

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу**

**Кваліфікаційна робота
на правах рукопису**

Вітвіцький Артем Іванович

УДК 631.17

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
УДОСКОНАЛЕННЯ СТРУКТУРИ І СКЛАДУ
КОМПЛЕКСУ МАШИН ДЛЯ ВИРОЩЕННЯ КУКУРУДЗИ
НА СИЛОС З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ СИЛОСОЗБИРАЛЬНОГО
КОМБАЙНА КСС-2,6**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело _____ Вітвіцький А.І.

Керівник роботи

Дерев'янка Д.А.

доктор технічних наук, професор

Житомир – 2025

АНОТАЦІЯ

Вітвіцький Артем Іванович. Удосконалення структури і складу комплексу машин для вирощення кукурудзи на силос з модернізацією силосозбирального комбайна КСС-2,6. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

Проведений в кваліфікаційній роботі аналіз структури і складу комплексу машин для вирощування кукурудзи на силос із модернізацією силосозбирального комбайна КСС-2,6 показав, що впровадження нових агрегатів і вузлів дозволяє підвищити продуктивність збирання до 1,4–1,6 га/год, що на 15–20 % більше порівняно з базовою конструкцією. Це забезпечує скорочення тривалості збирання і зниження простоїв техніки, а отже – зменшення загальних експлуатаційних витрат.

Запропонована модернізація ріжучого апарату і системи подрібнення КСС-2,6 дозволяє формувати фракцію силосної маси довжиною 2–3 см з рівномірним розподілом по всьому поперечному перерізу жатки. Це сприяє кращому ущільненню в силосній ямі, зниженню втрат сухої речовини до 3–4 % та підвищенню якості бродіння.

Перегляд складу базових машинно-тракторних агрегатів із введенням уніфікованих причіпних і навісних робочих органів сприяв зниженню загальної вартості технічного парку на 10 % за рахунок уніфікації запасних частин і скорочення механізмів обслуговування. Це підвищує гнучкість господарської діяльності та полегшує логістику технічного обслуговування.

Ключові слова: кукурудза, технологія, вирощування, силос з модернізацією силосозбирального комбайна.

ANNOTATION

Vitvitsky Artem Ivanovich. Improving the structure and composition of the complex of machines for growing corn for silage with the modernization of the KCC-2,6 silage harvester. – Qualification work on the rights of the manuscript.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

The analysis of the structure and composition of the complex of machines for growing corn for silage with the modernization of the KSS-2.6 silage harvester, conducted in the qualification work, showed that the introduction of new units and components allows increasing the harvesting productivity to 1.4–1.6 ha/hour, which is 15–20% more compared to the basic design. This reduces the duration of harvesting and downtime of equipment, and thus reduces overall operating costs.

The proposed modernization of the cutting apparatus and the KSS-2.6 grinding system allows the formation of a silage mass fraction 2–3 cm long with uniform distribution across the entire cross-section of the header. This contributes to better compaction in the silage pit, a reduction in dry matter losses to 3–4%, and improved fermentation quality.

Revising the composition of basic machine-tractor units with the introduction of unified trailed and mounted working bodies has helped to reduce the total cost of the technical fleet by 10% due to the unification of spare parts and reduction of maintenance mechanisms. This increases the flexibility of economic activity and facilitates maintenance logistics.

Keywords: corn, technology, cultivation, silage with modernization of the silage harvester.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА СИЛОС.....	8
РОЗДІЛ 2. ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗБИРАННЯ КУКУРУДЗИ ТА ЗАКЛАДАННЯ СИЛОСУ НА ЗБЕРІГАННЯ.....	19
РОЗДІЛ 3. МОДЕРНІЗАЦІЯ КОМБАЙНА ДЛЯ ЗБИРАННЯ СИЛОСУ.....	26
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	36
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	37

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Актуальність дослідження обумовлена зростаючими вимогами до ефективності кормозабезпечення тваринницьких підприємств України, де кукурудзяний силос залишається ключовим компонентом раціону великої рогатої худоби. Сучасні комплекси машин для збирання силосної кукурудзи часто демонструють недостатню продуктивність та підвищені втрати кормової маси через застарілі конструктивні рішення в силосозбиральних комбайнах серії КСС-2,6. Зниження якості подрібнення та незадовільна адаптація робочих органів до різних агрофізичних умов призводять до нерівномірного ущільнення силосу в ямі й, як наслідок, до погіршення процесу бродіння та зниження кормової цінності. Одночасно існує потреба в уніфікації навісного і причіпного обладнання в агрегаті з трактором МТЗ-82 для оптимізації витрат на експлуатацію та обслуговування техніки. Модернізація структури комплексу машин із впровадженням регульованих ріжучих апаратів і покращених гідравлічних приводів у КСС-2,6 здатна значно підвищити продуктивність збирання, зменшити енергоспоживання та втрати сухої речовини. Актуальність також зумовлена необхідністю зниження негативного впливу на ґрунтову структуру в процесі експлуатації важкої техніки, що важливо для сталого розвитку аграрних ландшафтів. Крім того, економічна доцільність модернізації проявляється в скороченні витрат палива та зменшенні простоїв під час технічного обслуговування. Отже, розробка й впровадження удосконаленого комплексу машин для вирощування кукурудзи на силос із модернізацією КСС-2,6 відповідає стратегічним завданням підвищення ефективності аграрного виробництва та зміцнення продовольчої безпеки країни.

Мета роботи: удосконалити структуру та склад комплексу машин для вирощування кукурудзи на силос шляхом модернізації силосозбирального комбайна КСС-2,6 з метою підвищення продуктивності збирання, зменшення витрат сухої речовини кормової маси та оптимізації експлуатаційних витрат.

Завдання:

- провести аналіз існуючого стану комплексу машин для збирання кукурудзи на силос, зокрема силосозбирального комбайна КСС-2,6 у агрегаті з трактором МТЗ-82, з виявленням його технічних недоліків і експлуатаційних обмежень.
- визначити технічні й технологічні вимоги до модернізованого ріжучого апарату та системи подрібнення силосозбирального комбайна для забезпечення оптимальної фракції (2–4 см) й мінімальних втрат сухої речовини.
- розробити конструктивні рішення з підвищеною регульованістю висоти зрізу та кута атаки жатки, адаптовані до різних агрофізичних умов і густоти стояння рослин;
- виконати розрахунково-конструкторську документацію модернізованого комплексу машин, включаючи технічні креслення, параметричні розрахунки і вибір матеріалів.

Об'єктом дослідження є комплекс машин для кукурудзу на силос та машинно-тракторний агрегат, що складається з силосозбирального комбайна КСС-2,6 в агрегаті з трактором МТЗ-82, а також пов'язаної з ним системи технічного обслуговування й експлуатації.

Предметом дослідження є конструктивно-технологічні та організаційні рішення щодо удосконалення структури і складу комплексу машин, зокрема модернізація силосозбирального комбайна КСС-2,6, що спрямовано на підвищення продуктивності збирання, зменшення втрат сухої речовини й оптимізацію експлуатаційних витрат.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Дерев'янюк Д.А. Вітвіцький А.І. формування продуктивності гібридів кукурудзи за різними групами стиглості при no-till технології вирощування. Сучасні вектори розвитку аграрної науки: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (ХДАЕУ, 17-18 вересня 2024 року). Херсон: ХДАЕУ, 2024. С. 188-192.

2. Білецький В.Р., Кравченко М.В., **Вазінський М.Ю.**, Веремій Т.Б. особливості застосування, переваги та недоліки технології Strip-Till Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» з нагоди 30-річчя започаткування підготовки ОС «Бакалавр» за спеціальністю «Агроінженерія» 11 квітня 2025 року м. Житомир / МОН України, Житомирський агротехнічний фаховий коледж. Київ. Видавничий центр ЖАТФК України, 2025. С. 98-102.

Практичне значення одержаних результатів. Впровадження модернізованого силосозбирального комбайна КСС-2,6 у складі комплексу з трактором МТЗ-82 дозволяє підвищити продуктивність збирання кукурудзи на силос на 15–20 %, що забезпечує оперативне виготовлення корму в оптимальні агротехнічні строки. Запропоновані конструктивні вдосконалення гарантують фракцію 2–4 см із втратами сухої речовини не більше 3–4 %, що підвищує якість бродіння й кормову цінність силосу.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 31 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 39 сторінок комп'ютерного тексту, містить 2 таблиці та 3 додатки.

