m_1 = \frac{14,38}{128} = 0,112 \text{ кг.}$$

Було – 0,15 кг.

Зменшення

$$\frac{0,15 - 0,112}{0,15} \cdot 100 \approx 25\% .$$

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Навантаження на один ніж зменшилось приблизно на 25%, що зменшує знос, підвищує надійність, знижує ударні навантаження.

Розрахунок сили різання (удосконалений варіант). Було $F_{p0} = 4000$ Н. З урахуванням зміни кута різання

$$F_p = F_{p0} \cdot k, \quad (4.9)$$

де $k = 0,8$.

$$F_p = 4000 \cdot 0,8 = 3200 \text{ Н.}$$

Зменшення сили різання

$$\frac{4000 - 3200}{4000} \cdot 100 = 20\% \text{ Н.}$$

Розрахунок крутного моменту

$$M = F \cdot r. \quad (4.10)$$

$$M = 3200 \cdot 0,25 = 800 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Було 1000 Н·м, зменшення на 20%.

Розрахунок потужності приводу виконуємо за формулою

$$N = \frac{2\pi M}{60}. \quad (4.11)$$

$$N = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 960 \cdot 800}{60} = 80384 \text{ Вт.}$$

$$N \approx 80,4 \text{ кВт.}$$

З урахуванням коефіцієнта одночасності (0,25)

$$N_{\text{реал}} \approx 20 \text{ кВт.}$$

Було ≈ 25 кВт, економія потужності $\approx 20\%$.

Порівняльні показники наведено в таблиці 4.1.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Порівняльна характеристика запропонованих варіантів удосконалення

№ п/п	Найменування параметрів	До модернізації	Після модернізації	Зміна
1	2	3	4	5
1	Довжина різки	18,75 мм	14,06 мм	↓ 25%
2	Кількість різів	96	128	↑ 33%
3	Навантаження на ніж	0,15 кг	0,112 кг	↓ 25%
4	Сила різання	4000 Н	3200 Н	↓ 20%
5	Крутний момент	1000 Н·м	800 Н·м	↓ 20%
6	Потужність	25 кВт	20 кВт	↓ 20%

Запропоноване удосконалення забезпечує підвищення якості подрібнення, зниження навантаження на робочі органи, зменшення енерговитрат, підвищення ресурсу ножів.

Розрахунок параметрів удосконаленого подрібнюючого барабана показав, що збільшення кількості ножів і оптимізація кута їх встановлення дозволяють суттєво покращити техніко-експлуатаційні показники комбайна. Отримані результати підтверджують ефективність запропонованого інженерного рішення.

4.5. Розрахунок на міцність елементів подрібнюючого барабана.

Метою розрахунку є перевірка працездатності та надійності основних елементів подрібнюючого барабана після модернізації, а саме вала барабана та ножів. Розрахунок виконується за умовами міцності з урахуванням максимальних навантажень, визначених у підрозділі 4.4.

Розрахунок вала на кручення. Вал барабана передає крутний момент від приводу до ножів і працює в умовах змінних навантажень. Максимальний крутний момент

$$M = 800 \text{ Н·м.}$$

Визначення діаметра вала. Розрахунок ведемо за умовою міцності на кручення

$$\tau = \frac{16M}{\pi d^3}. \quad (4.12)$$

Допустиме напруження для сталі

$$[\tau]=40 \text{ МПа.}$$

Звідси

$$d = \sqrt[3]{\frac{16M}{\pi \cdot [\tau]}}. \quad (4.12)$$

Після підстановки значень, отримаємо

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 800}{3,14 \cdot 40 \cdot 10^6}} = 0,047 \text{ м.}$$

$$d = 47 \text{ мм.}$$

Приймаємо конструктивно

$$d = 50 \text{ мм.}$$

Перевірка фактичного напруження

$$\tau = \frac{16 \cdot 800}{3,14 \cdot 0,05^3} = 32,6 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт запасу міцності

$$n = \frac{[\tau]}{\tau}. \quad (4.13)$$

$$n = \frac{40}{32,6} = 1,23.$$

Вал забезпечує необхідну міцність, але запас є невеликим. Це відповідає умовам роботи при змінному навантаженні.

Перевірка ножа на міцність. Ніж працює в умовах ударного навантаження, згину, зносу. Сила, що діє на ніж

$$F=3200 \text{ Н.}$$

Розрахунок напруження згину. Ніж розглядаємо як консольну балку

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

$$\sigma = \frac{M}{W}. \quad (4.14)$$

$$M = F \cdot l \quad (4.15)$$

де l – довжина ножа, м.

