

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

Зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

“ ____ ” _____ 2025 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

за другим (магістерським) рівнем вищої освіти

на тему:

«Механізація вирощування кукурудзи на силос з вдосконаленням похилої камери комбайна КСКУ-6.»

Виконав здобувач вищої освіти II курсу,
групи АІ-24М-1

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Деньчук Віталій Павлович

« ____ » _____ 2025 р.

Керівник роботи

доцент, канд. техн. наук

_____ Руслан КІСІЛЬОВ

« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент

доцент, канд. техн. наук

_____ Іван ВАСИЛЕНКО

« ____ » _____ 2025 р.

м. Кропивницький

ЗМІСТ

Стор.

1. Вступ.....	
2. Стан досліджуваного питання та вибір напрямку досліджень.....	
3. Наукова частина.....	
4. Практична реалізація результатів досліджень.....	
5. Охорона праці.....	
6. Загальні висновки.....	
Список використаних джерел.....	
Додатки	

1. ВСТУП

Україна традиційно є аграрною державою, тому подолання глибокої економічної кризи пов'язаною з війною, можливе лише за умови відродження та розвитку сільськогосподарського виробництва, яке є основою продовольчої безпеки та добробуту населення. Підвищення ефективності аграрного сектору можливе лише через упровадження сучасних, високопродуктивних технологій вирощування і переробки основних культур, а також раціональне використання вітчизняної сільськогосподарської техніки. Це, у свою чергу, сприятиме зростанню валового національного продукту й покращенню рівня життя громадян України.

В умовах економічної нестабільності особливо актуальним є створення і впровадження нових технологій, які забезпечують раціональне та економне використання кожного гектара орних земель, кожного кілограма мінеральних добрив і кожної гривні, вкладеної у розвиток сільського господарства.

Досягнення високих урожаїв можливе лише за умови повного забезпечення рослин необхідними факторами зовнішнього середовища. Для цього слід максимально ефективно використовувати природні, трудові та матеріальні ресурси, а також упроваджувати інтенсивні технології вирощування культур.

З огляду на це поставлено завдання розробити проект механізації вирощування кукурудзи, що передбачає модернізацію похилої камери кукурудзозбирального комбайна КСКУ-6 «Херсонць-200» для збирання кукурудзи на силос. Реалізація такого проекту дозволить зменшити втрати врожаю, підвищити рентабельність рослинництва та покращити забезпечення галузі тваринництва кормами.

2. СТАН ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Характеристика технології вирощування кукурудзи на силос

Кукурудза є однією з найважливіших сільськогосподарських культур, що займає великі площі посівів і належить до найбільш рентабельних у світовому аграрному виробництві. За сприятливих умов вирощування вона забезпечує стабільно високі врожаї майже на всій території України. Продукти її переробки широко застосовуються в харчовій промисловості для виготовлення різноманітних харчових виробів, а також у тваринництві - як основа для виробництва кормів і кормових сумішей.

Для отримання високих урожаїв кукурудзи на силос необхідно враховувати низку ключових чинників, що визначають ефективність її вирощування. Насамперед це ґрунтово-кліматичні умови та використання інтенсивних технологій обробітку. Важливим є також суворе дотримання усіх етапів технологічного процесу - від своєчасної підготовки ґрунту до якісної організації збирання врожаю. Крім того, істотний вплив на урожайність мають і інші фактори, пов'язані з агротехнікою, рівнем механізації та якістю виконання польових робіт.

Вплив ґрунтово-кліматичних факторів на вирощування кукурудзи

Кукурудза належить до теплолюбних культур, тому сівбу слід проводити лише тоді, коли температура ґрунту в посівному шарі досягає не менше 8-10 °С. Саме такі умови є оптимальними для швидкої та рівномірної появи сходів. Порушення температурного режиму може спричинити затримку проростання, нерівномірні сходи, а в окремих випадках - ураження або загибель насіння.