РОЗДІЛ 1

ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ НА СИЛОС

Технологія вирощування кукурудзи на силос починається з чіткого розуміння мети продукції: забезпечення високоякісного корму з оптимальним вмістом сухої речовини та цукрів. Основною перевагою силосної кукурудзи є висока енергетична цінність корму і здатність довго зберігатися в умовах силосування. Важливо враховувати агрокліматичні умови регіону, насамперед температуру повітря та рівень опадів у вегетаційний період. При плануванні сівозміни слід передбачити повернення кукурудзи на попереднє місце не раніше ніж через 3–4 роки, щоб уникнути накопичення шкідників та хвороб. Рівень родючості ґрунту грає критичну роль у формуванні врожайності та якості силосу. Для отримання стабільних результатів необхідно ретельне дотримання всіх технологічних етапів. Вибір оптимальних агротехнічних прийомів дозволяє знизити витрати на кормозабезпечення тварин. Сучасні наукові дослідження підтверджують, що правильно організована технологія вирощування забезпечує приріст умовної одиниці корму до 10–12 тонн з гектара [4].

Кліматичні умови визначають строки сівби та строки дозрівання силосної кукурудзи. Оптимальна температура ґрунту для активного проростання насіння становить $+10...+12^{\circ}\text{C}$. Раннє сівба в розігрітий ґрунт підвищує енергію проростання та рівномірність сходів. У різних кліматичних зонах України вегетаційний період для силосних гібридів може коливатися від 80 до 110 днів. При недостатній кількості опадів весною можливе використання надраннього силосу, що дозріває за 75–80 днів. Надмірне зволоження ґрунту у першій половині вегетації може призвести до затримки розвитку рослин і зниження урожайності. Слід враховувати ризик заморозків навесні та восени, які можуть пошкодити посіви. Використання прогнозів погоди допомагає коригувати строки основних агротехнічних операцій.

Ґрунтові умови є базисом для успішного вирощування силосної кукурудзи. Ідеальні ґрунти — легкі або середньо-тяжкі суглинки з показником реакції рН 6,0–7,0. Кислі ґрунти потребують вапнування за 1–2 роки до сівби для нейтралізації кислотності. Для оцінки родючості варто проводити агрохімічний аналіз кожні 3–4 роки. Наявність органічної речовини на рівні 3–5 % забезпечує кращу структуру та вологоємність. При низькому вмісті гумусу застосовують органічні добрива або сидеральні культури в попередниках. Слід уникати надмірного ущільнення ґрунту, тому після жнив попередника виконують розпушення. Глибина оранки зазвичай становить 20–25 см, а передпосівна культивування – 8–10 см. Дотримання агротехнічних вимог сприяє рівномірному розвитку кореневої системи [3].

Вибір гібридів силосної кукурудзи ґрунтується на їхній адаптивності до умов вирощування та характеристиках якості силосу. Сучасні гібриди поділяються на чотири групи стиглості: надранні, ранні, середньостиглі та пізньостиглі. Надранні забезпечують вегетацію 75–85 діб, що корисно в зонах з коротким тепловим періодом. Для зон з гарним зволоженням та довгим вегетаційним періодом краще підходять середньостиглі та пізньостиглі гібриди. При виборі варто звертати увагу на стійкість до хвороб, стрижневий корінь та продуктивність на одиницю площі. Гібриди з високим вмістом крохмалю забезпечують кращу енергію корму. Дослідні господарства рекомендують звертати увагу на стійкість до вилягання за несприятливих погодних умов. Підбір гібридів має базуватися на результатах полеглих у регіоні випробувань.

Якість насіння є визначальною для успіху технології вирощування силосної кукурудзи. Насіння повинно мати мінімальну вологість (не більше 14 %) та високий відсоток енергії проростання (понад 90 %). Сертифіковане насіння проходить очищення та протруювання проти грибних та шкідників. Для зниження ризику інфекцій застосовують комбіновані препарати з фунгіцидною та інсектицидною дією. Перед посівом проводять калібрування насіння за розміром та масою, що забезпечує рівномірність висіву. Застосування ґрунтових мікробних препаратів підвищує придатність ґрунту та

сприяє кращому поглинанню поживних речовин. Насіння, яке було на відкритому повітрі більше доби, слід зменшити в сівалці на 5–7 %. Дотримання умов зберігання (температура +10...+15 °С, відносна вологість 60–70 %) забезпечує збереження енергії проростання [1].

Передпосівна підготовка ґрунту включає низку операцій, спрямованих на створення оптимальних умов для проростання. Після жнив попередника виконують оранку на глибину 20–25 см. Потім застосовується дискування чи ротаційна культивация для руйнування великих грудок. Напередодні сівби проводять боронування та коткування, щоб вирівняти поверхню та ущільнити верхній шар ґрунту. Загальна кількість культиваций залежить від забур'яненості та вологості, але зазвичай це 2–3 проходи. Важливо завершити передпосівну підготовку не пізніше ніж за 2–3 дні до початку сівби. Занадто тривале залишання поля без стабілізації може призвести до утворення кірки. Використання GPS-навігації при передпосівних роботах підвищує точність агротехнічних операцій [5].

Терміни сівби силосної кукурудзи залежать від регіональних кліматичних особливостей і сорту. У середній смузі України оптимальні строки сівби – із середини квітня до початку травня. За умов теплої весни сівбу можна розпочати з кінця квітня, коли ґрунт прогріється до +10 °С на глибині 10 см. Якщо ж весна холодна, варто почекати оптимального прогрівання, щоб не спровокувати загнивання насіння. Надто ранній посів може викликати нерівномірні сходи та низьку енергію проростання. Головним критерієм є ґрунтова температура, а не календарні дати. Сівбу завершують не пізніше ніж за 20–25 днів до кінця оптимального періоду, щоб уникнути осінніх заморозків. Своєчасні строки сівби забезпечують рівномірний розвиток і максимальну врожайність [2].

Глибина та густина сівби – критичні чинники, що впливають на формування стеблостою та його цукристість. Зазвичай глибина закладання насіння становить 5–7 см на легких ґрунтах та 7–9 см на важких. Занадто глибоке загортання сповільнює сходи та збільшує ризик загнивання при холодному ґрунті. Рекомендована густина рослин до збирання силосу – 70–80

тис. рослин на гектар для надраних і 60–70 тис. для середньостиглих гібридів. При вищій густоті знижується розмір качанів і знижується вміст цукрів. Низька густота часто призводить до зростання бічних пагонів і зниження однорідності сировини. Сівалка зі змінними насівними аплікаторами гарантує точність висіву [3].

Міжряддя та покриття рослин визначають освітленість і вентиляцію посівів. Стандартне міжряддя 70 см підходить для більшості технологічних схем. Для інтенсивних технологій застосовують міжряддя 45 см у системах смугового висіву. Вужче міжряддя покращує поглинання світла і зменшує конкуренцію з бур'янами. Ширші міжряддя полегшують проходи техніки під час догляду за посівами. Важливо забезпечити рівномірне розподілення рослин у рядку, щоб уникнути “плям” з дуже густим або рідким стоянням. Використання GPS-навігації при сівбі гарантує точність рядків і знижує ризик перекриття. Своєчасне закриття рядків сприяє швидкому активному росту [2].

Планування удобрення силосної кукурудзи починається з агрохімічного аналізу ґрунту. На основі результатів визначають дефіцит поживних елементів. Основне значення мають азот, фосфор і калій. Внесення азоту у дозі 120–180 кг д. р./га сприяє інтенсивному наростанню вегетативної маси. Фосфор у нормі 60–80 кг/га покращує розвиток кореневої системи. Калій у дозі 80–100 кг/га підвищує стійкість рослин до вилягання та стресів. Збалансоване удобрення мінімізує негативний вплив надлишку одного елементу. Внесення мікродобрив (бор, марганець) підтримує розвиток ферментних систем [5].

Органічні добрива відіграють важливу роль у підвищенні родючості та структури ґрунту. Для кукурудзи на силос рекомендується вносити гній або компост у нормі 30–40 т/га восени перед оранкою. Органіка забезпечує повільне звільнення азоту протягом усього вегетаційного періоду. Вона також покращує водоутримувальні властивості ґрунту та підтримує біологічну активність. При нестачі органічних ресурсів доцільно використовувати сидеральні культури в попередниках. Перероблений послід птиці слід розподіляти локально, уникаючи концентрації органіки на обмежених ділянках.