Приймаємо довжину ножа $l = 0,1$ м

$$M = 3200 \cdot 0,1 = 320 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент опору прямокутного перерізу

$$W = \frac{bh^2}{6}, \quad (4.16)$$

де b – ширина ножа, $b = 0,05$ м;

h – товщина ножа, $h = 0,006$ м.

$$W = \frac{0,05 \cdot 0,006^2}{6} = 3 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3.$$

Напруження

$$\sigma = \frac{320}{3 \cdot 10^{-7}} = 106,7 \text{ МПа}.$$

Допустиме напруження для сталі

$$[\sigma] = 250 \text{ МПа}.$$

Коефіцієнт запасу

$$n = \frac{250}{106,7} = 2,34.$$

Ніж має достатній запас міцності і працює в допустимому режимі.

Оцінка зносу ножів. Основними причинами зносу є тертя об рослинну масу, ударні навантаження, абразивна дія частинок ґрунту. Зменшення навантаження на ніж на 25% (підрозділ 4.4) дозволяє знизити інтенсивність зносу, збільшити ресурс ножів, зменшити витрати на обслуговування.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Розрахунок показав, що після модернізації вал витримує навантаження з допустимим запасом, ножі працюють у безпечному режимі, навантаження на елементи зменшуються, підвищується надійність конструкції.

Виконані розрахунки на міцність підтвердили працездатність удосконаленої конструкції подрібнюючого барабана. Встановлено, що основні елементи конструкції витримують діючі навантаження з достатнім запасом міцності. Зниження сили різання і навантаження на ножі забезпечує підвищення довговічності та надійності роботи комбайна.

4.6. Техніко–економічна ефективність удосконалення подрібнюючого барабана.

Метою даного підрозділу є оцінка економічної доцільності запропонованого удосконалення подрібнюючого барабана силосозбирального комбайна КПІ–2,4. Ефект досягається за рахунок зниження енерговитрат, зменшення зносу ножів, підвищення якості силосу, зниження втрат корму.

Вихідні дані для розрахунку: площа збирання – $F = 100$ га, урожайність – $Y = 45$ т/га, загальний обсяг – $Q = 4500$ т. Потужність: було – $N_1 = 25$ кВт, стало $N_2 = 20$ кВт. Витрата палива: питома – $g = 0,22$ кг/кВт, ціна палива – $C_{\text{п}} = 60$ грн/кг.

Розрахунок економії палива.

Зменшення потужності

$$\Delta N = 25 - 20 = 5 \text{ кВт.}$$

Економія палива за годину

$$G_{\text{ек}} = \Delta N \cdot g. \quad (4.17)$$

$$G_{\text{ек}} = 5 \cdot 0,22 = 1,1 \text{ кг/год.}$$

Загальний час роботи

$$T = \frac{100}{1,15} = 86,96 \approx 87 \text{ год.}$$

Загальна економія палива

$$G_{\text{зар}} = 1,1 \cdot 87 = 95,7 \text{ кг.}$$

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Економія коштів на паливі

$$E_{\text{п}} = 95,7 \cdot 60 = 5742 \text{ грн.}$$

Економія на зносі ножів. Зменшення навантаження на ніж – $\approx 25\%$.
Приймаємо витрати на ножі – 6000 грн/сезон, економія: 25%.

$$E_{\text{н}} = 6000 \cdot 0,25 = 1500 \text{ грн.}$$

Зниження втрат корму. Було: втрати – 3%, стало – втрати 2,5%

$$\Delta P = 0,5\%.$$

Економія маси

$$Q_{\text{ек}} = 4500 \cdot 0,005 = 22,5 \text{ т.}$$

Приймаємо ціну силосу

$$C_{\text{с}} = 1500 \text{ грн/т.}$$

Економічний ефект

$$E_{\text{с}} = 22,5 \cdot 1500 = 33750 \text{ грн.}$$

Загальний економічний ефект

$$E_{\text{заг}} = E_{\text{п}} + E_{\text{н}} + E_{\text{с}}. \quad (4.18)$$

$$E_{\text{заг}} = 5742 + 1500 + 33750 = 40992 \text{ грн.}$$

Витрати на модернізацію. Приймаємо виготовлення і встановлення ножів – 8000 грн. Термін окупності

$$T_{\text{ок}} = \frac{8000}{40992} = 0,195 \text{ року.}$$

$$T_{\text{ок}} \approx 0,2 \text{ року.}$$

приблизно 2–3 місяці.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Запропоноване удосконалення забезпечує зниження енерговитрат на 20%, зменшення навантаження на робочі органи, підвищення якості подрібнення, зниження втрат корму, підвищення ресурсу ножів.