Ця культура досить чутлива до різких коливань температур між днем і ніччю, що часто спостерігається навесні. Такі перепади уповільнюють розвиток рослин, можуть спричинити зміну забарвлення листя та порушення процесів активного росту. У підсумку це призводить до зниження урожайності, а іноді й до повної загибелі рослин. Отже, недотримання

оптимального температурного режиму негативно впливає на стан посівів і зменшує потенційний прибуток від вирощування кукурудзи.

Встановлені вимоги до ґрунтів

Кукурудза добре росте на різних типах ґрунтів по всьому світу, проте найсприятливішими для її вирощування є пухкі, добре аеровані ґрунти з чистою поверхнею. Оптимальними умовами для розвитку цієї культури вважаються наявність глибокого гумусового шару та достатня вологість ґрунту. Найкращі результати досягаються при сівбі кукурудзи на таких типах ґрунтів, як: чорноземи, потім темно-сірі суглинки, також темно-каштанові ґрунти і на решті, супіщані ґрунти.

Коренева система кукурудзи потребує інтенсивного постачання кисню, тому його вміст у ґрунті має становити не менше 18-20%. Якщо цей показник знижується, розвиток коренів сповільнюється, а за критично низького рівня - може повністю припинитися, що негативно впливає на ріст рослин і формування врожаю.

Вимоги до температурних показників та режиму

Для нормального перебігу вегетаційного періоду кукурудзі найбільш сприятливими є температури в межах 24-30°C удень, тоді як нічна температура має бути приблизно вдвічі нижчою. Надто теплі ночі спричиняють інтенсивне випаровування вологи з ґрунту та рослин, що, у свою чергу, знижує нагромадження сухої речовини і негативно позначається на загальному розвитку культури.

Варто зазначити, що надмірно високі температури мають згубний вплив на посіви кукурудзи. При досягненні показників 45-47°C ріст і розвиток рослин практично припиняються, що унеможлиблює формування врожаю.

Вимоги до стану вологи

За умови добре розвиненої кореневої системи кукурудза здатна формувати значну листову масу навіть у посушливих районах. До фази виходу в трубку рослина досить гарно переносить спеку, посуху та короткочасну нестачу вологи в ґрунті. Найбільша потреба у волозі

спостерігається наприкінці травня - на початку червня. Однак у літній період, коли температура повітря значно підвищується, важливо зберегти вже накопичену вологу в ґрунті. Для цього слід раціонально планувати систему удобрення, підживлення та обробітку ґрунту. Не рекомендується висівати кукурудзу на ділянках із близьким заляганням ґрунтових вод, оскільки надмірне зволоження негативно впливає на її розвиток і врожайність.

Вимоги до освітлення та повітря.

Кукурудза належить до світлолюбних культур і швидко зацвітає за наявності 8-9-годинного світлового дня. На ранніх етапах росту особливо важливо забезпечити рослину достатньою кількістю сонячного світла. Надмірна загущеність або засміченість посівів призводить до конкуренції між рослинами за світло й поживні речовини, що, у підсумку, знижує врожайність.

Процес сівозміни та характеристика попередників

Для досягнення високих урожаїв кукурудзи необхідно дотримуватися принципів правильної сівозміни, враховуючи такі важливі чинники, як забезпечення вологою, контроль шкідників, хвороб і бур'янів. З огляду на зростання популярності вирощування цієї культури, особливу увагу слід приділяти правильному вибору попередників.

Оптимальний попередник для кукурудзи залежить від ґрунтово-кліматичних умов регіону. У зоні Лісостепу найкращими попередниками є кормові та цукрові буряки, зернобобові культури, гречка й картопля. У зоні Полісся кукурудзу доцільно вирощувати після картоплі, льону та зернобобових.