Органічне удобрення в поєднанні з мінеральними добривами забезпечує синергетичний ефект. Дотримання строків внесення мінімізує втрати поживних речовин [3].

Мінеральні добрива вносять залежно від потреби ґрунту та очікуваної врожайності. Фосфорно-калійні добрива краще вносити восени з подальшою оранкою. Азотні добрива розподіляють на два або три підживлення навесні і в період інтенсивного росту. Сечовину або карбамід вносять до появи сходів чи відразу після неї. Друга азотна норма вноситься на стадії 5–6 листків, а третя — безпосередньо перед молочною стиглістю. Повільнорозчинні азотні форми зменшують втрати на промивання та випаровування. Використання технологій точного внесення добрив знижує екологічне навантаження. Баланс N:P:K варіюється залежно від аналізу та умов вирощування [2].

Вапнування кислотних ґрунтів проводять за 1–2 роки до сівби кукурудзи. Доза вапнякових матеріалів залежить від ступеня кислотності та буферної ємності ґрунту. Зазвичай вносять 2–4 т/га вапняної муки чи доломіту. Дрібнодисперсний вапняк забезпечує швидшу реакцію та покращення структури. Після вапнування рекомендується провести зароблення добрива за допомогою дискування. Оптимальний індекс реакції рН для силосної кукурудзи – 6,0–6,5. Вапнування підвищує ефективність мінеральних добрив та активність ґрунтових мікроорганізмів [7].

Іригація має вирішальне значення в регіонах із недостатньою кількістю опадів. Оптимальний рівень зволоження для кукурудзи на силос – 60–70 % від максимальної польової вологоємності. Для досягнення цього використовують краплинне зрошення або дощувальні агрегати. План іригації базується на даних агрометеостанцій та моніторингу вологості ґрунту. Перше зрошення виконують на стадії 4–6 листків. Дальші зрошення проводять на початку викидання вуха та перед цвітінням. Відмова від зрошення у фазі молочної стиглості сприяє кращій концентрації сухої речовини. Надмірне зволоження у пізніх фазах може призвести до втрат цукрів [8].

Захист від бур'янів починається з попередження: сівозміна, органічні залишки та передпосівна культивація. Для радикального знищення бур'янів застосовують післясходові гербіциди вибіркової дії. На ранніх фазах розвитку рослин (2–4 листи) ефективні гербіциди на основі атразину чи мезотріону. При відсутності обробки конкуренція бур'янів зніжує врожайність до 30 %. Своєчасні механічні міжрядні обробки доповнюють хімічний захист. Ротація гербіцидів запобігає виникненню резистентності. Використання ад'ювантів покращує прилипання препаратів до поверхні листка. Останню обробку гербіцидами проводять не пізніше ніж за 20 днів до збору силосу [9].

При органічному вирощуванні механічні методи контролю бур'янів замінюють хімічні. Часті боронування і міжрядні культивації ефективно зменшують забур'янення. Використання мульчуючих матеріалів (солома, агроволокно) перешкоджає проростанню бур'янів. Потрібно стежити, щоб мульча не створювала надмірну вологість біля кореня. Біологічні гербіциди на основі зерновок можуть бути інтегровані в технологію. Використання сівалки точного висіву знижує ризик “просіву” бур'янів. Комбінація механічних і біологічних методів підвищує екологічність. Енерговитрати на механічний метод вищі, ніж на хімічний, але відповідають стандартам органічного виробництва [6].

Інтегрована система захисту від шкідників передбачає моніторинг чисельності комах-шкідників. Основними шкідниками силосної кукурудзи є кукурудзяний пухирник, стебловий метелик та гессенська муха. Порогові рівні шкодочинності визначають необхідність обробки. За перевищення 15 екз. на 1 м² застосовують інсектициди на основі піреміфосу чи тіаметоксаму. Обробки бажано проводити у фазі початку метеликів, що знижує ризик резистентності. Біологічні препарати на основі *Bacillus thuringiensis* ефективні у фазі личинки. Після обробки слід слідкувати за природними ворогами шкідників. Інтеграція агротехнічних і біологічних методів знижує загальний обсяг хімії [2].

Захворювання силосної кукурудзи включають гельмінтоспоріоз, іржу та іржаві плями. Перші ознаки проявляються на нижніх листках у вигляді темних

дрібних плям. Для профілактики застосовують протруювання насіння фунгіцидами на основі тебуконазолу. Під час вегетації при ризику ураження виконується обприскування фунгіцидами групи стробілуринів чи триазолів. Перше обприскування доцільно проводити на стадії 6–8 листків. Повторна обробка — перед викиданням волоті. Моніторинг вологості повітря та припливу вологи допомагає передбачити епідемію. Дотримання сівозміни зменшує накопичення збудників у ґрунті [4].

Контроль живлення рослин у році важливий для своєчасного коригування схем удобрення. Метод листових аналізів дозволяє визначити нестачу азоту, фосфору чи калію у реальному часі. Аналіз на вміст хлорофілу в листках (SPAD-метод) показує рівень азотного живлення. За показниками SPAD нижче 30 рекомендовано позакореневе підживлення. Розчинні мінеральні добрива з мікроелементами забезпечують швидкий ефект. Моніторинг можна поєднати з UAV-зйомкою для виявлення зони дефіциту. Результати аналізів коригують норму внесення основних елементів. Інтеграція даних підвищує точність агрорішень [12].

Використання регуляторів росту допомагає оптимізувати висоту та міцність стебла. Сучасні препарати на основі гіберелінів чи ауксинів застосовують у фазу 4–6 листків. Вони сприяють формуванню міцного стебла і запобігають виляганням. Найчастіше використовують диметоат чи хлормекват-хлорид. Обприскування проводять у ранкові години при температурі повітря +15...+20 °C. Підвищена вологість сприяє кращому поглинанню регуляторів. Регулятори росту також можуть знижувати висоту рослини без зменшення врожайності. Важливо дотримуватися рекомендованих норм для уникнення фітотоксичності [14].

Міжрядні операції включають механічну культивуацію та розпушення ґрунту. Культивуація на 3–4 см нижче поверхні руйнує дрібні бур'яни. Розпушення покращує аерацію кореневої системи та зменшує втрати вологи. Використання ротаційних культиваторів підвищує ефективність на глинистих ґрунтах. У період інтенсивного росту проводять 1–2 міжрядних проходи.

Надмірна кількість операцій призводить до руйнування структури ґрунту. Комбінація культивуації з боронуванням знищує пророслі бур'яни. Своєчасні міжрядні обробки підтримують оптимальний агрофон.

Механізація основних агротехнічних етапів забезпечує високу продуктивність робіт. Сівалки точного висіву гарантують однорідність стояння рослин. Культиватори та борони з GPS-навігацією підвищують точність робіт у полі. Дощувальні агрегати на базі самохідних машин дозволяють оперативно проводити зрошення. Обприскувачі із системами «високого розпилення» забезпечують рівномірне покриття рослин. Косарки–збирачі силосу подрібнюють масу до розміру 2–4 см. Транспортери та силосні машини з автоматичним завантаженням знижують втрати під час збирання. Інтеграція автономних роботів у технологію вирощування — новий тренд [7].

Системи точного землеробства дозволяють оптимізувати ресурси та підвищити якість корму. Використання карт-зон добрив базується на агрохімічному картографуванні. VRT-технології (Variable Rate Technology) змінюють норму внесення добрив у різних ділянках поля. RTK-GPS зменшує похибку навігації до 2–3 см. Моніторинг схеми сходів за допомогою дронів виявляє нерівномірність розвитку. Оператори отримують звіти у режимі реального часу. Аналітичні платформи обробляють великі масиви даних для прийняття рішень. Precision agriculture стає ключовим фактором підвищення рентабельності [3].

Безпілотні літальні апарати (дрони) широко застосовують для моніторингу стану посівів. Високоточні камери дозволяють оцінити індекс NDVI та виявити зони стресу. Дрони можуть розпилювати мікродобрива чи біопрепарати на рівні рослини. Швидкість проведення обстеження – до 100 га за одну операцію. Інфрачервоні датчики виявляють дефіцит води або поживних речовин. Геоприв'язка зображень полегшує відслідковування динаміки росту. Використання дронів зменшує витрати на наземні обстеження. Інтеграція даних з іншими агросистемами підвищує ефективність технології [4].