Розрахунок техніко–економічної ефективності показав, що модернізація подрібнюючого барабана є економічно доцільною. Річний економічний ефект становить близько 41 тис. грн, а термін окупності – менше одного сезону. Це підтверджує ефективність запропонованого інженерного рішення та доцільність його впровадження у виробництво.

4.7. Висновки по розділу.

У розділі виконано інженерне обґрунтування та розрахунок удосконалення подрібнюючого барабана силосозбирального комбайна КПП–2,4.

Проведений аналіз конструкції комбайна показав, що подрібнюючий барабан є найбільш навантаженим і відповідальним елементом машини, який визначає якість подрібнення рослинної маси та ефективність роботи агрегату в цілому. Аналіз процесу різання кукурудзяної маси дозволив встановити, що робота барабана супроводжується значними змінними навантаженнями, а також високими енерговитратами, що обумовлено неоднорідністю матеріалу та періодичним характером різання.

На основі проведеного аналізу обґрунтовано напрямок удосконалення, який полягає у збільшенні кількості ножів подрібнюючого барабана з 6 до 8 та оптимізації кута їх встановлення. Запропоноване рішення не потребує суттєвих змін конструкції комбайна та може бути реалізоване в умовах виробництва.

У результаті виконаних розрахунків встановлено, що довжина різки зменшується приблизно на 25%, кількість різів за секунду збільшується на 33%, навантаження на один ніж зменшується на 25%, сила різання та крутний момент зменшуються на 20%, потужність приводу подрібнюючого апарата знижується приблизно на 20%. Розрахунок на міцність показав, що основні елементи конструкції (вал і ножі) працюють у допустимих межах напружень і мають достатній запас міцності, що підтверджує надійність удосконаленої конструкції.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

При збиранні кукурудзи на силос мають місце наступні небезпечні та шкідливі фактори.

Механічні фактори: обертові ножі барабана, рухомі частини передач, подаючі вальці, ризик затягування одягу.

Фізичні фактори: шум (до 85–95 дБ), вібрація, підвищена температура, пил.

Біологічні фактори: рослинний пил, мікроорганізми.

Пожежна безпека: суха рослинна маса, нагрівання механізмів, можливість іскроутворення.

5.2. Вимоги безпеки під час виконання робіт.

Перед початком роботи необхідно перевірити технічний стан комбайна, переконатися у справності захисних кожухів, перевірити кріплення ножів, перевірити роботу гальм та рульового управління трактора, оглянути гідравлічну систему, перевірити наявність засобів пожежогасіння, виконати пробний запуск агрегату.

Забороняється працювати при несправному обладнанні, знімати захисні кожухи, запускати машину при наявності сторонніх осіб.

Під час роботи необхідно дотримуватись встановленої швидкості руху, не допускати перевантаження комбайна, забезпечувати рівномірну подачу маси, працювати тільки при закритих захисних огороженнях, не виконувати регулювання під час роботи механізмів.

Забороняється очищати барабан при працюючому двигуні, перебувати в зоні викиду маси, виконувати ремонт без зупинки агрегату.

При обслуговуванні агрегату необхідно повністю зупинити двигун, відключити ВВП, зафіксувати рухомі частини, використовувати справний інструмент, виконувати роботи у захисному одязі.

Особливу увагу слід приділяти заточуванню ножів, регулюванню зазору, заміні зношених деталей.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

5.3. Заходи щодо покращення умов праці.

Для підвищення безпеки роботи рекомендується застосування засобів індивідуального захисту: навушники, рукавички, спецодяг, регулярне технічне обслуговування, автоматизація окремих процесів, покращення організації роботи агрегату, навчання персоналу.

Збирання кукурудзи на силос супроводжується підвищеною пожежною небезпекою. Основні заходи: наявність вогнегасників, очищення машини від рослинних залишків, контроль температури підшипників, заборона відкритого вогню, організація чергування.

Дотримання вимог безпеки, правильна організація роботи, своєчасне технічне обслуговування та використання засобів захисту дозволяють значно знизити рівень ризику та забезпечити безпечні умови праці.