Хоча кукурудза не вважається надто вибагливою до попередників і може вирощуватися на одному полі кілька років поспіль, за умови систематичного удобрення ґрунту, однак існують культури, після яких її сіяти небажано. Зокрема, просо може сприяти поширенню суданського метелика — шкідника, який значно знижує врожайність. Не рекомендується також висівати кукурудзу після суданської трави та, особливо, після соняшнику, адже ці

культури досить інтенсивно виснажують ґрунт, що негативно позначається на розвитку кореневої системи кукурудзи та формуванні врожаю.

Підбір гібридів кукурудзи

Для отримання високих урожаїв надзвичайно важливо правильно підібрати гібрид кукурудзи, орієнтуючись на конкретні умови вирощування, особливості ґрунту та клімату. Під час вибору варто звертати увагу на продукцію провідних світових компаній, таких як DEKALB, LEGEND Seeds, Pioneer, Syngenta та інші, які зарекомендували себе стабільною якістю насіннєвого матеріалу.

Оптимальний тип гібриду підбирають залежно від тривалості вегетаційного періоду та виробничих цілей - існують ранньостиглі, середньоранні, середньостиглі, середньопізні та пізньостиглі гібриди. Достатньо грамотно обраний гібрид дозволяє максимально реалізувати потенціал культури з урахуванням кліматичних особливостей регіону та агротехнічних умов господарства.

Основні критерії, на які слід звертати увагу при виборі гібриду кукурудзи:

- **тип стиглості** (індекс ФАО). Найбільш універсальними вважаються середньостиглі гібриди з індексом ФАО 290-310. Використання кількох гібридів різних груп стиглості дає змогу розподілити строки збирання врожаю та зменшити ризики, пов'язані з нестабільними погодними умовами.

- **вологовіддача та потенціал урожайності**. Перевагу слід надавати гібридам, які поєднують високу врожайність і швидку вологовіддачу під час дозрівання зерна, що дає можливість скоротити витрати на досушування та підвищити прибутковість.

- **посухостійкість і холодостійкість**. Через нестабільність клімату ці показники мають вирішальне значення. Стійкість до температурних коливань є запорукою стабільної врожайності навіть за екстремальних умов.

- **можливість вирощування в монокультурі**. Деякі сучасні гібриди добре пристосовані до повторного вирощування на одному полі, не втрачаючи

продуктивності, що може бути важливо для інтенсивних технологій виробництва.

Отже, правильний підбір гібриду - це ключ до ефективного використання природних і технологічних ресурсів, забезпечення високої врожайності та стабільного економічного результату.

Лушіння стерні

Операція виконується із застосуванням сільськогосподарських машин та знарядь, призначених для розпушування верхнього шару ґрунту з одночасним збереженням частини вологи та необхідних поживних елементів. Під час цього процесу також здійснюється знищення бур'янів.

На основі попереднього аналізу умов вирощування культури, вивчення фізико-механічних властивостей і родючості ґрунту, а також рівня забур'яненості полів, зазвичай застосовують широкозахватні агрегати для лушення (луцильники) з дисковими або лемішними робочими органами. Такий підхід забезпечує ефективну підготовку ґрунту до наступних технологічних операцій і створює сприятливі умови для росту та розвитку рослин.

Внесення добрив

Оптимальне живлення кукурудзи на всіх етапах її розвитку значною мірою залежить від впровадження раціональної системи удобрення, що забезпечує рослину необхідними поживними речовинами у потрібний час. Визначальним чинником є рівень родючості ґрунту, який впливає на доцільність і норми внесення як органічних, так і мінеральних добрив.

Попередні агрохімічні дослідження, що виявляють низький рівень родючості ґрунтів, свідчать про необхідність підвищення доз органічних добрив. Проте за умов їх дефіциту доцільним рішенням є застосування збільшених норм мінеральних добрив на окремих стадіях розвитку культури. Правильно підібрані дози та строки внесення забезпечують кукурудзу всіма необхідними елементами живлення, сприяючи формуванню здорових, продуктивних рослин.