Моніторинг стадії розвитку рослин допомагає вчасно прийняти рішення щодо подальших робіт. Ключові фази росту: поява 4 листків, викидання волоті, цвітіння та молочна стиглість. Кожна фаза вимагає специфічних агротехнічних заходів. При викиданні волоті оцінюють густоту та здоров'я рослин. Фаза цвітіння — критична для формування качанів. Молочну стиглість визначають за ущільненням зерна та білою серединною точкою. Затримка зі збиранням призводить до перевищення оптимальної вологості. Своєчасний моніторинг підвищує однорідність маси для силосу [3].

Оптимальний час збирання силосної кукурудзи — фаза воскової стиглості зерна із вологістю 32–35 %. У цій фазі вміст сухої речовини в рослині становить 32–34 %, що забезпечує кращу якість силосу. Раннє збирання знижує врожайність, а запізнення — погіршує бродіння. Оцінюють стан пощипом стебла: легко відділяється біло-молочний сік із слюзинками. Для точного визначення вологості використовують польові воломіри. План збирання складають з урахуванням прогнозу погоди. Підготовка техніки починається за 1–2 тижні до початку робіт. Коректування рядків на збиральних комбайнах підвищує рівномірність різку [2].

Планування збору врожаю передбачає організацію техніки та бригад. Для зменшення втрат маси збирання починають у ранкові години, коли рослини мають нижчу температуру. Комбайни з високопродуктивними ніжними барабанами забезпечують однорідний різ. Швидкість руху не повинна перевищувати 5–6 км/год для забезпечення якості подрібнення. Слід контролювати рівень заповнення бункера, щоб уникнути перевантаження. Перевірка гостроти ножів та технічної справності машини – обов'язкова перед початком кожної зміни. Використання систем телеметрії дозволяє відстежувати продуктивність в реальному часі. Координація з транспортними засобами знижує простой [1].

Технологія подрібнення силосної маси визначає її однорідність і гранулометричний склад. Оптимальний розмір часток — 2–4 см, що сприяє кращому ущільненню та бродінню. Регулювання зазору між ножами та

швидкістю барабана дозволяє варіювати фракцію. Під час роботи системи охолодження знижують температуру технологічного обладнання. Надмірне розторгування може призводити до виділення надмірної вологи. Після подрібнення слід провести швидке транспортування до силосної ями. Використання жорстких транспортерів запобігає забрудненню маси. Контроль розміру часток — важлива ланка технологічного ланцюга.

Транспорт силосної маси до місця зберігання повинен бути організований безперервно. Самохідні транспортні платформи або причеми з ланцюговим транспортером використовують для мінімізації втрат. Перевантаження на шляху мають бути унікаючими падіння маси з висоти. Для запобігання окисненню допускається швидке укладання маси в силосну яму. Перерви у транспортуванні збільшують ризик псування верхніх шарів. Оптимальна довжина ланцюга транспорту — не більше 200 м. Спеціальні накривальні брезенти застосовують під час негоди. Чітка логістика гарантує збереження якості.

Підготовка місця для зберігання в силосній ямі включає очищення та вирівнювання поверхні. Дно ями повинно бути водонепроникним та мати невеликий ухил для відведення рідкої фракції. Стіни ями зміцнюють бетонними або сталевими елементами. Перед укладанням маси поверхню очищають від залишків попередньої партії. Рівномірне укладання шару товщиною 30–40 см спрощує ущільнення. Використання котків або трамбувальників забезпечує щільність не менше 200 кг/м³. Після заповнення ями край маси загинають навколо країв для кращого прилягання плівки. Яму накривають газонепроникною плівкою з додатковим вантажем [5].

Процес силосування передбачає анаеробне бродіння молочнокислих бактерій. Плівка має бути герметично натягнута, щоб уникнути доступу кисню. Температура в середині плівки не повинна перевищувати 35 °C за перші дні бродіння. Утворений молочний сік покращує якість силосу та стабілізує рН на рівні 3,8–4,2. Кисле середовище зупиняє розвиток гнильних бактерій. Бродіння зазвичай триває 3–4 тижні. Контроль температури та герметичності плівки —

ключові фактори успіху. Після завершення процесу силос готовий до тривалого зберігання [1].

Використання силосних інокулянтів підвищує однорідність бродіння. Інокулянти на основі *Lactobacillus buchneri* чи *Lactobacillus plantarum* забезпечують швидке падіння рН. Вони знижують втрати сухої речовини на 1–2 %. Доза інокулянту — 1–2 г на тонну маси. Інокулянт попередньо розводять у воді та розпилюють разом з хімзахистом. Використання комплексних інокулянтів дає кращий результат у змінених кліматичних умовах. Ефективність оцінюють за кінцевим жировим та протеїновим вмістом. Результатом є стабільна якість корму незалежно від вологості [1].

Ущільнення та герметизація – фінальні операції перед бродінням. Котки із сталевими вальцями використовують для ущільнення кожного шару. Кількість проходів залежить від технічних характеристик котка, але зазвичай це 3–4 рази. Герметичну плівку фіксують по периметру бетонної основи. Додатково використовують спеціальні гумові стрічки та мішки з піском. Контроль наявності проколів здійснюють термокамерою або лазером. Важливим є відсутність щілин, які можуть спричинити дефіцит анаеробних умов. Якість герметизації безпосередньо впливає на кінцеву кормову цінність.

Після відкриття силосної ями організовують правильний зріз маси для запобігання псуванню. Зріз виконують вертикально, залишаючи стіну завтовшки 40–60 см. Цей шар захищає нижні шари від доступу повітря. Розрізування здійснюють за допомогою ножів або екскаватора з приєднаною різальною насадкою. Масу подають безпосередньо у годівницю або тимчасовий бункер. Дотримання такого порядку дозволяє використовувати весь об'єм без втрат. Регулярний моніторинг стану відкритої поверхні запобігає розмноженню плісняви. Якісний силос підтримує здоров'я та продуктивність тварин [3].

РОЗДІЛ 2

ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗБИРАННЯ КУКУРУДЗИ ТА ЗАКЛАДАННЯ СИЛОСУ НА ЗБЕРІГАННЯ

Технологія збирання кукурудзи на силос із використанням силосозбирального комбайна КСС-2,6 в агрегаті з трактором МТЗ-82 починається з детального планування та оцінки полів підготовлених під прямий комбайновий збирання. Спочатку проводять визначення оптимальної фази фізіологічної стиглості рослин, орієнтуючись на вологості в діапазоні 32–35 % для досягнення якісного бродіння. Обов'язковим є вивчення рельєфу та стану ґрунту для вибору оптимальної швидкості руху агрегату з урахуванням місцевих умов. Перед початком робіт виконують агротехнічний огляд попередника, перевіряючи залишкові стебла та їх розташування. Для зниження втрат продуктивності важливо визначити густоту стояння рослин та рівномірність їх розвитку. Підготовка маршруту руху включає маркування крайніх точок поля та оптимізацію траєкторії збирання. Сезонні особливості клімату, зокрема рівень опадів і температура повітря, враховуються при виборі часу початку робіт. Збирання проводиться за сухої або помірно вологої погоди, щоб уникнути засмічення механізмів. Візуальна оцінка рослин допомагає операторам налаштувати подальші режими роботи обладнання [5].

Підготовка силосозбирального комбайна КСС-2,6 перед збиранням включає комплекс заходів технічного огляду та регламентного технічного обслуговування. Перевіряють стан ріжучих елементів жатки та транспортерів, звертаючи увагу на зношення ножів та шестерень. Змащення вузлів і підшипників здійснюють відповідно до інструкцій заводу-виготовлювача, використовуючи рекомендовані мастильні матеріали. Гідросистема налаштовується на тиск, сумісний із трактором МТЗ-82, щоб забезпечити стабільну роботу жатки та подаючого транспортеру. Перевіряється герметичність паливної системи, а фільтри очищуються або замінюються при потребі. Перевіряють рівень охолоджувальної рідини та стан радіаторів, щоб

уникнути перегріву двигуна. Електрична частина агрегату оглядається на наявність корозії контактів і пошкоджень проводки. Всі датчики рівня та вологості перевіряються на працездатність. Лише після підтвердження технічної готовності комбайн допускається до виходу в поле [3].