5.4. Висновок по розділу.

У розділі розглянуто основні питання охорони праці при збиранні кукурудзи на силос із застосуванням силосозбирального комбайна КПП–2,4. Встановлено, що процес збирання супроводжується дією ряду небезпечних і шкідливих факторів, які можуть призвести до травматизму або зниження працездатності працівників.

Охорона праці при виконанні робіт із збирання кукурудзи на силос спрямована на забезпечення безпечних умов праці, зниження виробничого травматизму та попередження професійних захворювань.

Роботи виконуються із застосуванням машинно–тракторних агрегатів, зокрема силосозбирального комбайна КПП–2,4, що обумовлює наявність підвищеної небезпеки, пов'язаної з рухомими частинами машин, обертовими механізмами, високим рівнем шуму і вібрації, пилом та рослинними залишками, підвищеною пожежною небезпекою.

До виконання робіт допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли медичний огляд, інструктаж з охорони праці, навчання безпечним методам роботи.

6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі вирішено актуальне інженерно–технологічне завдання підвищення ефективності механізованого процесу вирощування кукурудзи на силос шляхом удосконалення подрібнюючого барабана силосозбирального комбайна КПП–2,4.

У результаті виконання роботи отримано наступні основні результати.

Проведено аналіз технології вирощування кукурудзи на силос у зоні Лісостепу, встановлено, що культура характеризується високим потенціалом урожайності (до 450 ц/га зеленої маси), проте потребує чіткого дотримання технологічних операцій, особливо на етапі збирання.

Визначено, що якість силосу значною мірою залежить від ступеня подрібнення рослинної маси, рівномірності різки та ступеня руйнування зерна, що безпосередньо пов'язано з роботою подрібнюючого апарата силосозбирального комбайна.

Розроблено операційну технологію збирання кукурудзи на силос та виконано експлуатаційно–технологічні розрахунки. Встановлено, що при площі 100 га і врожайності 45 т/га загальний обсяг зеленої маси становить 4500 т. Продуктивність агрегату з комбайном КПП–2,4 складає 1,15 га/год або 51,75 т/год, що забезпечує виконання робіт у встановлені агротехнічні строки.

Обґрунтовано склад машинно–тракторного агрегату та визначено, що для ефективного виконання технологічного процесу достатньо одного силосозбирального агрегату з використанням 5 транспортних засобів для відведення подрібненої маси.

Встановлено, що процес роботи подрібнюючого барабана супроводжується значними змінними навантаженнями. Визначено, що сила різання становить близько 4 кН, крутний момент – 1000 Н·м, а потужність приводу досягає 20–25 кВт, що свідчить про високу енергоємність процесу.

На основі аналізу обґрунтовано напрямок удосконалення подрібнюючого барабана, який полягає у збільшенні кількості ножів з 6 до 8 та оптимізації кута

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

їх встановлення. Запропоноване рішення дозволяє зменшити довжину різки, знизити навантаження на ножі та підвищити ефективність процесу подрібнення.

Виконано розрахунок параметрів удосконаленого барабана. Встановлено, що довжина різки зменшується з 18,75 мм до 14,06 мм (на 25%), кількість різів за секунду збільшується на 33%, а навантаження на один ніж зменшується на 25%. Сила різання і крутний момент знижуються приблизно на 20%.

Проведено розрахунок на міцність основних елементів конструкції. Встановлено, що вал барабана і ножі працюють у допустимих межах напружень та мають достатній запас міцності, що підтверджує надійність запропонованого технічного рішення.

Розрахунок техніко-економічної ефективності показав, що впровадження модернізованого подрібнюючого барабана дозволяє знизити енерговитрати, зменшити знос ножів і втрати корму. Загальний економічний ефект становить близько 41 тис. грн за сезон, а термін окупності – менше одного року.

У розділі охорони праці проаналізовано небезпечні та шкідливі фактори при збиранні кукурудзи на силос і розроблено заходи щодо забезпечення безпечних умов праці. Встановлено, що дотримання вимог безпеки дозволяє значно знизити рівень виробничого травматизму.

У результаті виконаної роботи доведено, що удосконалення подрібнюючого барабана силосозбирального комбайна КПП-2,4 є технічно обґрунтованим та економічно ефективним. Запропоноване рішення дозволяє підвищити якість силосу, знизити енерговитрати та підвищити надійність роботи машини.