Трактор МТЗ-82, який працює в агрегаті з КСС-2,6, проходить попередню діагностику трансмісії та системи навішування. Налаштовують підйомний гідроциліндр навісної системи заднього ВВП для оптимального зчеплення з комбайном. Перевіряють працездатність коробки передач, особливо режимів руху в низькому діапазоні швидкостей. Гальмівна система тестується на ефективність зупинки агрегату з повним навантаженням. Стабільність роботи ВВП та правильність фіксації карданних валів забезпечують рівномірну передачу потужності. Регулюють тиск у шинах відповідно до ваги агрегату, щоби зменшити ущільнення ґрунту та зберегти його структурну цілісність. Система живлення трактора перевіряється на наявність витоків і стабільність подачі палива. Електросистема випробовується із залученням навісного освітлення для нічних робіт. Оператор тракторного керування проводить тестовий виїзд із комбайном, оцінюючи плавність ходу [9].

Налаштування режимів роботи жатки КСС-2,6 визначають висоту зрізу та кут атаки стебел кукурудзи. Оптимальна висота жолоба жатки становить 5–7 см над рівнем ґрунту для збалансованого зрізу без захоплення великих грудок ґрунту. Кут атаки ножів регулюється для мінімізації подрібнення стебел до моменту подачі в подрібнювач. Перевіряють рівномірність сходу кореневої шийки та наявність дрібних бокових пагонів. Під час роботи жатки слід контролювати рівень подачі матеріалу, щоби уникнути перевантаження гвинтового транспортера. Налаштування ротора подрібнювача здійснюється на подрібнення часток довжиною 2–4 см. Регулювання швидкості ротора та ножового барабана забезпечує оптимальний баланс між швидкістю збирання та якістю подрібнення. У разі зміни умов поля налаштування можуть коригуватися в реальному часі. Рекомендовано проводити тестові зрізи на початку кожної смуги збирання [7].

Перед початком робіт обов'язково проводиться інструктаж для екіпажу та обговорюються правила безпеки. Оператори комбайна та трактора домовляються про кодові сигнали для узгодження маневрів на полі. Заборонено залишати місце оператора без зупинки обладнання та зняття ВВП із ввімкненого двигуна. Працюючий комбайн не повинен експлуатуватися в умовах обмеженої видимості без додаткового освітлення. Огляд навколишнього простору перед рухом назад запобігає зіткненням із перешкодами або людьми. Рекомендується використовувати засоби індивідуального захисту оператора, включаючи захисні окуляри та рукавички. Заборонено перевищувати швидкість руху в умовах нерівного ґрунту. При екстреному відключенні живлення слід знати місце розташування вимикачів. Дотримання інструкцій виробника значно знижує ризик аварій [1].

Оскільки сила тяги МТЗ-82 обмежена, необхідно коригувати швидкість руху агрегату відповідно до щільності та висоти стеблостою. Оптимальна швидкість руху становить 4–6 км/год, що забезпечує повну пропускну здатність жатки без пропусків рядів. У вологі роки швидкість може знижуватися до 3 км/год для запобігання пробуксовці. На крутих схилах слід додатково оцінювати баластування трактора для уникнення пробуксовки задніх коліс. Оператор комбайна контролює рівень заповнення бункера та адаптує швидкість подачі відповідно до об'єму зібраної маси. Підтримка стабільних оборотів двигуна трактора гарантує постійне обертання ротора подрібнювача. Використання автоматичного регулювання подачі матеріалу допомагає уникнути перевантаження механізмів. Перерви для буксирування та очищення робочих органів планують за умов накопичення залишків між рядами. Дотримання режимів руху сприяє стабільності потоку продукції в транслейну систему [5].

Подрібнена кукурудзяна маса через транспортер подається у причіпний силосний причіп або напівпричіп, що буксирується трактором. Важливо підтримувати рівномірний потік матеріалу, уникаючи застоїв на виході транспортера. Перевантаження матеріалу здійснюється без зупинки

силосозбирального агрегату для мінімізації простоїв. Висота вивантаження налаштовується під тип причепа, зазвичай на рівні 2,5–3 м. Забезпечуються рівні бокові стінки маси в причепі для полегшення наступного рівномірного розвантаження в силосну яму. Спостереження за рівнем заповнення допомагає уникнути переповнення та втрат продукції. За потреби причіп може під'їжджати до іншого комбайна для одночасного вивантаження двома машинами. Оператори причепа координуються із комбайнером через радіозв'язок. Своєчасне вивантаження дозволяє безперервно підтримувати темп збирання [2].

Розташування силосної ями планується таким чином, щоб мінімізувати відстань транспортування та уникнути перешкод у полі. Яму викопують заздалегідь, забезпечуючи габарити, що відповідають обсягу планованого врожаю. Дно ями вирівнюють та ущільнюють, допускаючи кут нахилу для відведення рідких фракцій. Під час розвантаження причіп заїжджає максимально близько до краю ями. Використання направляючих плит або балок допомагає уникнути пошкодження краю ями. Пристрій для рівного розподілення маси може бути механізованим або ручним. Працюючи на мінімальній відстані, оператор причепа та тракторист взаємодіють для безпечного розвантаження. Уникнення підйомів та спусків мінімізує ризик перекидання причепа. Розвантаження проводиться із дотриманням норм безпеки для екіпажу [5].

Після розвантаження кукурудзяної маси оператор комбайна може повернутися до наступної смуги збирання без додаткового налаштування обладнання. Водночас тракторист може підготувати наступний причіп або здійснити технічний огляд поточного. Перевіряють стан ножового барабана на наявність забивання частками маси. При необхідності виконують короткочасне очищення ротора та транспортерів. Під час руху до нового місця зупинки механізми можуть працювати на холостому ході для запобігання застою маси. Легке змащення вузлів під час короткочасних перерв продовжує термін служби обладнання. Команда слідкує за рівнем палива та мастильних матеріалів. Всі

маневри виконуються плавно, уникаючи різких розворотів. Така організація роботи знижує простої та підвищує продуктивність [4].

У міру накопичення шарів у силосній ямі необхідно проводити поетапне вирівнювання маси. Спочатку шар завтовшки 20–30 см розподіляють рівномірно по площі ями. Далі застосовують коток або масивну техніку для ущільнення кожного шару. За один прохід ущільнювачем зменшують об'єм повітря в масі до мінімуму. Щільність маси після ущільнення повинна досягати не менше 200 кг/м³. Після ущільнення наступний шар подрібненої маси розподіляють повторно. Чітка послідовність «шар–ущільнення–шар» сприяє рівномірному бродінню. Оператор контролює рівень маси, щоб уникнути перевищення допустимого обсягу ями. Своєчасне ущільнення підвищує якість та тривалість зберігання силосу [3].

Завершивши укладання та ущільнення, переходять до етапу герметизації силосного насипу. Спочатку поверхню вирівнюють шпателем або відповідним інструментом, видаляючи виступи. Потім вкривають масив спеціальною плівкою з високою газонепроникністю. Плівку розстеляють без складок, щоб уникнути натягу та розривів. По периметру плівки розташовують мішки з піском або спеціальні шинні вантажі. Переконаються, що всі краї плівки щільно прилягають до бетонного борта ями. Додатково використовують клейкі стрічки для закриття місць стикування плівки. Оператори перевіряють відсутність проколів за допомогою візуального огляду. Якість герметизації напряму впливає на виключення проникнення повітря [4].

Протягом перших 3–5 днів після герметизації контролюють температуру в товщі силосу. Для цього встановлюють термодатчики на глибині 1–2 м у кількох точках ями. Оптимальна температура бродіння складає 30–35 °С, що забезпечує активність молочнокислих бактерій. При значному відхиленні оператори можуть локально регулювати ущільнення. Висока темп температура понад 40 °С свідчить про можливість активізації небажаних процесів. У цьому випадку рекомендують провести локальне підсипання сухої підстилки або вкриття подвійним шаром плівки. Температурний моніторинг здійснюють

щодня впродовж першого тижня. Фіксують дані в журналі для подальшого аналізу якості силосу. Своєчасна реакція на аномальні показники знижує ризик псування [4].

Після завершення активної фази бродіння (3–4 тижні) силос переходить у фазу стабілізації. Температура поступово знижується до зовнішньої, а рН встановлюється на рівні 3,8–4,2. Оператори проводять остаточну перевірку герметичності плівки та при необхідності додатково усувають місця проникнення повітря. При стабільному рН можна планувати відкриття ями для роздачі корму. Після відкриття залишають захисний шар товщиною 40–50 см по лінії розрізу. Це запобігає контакту нижчих шарів із повітрям та зберігає якість. Дані про рН та температуру заносять до технологічної карти зберігання. Така практика дозволяє відстежувати живильні властивості корму протягом сезону. Підготовка правильно організованої роздачі корму сприяє рівномірному навантаженню тварин [3].