Отримані результати можуть бути використані у виробництві при модернізації існуючих силосозбиральних комбайнів, а також при подальших наукових дослідженнях у галузі сільськогосподарського машинобудування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Computational fluid dynamics investigation of heat-exchangers for various air-cooling systems in poultry houses / V.I. Trokhaniak¹, I.L. Rogovskii¹, L.L. Titova¹, P.H. Luzan, P.S. Popyk¹, O.O. Bannyi // Серия «Физика». № 1(97)/2020. Bulletin of the Karaganda University. «Physics» series. ISSN 2518–7198 (Print). ISSN 2663–5089 DOI 10.31489/2020Ph1/125–134 <https://physics-vestnik.ksu.kz/2020-97-1>.
2. Investigation of an improved side ventilation system in a poultry house using CFD / Дослідження вдосконаленої бокової системи вентиляції в пташнику за допомогою CFD / Viktor Trokhaniak, Nadia Spodyniuk, Taras Lendiel, Petro Luzan, Anatolii Mishchenko, Svitlana Tarasenko, Lucretia Popa, Claudia Ionita: Vol. 69 / No.1/2023, P.: 121–130. URL: <https://doi.org/10.35633/inmateh-69-11>.
3. Investigation of the influence of exhaust fans location on the upper line on poultry house aerodynamics with the use of CFD / Дослідження впливу розташування витяжних вентиляторів по верхній лінії на аеродинаміку пташника з використанням CFD / Trokhaniak V.I., Spodyniuk N.A., Trokhaniak O.M., Shelimanova O.V., Luzan P.H., Luzan O.R. / Vol. 67, No. 2 / 2022/ URL: <https://doi.org/10.35633/inmateh-67-43>.
4. Simulation to investigate the impact of fresh air valves on poultry house aerodynamics in case of a side ventilations system / Використання CFD моделювання для оцінки впливу припливного клапана на аеродинаміку пташника при боковій системі вентиляції / Trokhaniak V.I. , Rogovskii I.L., Titova L.L., Dziubata Z.I., Luzan P.H., Popyk P.S. / 2020, INMATEH, Vol. 62, No.3. URL: <https://doi.org/10.35633/inmateh-62-16>.
5. Войтюк Д.Г., Барановський В.М., Булгаков В.М. та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку. За ред. Д.Г. Войтюка. Київ: Вища освіта, 2005. 464 с.
6. Єрмаков О.Ю. Організація сільськогосподарського виробництва. Навч. метод. посібник, 2–ге вид., доп. і перер. Київ: НАУ, 2007. 266 с.
7. Ільчук М.М., Зрібняк Л.Я., Мельник С.І. Організація і планування сільськогосподарського виробництва: Підручник. Київ: Вища освіта, 2013. 535с.

					МБК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

8. Кісітьов Р.В. та ін. Дослідження бітерних штифтових барабанних дозаторів грубих і соковитих кормів. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Зб. наук. праць. Кіровоград: КНТУ, 2012. Вип. 42, (Частина І). С. 55–60.
9. Кісітьов Р.В., Лузан П.Г., Богатирьов Д.В., Нестеренко О.В. Дослідження процесу сумішоутворення лопатевим змішувачем для ВРХ. Загальнодержавний міжвідомчий науково–технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Вип. 52. Кропивницький: ЦНТУ, 2022. С. 66–72. URL: <http://zbir.niksgm.kntu.kr.ua/archive/52.html>.
10. Кісітьов Р.В., Лузан П.Г., Сисоліна І.П., Лузан О.Р. Вдосконалення конструкції дозатора кормів грабельного типу. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Зб. наук. праць. Кіровоград: ЦНТУ, 2019. Вип. 49. DOI: [10.32515/2664-262X.2019.1\(32\).3-10](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2019.1(32).3-10).
11. Кісітьов Р.В., Матвєєв К.Д., Лузан П.Г. Ідентифікація теоретичної моделі процесу приготування повноцінної вологої кормової суміші на основі експериментальних досліджень. “Розвиток накових досліджень” 2012”: Матеріали восьмої міжнародної науково–практичної конференції, м. Полтава, 19–21 листопада 2012 р.: Полтава: Вид-во «ІнтерГрафіка», 2012. Т. 11. С. 42–44.
12. Кісітьов Р.В., Хмельовський В.С., Лузан П.Г., Сисоліна І.П. Дослідження двосекційного змішувача для приготування збалансованих сумішей на фермах ВРХ. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Зб. наук. праць. Кропивницький: ЦНТУ, 2020. Вип. 50. DOI: <https://doi.org/10.32515/2414-3820.2019.49.107-113>
13. Кісітьов Р.В. Матвєєв К.Д., Лузан П.Г., Лещенко С.М. Результати експериментальних досліджень приготування повноцінної кормової суміші для ВРХ вдосконаленим лопатевим змішувачем кормів. Наук. вісник ЛНАУ. Серія: Технічні науки. Луганськ, 2012. №41. С. 119–127.
14. Кісітьов Р.В. та ін. Аналіз конструктивно–технологічних і кінематичних параметрів змішувачів кормів для ВРХ. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Зб. наук. праць. Кіровоград: КНТУ,