Після завершення сезону збирання розпочинаються фінальні роботи з очищення та сервісу обладнання. Комбайн КСС-2,6 очищують від залишків маси за допомогою повітродува чи щіток. Всі ножі та ріжучі елементи знімають для перевірки зношення та заточування. Трансмісійні вузли обережно очищують, а потім змащують відповідними мастилами. Перевіряють гідравлічні шланги та фітинги на наявність мікротріщин. Оператор МТЗ-82 проводить подібні операції з трактором, зокрема перевіряє зчеплення та стан гуми. Усі демонтажні операції виконуються з дотриманням техніки безпеки. Інструменти та запасні частини складають у відведеному ангарі. Такий підхід забезпечує готовність техніки до наступного сезону [2].

До завершення операційної технології входить аналіз ефективності роботи агрегату. Обчислюють витрату палива на гектар та порівнюють із запланованими нормативами. Фіксують втрати маси під час збирання та транспортування. Оцінюють швидкість збирання та простої агрегату. Проводять співставлення планових та фактичних показників продуктивності. Виявляють «вузькі місця» в процесі та розробляють заходи щодо їх усунення.

На підставі аналізу коригують технологічні карти на наступний сезон. Складання звіту допомагає оптимізувати витрати та підвищити рентабельність. Таке системне підходження закриває цикл операційної технології збирання і зберігання силосу [7].

РОЗДІЛ 3

МОДЕРНІЗАЦІЯ КОМБАЙНА ДЛЯ ЗБИРАННЯ СИЛОСУ

3.1. Призначення, конструкція та принцип дії

Силосозбиральний агрегат КСС-2,6 розроблений для підготовки і збирання кукурудзи воскової стиглості, соняшнику та низки інших рослинних культур. До його складу входять: жатка з ріжучим механізмом, живильний транспортер та активний розподільник, мотовило, ланцюгова зенітка (сниця), силосорізка із системою подачі та ножовим валом для подрібнення, силосопровід, пристрій для заточування ножів подрібнювального барабана, ребристий рекаттер, привідні механізми робочих органів і гідросистема.

Під час роботи комбайн рухається вздовж рядків культур. Рослини зрізаються ріжучим апаратом жатки, після чого мотовило рівномірно укладає стебла на платформу. Живильний транспортер захоплює стебла й транспортує їх до живильного апарату, де бітерний барабан у поєднанні з гладким валецьом проштовхує матеріал до протиріжучого бруса. Далі подрібнювальний барабан перерізає стебла на дрібні фракції і викидає подрібнену масу на вивантажувальний транспортер, який, у свою чергу, подає її в транспортний засіб, що рухається поруч із комбайном.

3.2. Робота складових частин комбайна

3.2.1. Жатка

Жатка являє собою плоску опорну платформу, обмежену з обох боків боковими бортами. Правий борт доходить до передньої частини розподільника, який при необхідності може бути переведений у пасивний режим.

Обертання ножового апарата передається від вала головного редуктора через ланцюгову передачу, проміжний і карданний вали та кривошипно-шатунний механізм. На поверхні платформи розташований ланцюгово-планчатий транспортер, який переміщує зрізані стебла до

живильного відділення силосорізки. Щоб мінімізувати втрати кормової маси й зменшити коливання нижньої гілки транспортера, під платформою встановлено піддони. У цих піддонах є відкриті люки, які слід відчиняти при збиранні тонкостебельних культур або сильно забруднених рослин.

Центральний люк також призначений для доступу до напівпідшипника, що запобігає провисанню ведучого вала транспортера жатки під час його регулювання. Висоту зрізу забезпечує копіювальний башмак, який відтворює нерівності рельєфу, а його положення по висоті можна змінювати. Притиск копіювального башмака до ґрунту регулюється пружинним механізмом врівноваження.

Для оперативного обходу перешкод або переведення жатки в транспортне положення застосовується підйомний механізм, що дозволяє швидко змінювати висоту зрізу.

3.2.2. Мотовило

П'ятилопатеве мотовило закріплене на підвісках рами, яка шарнірно з'єднана з кронштейнами корпусу силосорізки. Регулювання виліту мотовила здійснюється тягами, а висотне положення підтримується гідравлічними циліндрами з вбудованими обмежувачами на штоках, що запобігають зачіпанню лопатей за транспортер жатки. Автоматичний механізм самостійно вмикає мотовило разом із опусканням жатки в робочий режим і відключає його при підйомі в транспортне положення.

Силосорізка. Каркас силосорізки виконаний у вигляді рами, встановленої на двох пневматичних колесах. На цій рамі змонтовані живильний механізм, подрібнювальний блок, ребристі рекатери, силосопровід із вивантажувальним транспортером та пристрій для заточування ножів подрібнювального барабана.

3.2.3. Живильний апарат

Живильний апарат включає бітерний барабан, гладкий валок, приводний вал жаткового транспортера та редуктор. Бітерний барабан у напрямних переміщається вгору або вниз відповідно до змін товщини шару надходящої

маси, а пружини забезпечують плавність ходу й необхідний тиск на кормову масу. На валу барабана змонтовано обгінну муфту, яка при зростанні частоти обертання розмикає його з приводом під час переміщення в напрямних, а при відключенні ВВП трактора дозволяє барабану вільно обертатися за інерцією.

3.2.4. Подрібнювальний апарат

Подрібнювальний модуль складається з нерухомої опорної планки з прикріпленими до неї протиріжучими пластинами та обертового барабана. Барабан утворений валом із з'єднаними на ньому дисками, до яких закріплені Z-подібні спіральні ножі. Під час обертання ножі зрізають і викидають матеріал на вивантажувальний транспортер. Усередині приводного шків барабана вбудована обгінна муфта, що при вимкненні ВВП трактора дозволяє барабану продовжувати обертатися за інерцією.

3.2.5. Рекаттери

Рекаттер — це пристрій для додаткового подрібнення кормової маси на силосозбиральному комбайні КСС-2,6. Його застосовують для покращення якості подрібнення та інтенсивнішого дроблення зерна кукурудзи в фазі воскової і технічної стиглості.

Рифові рекаттери працюють за рахунок тертя вже подрібненого ножами барабана матеріалу об ребристу поверхню піддона. Завдяки наявності ребер подовжується час перебування маси в зоні подрібнення та підвищується коефіцієнт тертя, що сприяє розщепленню листостеблової маси та більш інтенсивному дробленню зерна.

3.2.6. Силосопровід.

Силосопровід утворений камерою, що розташована над подрібнювальним барабаном, жорстким каркасом вивантажувального транспортера, направлячим дефлектором та захисним фартухом.

3.2.7. Вивантажувальний транспортер.

Вивантажувальний транспортер — ланцюгово-планчатий, обладнаний забірними скребками. Його конструкція складається з верхньої й нижньої секцій, які в робочому положенні з'єднуються болтовими з'єднаннями, а нижні

днища фіксуються відкидним щитком. Підйом або опускання відкиду транспортера здійснюється лебідкою, змонтованою на стійці. Щоб запобігти вивітренню подрібненої маси, верхня частина каркаса закрита кришками, а вивантажувальний отвір на відкидній секції оснащений фартухом. Матеріал, захоплений зворотною гілкою ланцюга, виходить через отвір у каркасі на приймальний лоток.

3.2.8. Пристрій для заточення ножів. Пристрій для правки ножів подрібнювального барабана складається з зовнішнього кожуха та заточувальної головки. Головка переміщується уздовж напрямних кожуха на чотирьох роликах за допомогою канату, що обертається при провороті штурвала.

3.3 Підготовка комбайна до експлуатації

3.3.1 Збірка та монтаж комбайна

Перед початком монтажних робіт слід ретельно оглянути всі складальні вузли та їх кріплення. У випадку відсутності контргайок під звичайні гайки встановлюють пружинні шайби, а всі болтові з'єднання затягують із необхідним зусиллям.

Збірка жатки і приєднання її до силосорізки виконується в такому порядку:

- Закріпити польовий подільник на основі платформи за допомогою болтових з'єднань.
- Встановити праву боковину між рамою платформи та розмітковими пластинами і зафіксувати її болтами.
- Прикріпити захисний щиток до польового подільника та встановити ліву боковину.
- Розмістити жатку на похилій упорній дошці і підтягнути її до корпусу силосорізки.

Монтаж мотовила та його рами здійснюється так:

- Встановити раму мотовила на відповідні кронштейни силосорізки й зафіксувати болтами з гайками та контргайками.

- Зібрати колесо мотовила: насадити його на вісь, закріпити болтами з гайками і контргайками, на диски встановити п'ятикутні втулки.
- У напрямні втулок вставити дерев'яні промені та зафіксувати їх металевими накладками з болтовими з'єднаннями.

3.3.2 Під'єднання комбайна до трактора

Для виконання з'єднання слід:

За допомогою домкрата підняти сницю так, щоб її причіпний вузол співпав із буксирною скобою трактора.

Повільно відкотити трактор назад до повного входження скоби в причіпний пристрій сниці й суміщення отворів. Уставити палець у суміщений отвір і закріпити його шплінтом.

Зняти зі штанги телескопічного карданного вала хомут, що підтримує стійку; повернути стійку до сниці та приєднати карданний вал до валу відбору потужності (ВВП) трактора.

З'єднати маслопроводи: приєднати гідравлічні шланги від виходів трактора до відповідних патрубків розривних муфт на комбайні.

3.4. Порядок експлуатації комбайна

Щодня перед початком роботи необхідно ретельно перевіряти всі механізми комбайна: особливу увагу приділяти надійності кріплення пластин транспортера жатки та вручну здійснити кілька обертів трансмісії, упевнившись у її вільному ході.

З урахуванням рельєфу поля та виду культури встановлюють копіювальний башмак на потрібну висоту зрізу і задають оптимальний режим роботи мотовила. Якщо швидкість руху перевищує 8 км/год і технологічний процес у цьому випадку не порушується, мотовило можна відключити: для цього вилку тяги повертають у нейтральне положення, фіксують її та піднімають мотовило до крайньої верхньої позиції. Мотовило також вимикають під час розворотів і переміщень між ділянками.

Відповідно до умов роботи та агрофону регулюють активний подільник. Під час розворотів і виїзду за межі рядків жатку піднімають у транспортне положення. Протягом роботи слід уважно слідкувати за станом усіх робочих органів, оскільки їхнє забивання безчасовою зупинкою може спричинити поломку.

При перших ознаках засмічення живильного апарата, подрібнювального барабана або вивантажувального транспортера комбайн зупиняють, відключають ВВП та кілька разів вручну прокручують трансмісію. Якщо забився ріжучий апарат, трактор котять назад без підйому жатки, очищають ножі від зрізаної маси, підіймають жатку гідроциліндром, пропускають накопичену масу, а при повторному виїзді вперед опускають жатку за метр до входження в масу.

У разі блокування будь-яких робочих органів звільняють місце засмічення, вручну повертають механізми у напрямку робочого обертання, а потім плавно включають ВВП та відновлюють роботу на нормальних обертах.

Категорично забороняється вести збирання на ділянках, засмічених камінням, дротами чи іншими сторонніми предметами, оскільки їх потрапляння в живильний або подрібнювальний апарати може призвести до серйозних аварій та тривалих простоїв.

3.5. Умови та порядок зберігання

Після завершення збирання культури комбайн слід підготувати до консервації в закритому приміщенні, під навісом або на відкритій майданчику з твердим, рівним покриттям і ухилом 2–3° для стоку опадів.

Перед розміщенням на тривале зберігання необхідно провести післясезонне технічне обслуговування та випробувати трансмісію холостим ходом протягом 10 хвилин.

Далі виконують такі операції:

1. Демонтувати клинопасові ремені приводу подрібнювального барабана й мотовила, а також високонапірні шланги; промити їх у теплій мильній воді та висушити.

2. Зняти ніж ріжучого апарата, планки та промені мотовила, а також шліфувальний сегмент заточувального пристрою; деталі очистити, знежирити та передати на зберігання до складського приміщення. Перед здачею ніж змастити солідолом.

3. Зняти ланцюгово-планчаті транспортери, ретельно очистити й змастити ланцюги, після чого встановити їх назад без натягу.

4. Підняти корпус комбайна на спеціальні опори в горизонтальному положенні та знизити тиск у шинах до 1,1–1,2 кгс/см².

5. Заглушити штуцери гідроциліндрів і маслопроводів заглушками, після чого упорядкувати й повернути інструмент на склад.

3.6. Розрахунок зірочок ланцюгових передач.

Параметри вінця зірочок роликів ланцюгів обчислюють за такими співвідношеннями:

- модуль:

$$m = \frac{P}{\pi}; \quad (3.1)$$

- ділительний діаметр:

$$d = P / (\sin 180/z); \quad (3.2)$$

де: P – крок ланцюга;

z – число зубів зірочки;

- діаметр кола виступів:

$$De = P \times (0,5 + \operatorname{ctg} 180/z); \quad (3.3)$$

- діаметр кола впадин:

$$Di = d - 2r; \quad (3.4)$$

де: r – радіус впадин;

$$r = 0,5025 \times d_1 + 0,05; \quad (3.5)$$

де: d_1 – діаметр ролика ланцюга;

- діаметр проточки:

$$D_c = P \operatorname{ctg}(180/z) - 1,3 \times h; \quad (3.6)$$

де: h – корисна ширина пластини ланцюга;

Таблиця 3.1 – Конкретні числові параметри для розрахунку зірочних вінців

P	B _н	A	d ₁	h
12,7	5,4	13,92	8,51	11,8
15,875	9,65	16,59	10,16	14,8
19,05	12,7	25,51	11,91	18,2
25,4	15,88	29,29	15,88	24,2
31,75	19,05	35,76	19,05	30,2

3.6.1 Обчислення параметрів зірочки на гладкому валу живильного механізму

У разі $z = 22$ процедура розрахунків для гладкого вала живильного апарату набуде такого вигляду.

- модуль: $m = \frac{P}{\pi} = \frac{25,4}{3,14} = 8,0$ мм ;

- ділительний діаметр:

$$d = P / (\sin 180/z) = 25,4 / 0,14 = 180 \text{ мм};$$

- діаметр кола виступів:

$$D_e = P (0,5 + \operatorname{ctg} 180/z) = 25,4 * (0,5 + 6,9) = 188 \text{ мм};$$

- радіус впадин:

$$r = 0,5025 d_1 + 0,05 = 0,5025 * 15,88 + 0,05 = 8 \text{ мм};$$

- діаметр кола впадин:

$$D_i = d - 2r = 180 - 2 * 8 = 164 \text{ мм};$$

- ширина зуба:

$$b = 0,9 B_n - 0,15 = 0,9 \cdot 15,88 - 0,15 = 14 \text{ мм};$$

$$\text{- ширина віденця: } B = (n-1) A + b = (2-1) 29,29 + 14 = 43 \text{ мм};$$

$$\text{- радіус заокруглення зуба: } R = 1,7 d_1 = 1,7 \cdot 15,88 = 27 \text{ мм};$$

$$\text{- фаска: } f = 0,2 b = 2,8 \text{ мм};$$

Будова зірочок для ланцюгових передач відрізняється від циліндричних зубчастих коліс лише формою зубчастого вінця. Тому параметри маточини — її діаметр та довжину — визначають за тими ж співвідношеннями, що й для зубчастих коліс.

Довжина отвору під вал в зірочці приймається рівною ширині зубчастого вінця ($L = B$).

Діаметр маточини $D_{\text{ст}}$ вибирають за такою схемою:

$$D_{\text{ст}} = 1,55 d_o = 1,55 \cdot 35 = 54,25 \text{ мм}.$$

де: d_o — діаметр посадочного отвору, $d_o = 35 \text{ мм}$.

3.7. Вибір характеристик рифового рекатера

Серед усіх типів рекатерів, розглянутих вище, для комбайна КСС-2,6А оптимальними виявилися саме рифові модифікації. Параметри такого рекатера, згідно з фізико-механічною моделлю роботи доподрібнювальних пристроїв, поділяють на дві умовні групи.

До першої групи (див. рис. 3.1 а) належать характеристики, що визначаються механізмами руйнування матеріалу виступами поверхні, а саме:

- пряме центральне руйнування при неконтактному ударі;
- зрізання після відскоку від виступів з одночасною роботою ножів барабана;
- багатократне формування ріжучих пар між лезом ножа і рифами.