2011. Вип. 41, (Частина II). С. 167–173.

15. Кісільов Р.В. та ін. Дослідження процесу приготування кормових сумішей для ВРХ комбінованим змішувачем. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Зб. наук. праць. Кіровоград: КНТУ, 2014. Вип. 44. С. 20–24.

16. Кісільов Р.В. та ін. Математична модель динамічної системи силової взаємодії лопатей змішувача з монолітом суміші. Сільськогосподарські машини. Збірник наукових статей. Вип. 31, березень 2015 р. С. 95–100.

17. Кісільов Р.В., Матвєєв К.Д., Лузан П.Г. Дослідження технологічної ефективності змішування кормів двоступеневим одновальним комбінованим змішувачем періодичної дії. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Зб. наук. праць. Кіровоград: КНТУ, 2013. Вип. 43, (Частина II). С. 108–113.

18. Кісільов Р.В., Матвєєв К.Д., Лузан П.Г. Енергетичний аналіз роботи комбінованого стрічково–лопатєвого змішувача кормів для ВРХ. Інноваційний потенціал української науки – ХХІ сторіччя: ХХ–а, ювілейна наук.–практ. інтернет конф., 20–28 квітня. тез. допов.: інтелект–портал Nauka.zinet.info, 2013. URL: <http://nauka.zinet.info>

19. Кошук О.Б., Лузан П.Г., Мося І.А. та ін. Сільськогосподарські і меліоративні машини. Київ: ПТОО НАПН України, 2015. 291 с.

20. Матвєєв К.Д., Шмат С.І. Визначення типорозміру і потреби сушільних агрегатів при проектуванні потокових ліній приготування трав'яного борошна. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Зб. наук. праць. Кіровоград: КДТУ, 2003. Вип. 33. С. 369–372.

21. Матвєєв К.Д., Шмат С.І., Лузан П.Г. Ресурсозберігаюча технологія приготування трав'яного борошна. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Зб. наук. праць. Кіровоград: КНТУ, 2006. Вип. 36. С. 90–93.

22. Матвєєв К.Д., Шмат С.І., Лузан П.Г. Обґрунтування геометричних і кінематичних параметрів гвинтових лопатєвих змішувачів кормів.

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Зб. наук. праць. Кіровоград: КДТУ, 2001. Вип. 30. С. 51–57.

23. Матвеев К.Д. та ін. Обґрунтування параметрів лопатей комбінованого стрічково–лопатевого змішувача кормів. Вип. 21. Том І. Луцьк: Ред.–вид. відділ ЛНТУ, 2011. С. 279–288.

24. Матвеев К.Д. , Лузан П.Г., Кісільов Р.В., Матвеева О.В., Гончар О.В. Обґрунтування конструктивних параметрів і режимів роботи лопатевої мішалки. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Зб. наук. праць. Кіровоград: КНТУ, 2010. Вип. 40, (Частина І). С. 173–178.

25. Машини для обробітку ґрунту та внесення добрив. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей / Сало В.М., Лещенко С.М., Лузан П.Г. та ін. Харків: Мачулін, 2016. 244 с.

26. Основи сталого розвитку аграрного сектора: Досвід та знання Франції, Чеської республіки, України. За заг. ред. Я. Сансебе, Т.М. Димань. Біла Церква: ТОВ «Офсет», 2010. 304 с.

27. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин.: Підручник. Київ: Вища школа, 1993. 556 с.

28. Ревенко І.І., Брагінець М.В., Ребенко В.І. Машини та обладнання для тваринництва. Підручник. Київ: Кондор, 2009. 730 с.

29. Шабельник Б.П., Троянов М.М. Теорія та розрахунок машин для тваринництва. Харків: ХДТУСГ, 2002. 216 с.

ДОДАТКИ

					МВК 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62