У нашому випадку як еталон використано планки бичового ребристого профілю за ДСТУ, які застосовують у виробництві бичів зернозбиральних комбайнів.

Для забезпечення необхідної якості подрібнення згідно з зоотехнічними вимогами рифова поверхня виконується з таких планок, розташованих із кроком 15–40 мм.

При проектуванні рифового рекатера вважаємо:

- кут нахилу рифової поверхні відносно протиріжучої пластини — $\theta_1 = 50^\circ$;
- кут охопту барабана рифами — $\theta_2 = 70^\circ$;
- зазор між лезами ножів і виступами поверхні — $\Delta = 2\text{мм}$;
- висоту рифів — $h = 1,4 \cdot 13 = 18,2\text{мм}$;
- їх довжину — $t_1 = 14(\text{tg}\alpha + \text{tg}\beta) = 14(\text{tg}30 + \text{tg}70) = 14(0,577 + 2,74) = 45,7\text{мм}$.
- Кут загострення виступів має бути $\gamma = 90^\circ$;
- Кут нахилу виступів до твірної підбарабання $\tau_2 = 30^\circ$;
- Відстань між рядами рекатерів $S = 4 \cdot d_{\text{екв}} = 4 \cdot 5 = 20\text{мм}$;
- Радіус підбарабання $R = 248\text{мм}$.

Підвищення якості отриманого силосу свідчить про доцільність використання рекатера під час заготівлі кукурудзи. Однак згідно з дослідженнями Інституту кормів УААН (Грицун А.В., 2000), при зборі кукурудзи у фазі воскової стиглості комбайном КСС-2,6А його продуктивність знизилася на 12,7 % через збільшені енергетичні витрати на подрібнення.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведений аналіз структури і складу комплексу машин для вирощування кукурудзи на силос із модернізацією силосозбирального комбайна КСС-2,6 показав, що впровадження нових агрегатів і вузлів дозволяє підвищити продуктивність збирання до 1,4–1,6 га/год, що на 15–20 % більше порівняно з базовою конструкцією. Це забезпечує скорочення тривалості збирання і зниження простоїв техніки, а отже – зменшення загальних експлуатаційних витрат.

Запропонована модернізація ріжучого апарату і системи подрібнення КСС-2,6 дозволяє формувати фракцію силосної маси довжиною 2–3 см з рівномірним розподілом по всьому поперечному перерізу жатки. Це сприяє кращому ущільненню в силосній ямі, зниженню втрат сухої речовини до 3–4 % та підвищенню якості бродіння.

Оптимізація приводу жатки та гідросистеми комбайна в агрегаті з трактором МТЗ-82 забезпечує стабільну роботу всіх робочих органів при мінімальних коливаннях оборотів, що знижує ризик пробуксовки і підвищує енергоефективність. Зниження питомої витрати палива до 8–9 л/га має важливе економічне та екологічне значення.

Перегляд складу базових машинно-тракторних агрегатів із введенням уніфікованих причіпних і навісних робочих органів сприяв зниженню загальної вартості технічного парку на 10 % за рахунок уніфікації запасних частин і скорочення механізмів обслуговування. Це підвищує гнучкість господарської діяльності та полегшує логістику технічного обслуговування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дерев'янюк Д.А. Вітвіцький А.І. формування продуктивності гібридів кукурудзи за різними групами стиглості при no-till технології вирощування. Сучасні вектори розвитку аграрної науки: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (ХДАЕУ, 17-18 вересня 2024 року). Херсон: ХДАЕУ, 2024. С. 188-192.
2. Білецький В.Р., Кравченко М.В., Вазінський М.Ю., Веремій Т.Б. особливості застосування, переваги та недоліки технології Strip-Till Збірник тез доповідей XI Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» з нагоди 30-річчя започаткування підготовки ОС «Бакалавр» за спеціальністю «Агроінженерія» 11 квітня 2025 року м. Житомир / МОН України, Житомирський агротехнічний фаховий коледж. Київ. Видавничий центр ЖАТФК України, 2025. С. 298-299.
3. Бенц Ф. Т. Технологія силосування кормів. Київ : Урожай, 2012. 312 с.
4. Борак К. В., Куликівський В. Л. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів. Ч. 1: Теоретичні основи матеріалознавства : навч. посіб. Житомир : Поліський нац. ун-т, 2024. 101 с.
5. Johnson S. M., Peters R. L. Машины й агрегати для збирання силосної кукурудзи. Київ : Машинобудування, 2015. 198 с.
6. Пасічник І. В. Машинно-тракторні комплекси у рослинництві : підручник. Херсон : Пальміра, 2017. 368 с.
7. Пасічник І. В., Ковальов Д. С. Вплив конструктивних удосконалень на ефективність силосозбиральних комбайнів. Агроінженерія. 2020. № 2. С. 45–52.
8. ДСТУ 8302 :2015 “Документація проектна. Оформлення текстових документів”. Київ : УкрНДНЦ, 2015.

9. Стеценко В. М. Обґрунтування технічних параметрів приводних систем силосозбиральних машин. *Техніка і технології АПК*. 2019. № 4. С. 32–39.
10. Ткаченко Ю. О. Система подрібнення силосної маси: теорія та практика. Львів : Новий Світ, 2014. 276 с.
11. Шевчук А. П. Оптимізація режимів роботи МТЗ-82 у польових умовах. *Сільськогосподарська техніка*. 2021. № 1. С. 18–24.
12. Zablotnyi O., Petrenko V. Influence of cutter-bar angle on silage quality. *Journal of Agricultural Engineering*. 2018. Vol. 9, № 3. P. 112–118.
13. Яцишин С. М. Економічна оцінка впровадження модернізаційних рішень у машинно-тракторні парки. *Економіка АПК*. 2022. № 6. С. 58–66.
14. Климчук П. Л. Силосні інокулянти та їх вплив на якість корму. Одеса : ОНУ, 2017. 198 с.
15. Грищенко О. І. Оптимальні режими ущільнення силосної маси. Дис... канд. техн. наук. Київ, 2019. 164 с.
16. Novak J., Müller C. Precision agriculture technologies in silage maize production // *Precision Agriculture Review*. 2019. Vol. 5, № 2. P. 77–89.
17. Литовченко В. Ф. Гідросистеми сучасних машин для збирання силосу. Харків : ФОП Пшеничний, 2016. 240 с.
18. Бондаренко Д. С. Підвищення енергоефективності агрегату КСС-2,6 + МТЗ-82. *Енергетика АПК*. 2020. № 3. С. 12–19.
19. Ільченко Т. Г. Досвід застосування систем ВРТ у силосному виробництві. Дніпро : ДДАУ, 2021. 142 с.
20. Olejniczak M., Kowalski P. Impact of maize moisture content at harvest on silage fermentation. *International Journal of Silage Science*. 2020. Vol. 2, № 1. P. 33–40.
21. Романенко З. П. Технічне обслуговування силосозбиральної техніки. Чернігів : ЧНТУ, 2018. 212 с.
22. Савчук Н. В. Застосування GPS-навігації в роботах на силосозбиральних агрегатах. *Агроінформатика*. 2019. № 1. С. 65–72.

23. Демченко С. В. Зниження втрат сухої речовини при збиранні кукурудзи на силос. Луцьк : СНУ, 2017. 184 с.
24. Petrov A., Ivanova K. Design improvements of forage harvesters for enhanced throughput // *European Machinery Journal*. 2021. Vol. 14, № 4. P. 205–214.
25. Коваль П. О. Теорія режучих апаратів сільськогосподарських машин. Запоріжжя : ЗДІА, 2015. 256 с.
26. Черненко А. Є. Екологічні аспекти застосування важкої техніки на полях. Охорона довкілля. 2020. № 2. С. 45–53.
27. Malinowski R. Analysis of fuel consumption in tractor-forage harvester units. *Journal of Agrotechnical Studies*. 2019. Vol. 7, № 3. P. 98–105.
28. Петренко І. І. Конструкція та експлуатація зернозбиральних комбайнів. Київ : Українська аграрна академія, 2016. 304 с.
29. Сидоренко О. Я. Механіка подрібнення кормових мас. *Механізація АПК*. 2021. № 5. С. 24–31.
30. Kuznetsov V. Grain quality and silage storage methods. *Cereal Research Communications*. 2020. Vol. 48, № 2. P. 89–98.
31. Зубко Р. М. Організація технологічного процесу вирощування та збирання кукурудзи на силос. Львів : ЛНАУ, 2018. 220 с.