У середньому кукурудза споживає:

- **азоту** в межах 25-30 кг/га, потім **фосфору** - 10-15 кг/га, і на решті, **калію** близько 30-35 кг/га.

Азотні добрива сприяють активному формуванню качанів і накопиченню маси зерна. Дослідження провідних вітчизняних агрономів підтверджують, що азот має вирішальне значення на початкових етапах росту, особливо в прохолодний весняний період, коли рослини найбільш чутливі до нестачі поживних речовин.

Фосфорні добрива найефективніше застосовувати у фазі 2-3 листків, а також під час молочно-воскової стиглості. Недостатнє або неправильне дозування фосфору гальмує розвиток рослин, подовжує вегетаційний період і знижує урожайність, що є економічно не вигідним.

Калійні добрива відіграють важливу роль на етапі проростання насіння, забезпечуючи енергійний старт і активне живлення молодих рослин. Їхня дія триває близько 20 днів, підтримуючи процес формування качанів, після чого інтенсивність засвоєння калію поступово знижується.

Раціональне поєднання цих елементів живлення є запорукою формування потужних рослин, стабільного розвитку посівів і високої врожайності кукурудзи.

Оранка

Ця технологічна операція є однією з ключових у системі основного обробітку ґрунту, оскільки передбачає подрізання і обертання скиби та забезпечує створення сприятливих умов для подальшого росту і розвитку кукурудзи. Кліматичні умови України дозволяють ефективно виконувати оранку практично в усіх регіонах. Її здійснюють на полях із рівним рельєфом або на схилах, орієнтованих в одному напрямку.

Оранка сприяє захисту ґрунтів від водної та вітрової ерозії, особливо на ділянках зі схилами у межах 2-5°. У таких випадках агрегати рухаються поперек схилу, тим самим зменшуючи ризик змиву родючого шару. Глибина

обробітку варіює від 18 до 35 см і залежить від типу ґрунту, його структурно-механічного складу, а також від культури-попередника.

У південних регіонах, де спостерігається дефіцит вологи, доцільно застосовувати потужні орні агрегати, обладнані передплужниками. Вони сприяють затриманню вологи в орному шарі в кількості 100-120 м³/га, що дозволяє підвищити врожайність кукурудзи на 1,5-1,8 ц/га.

Ранньовесняне боронування

Ранньовесняне боронування проводять одразу після танення снігу та стікання талої води, коли ґрунт досягає фізичної стиглості. Операція виконується сільськогосподарськими знаряддями з метою збереження вологи, руйнування ґрунтової кірки та знищення проростаючих бур'янів.

Оптимальна глибина боронування становить 4-6 см. Робочі органи знарядь забезпечують розпушення поверхневого шару ґрунту, формуючи дрібногрудочкувату структуру, що сприяє рівномірному прогріванню зони висіву (глибина 3-5 см) і створює сприятливі умови для проростання насіння кукурудзи.

Для виконання даної операції застосовуються широкозахватні мобільні ґрунтообробні агрегати як вітчизняного, так і закордонного виробництва, обладнані активними або пасивними робочими органами.

Сівба

Сівбу силосної кукурудзи, як теплолюбної культури, доцільно проводити після прогрівання ґрунту на глибині 6-8 см до температури 10-12°C. Оптимальна глибина загортання насіння становить 4-7 см і визначається особливостями регіону, структурно-механічним складом ґрунту та його вологістю. Чим якісніше підготовлене насінневе ложе, тим сприятливіші умови створюються для рівномірного проростання насіння і подальшого розвитку молодих рослин. У більшості зон України сівбу зазвичай проводять на початку травня.

За наявності насінневого матеріалу, обробленого захисними, стимулюючими та поживними препаратами, надає можливості активного

проведення сівби на 5-7 днів раніше, ніж для кукурудзи на зерно, за умови досягнення відповідного температурного режиму. Застосування сучасних протруйників на основі фунгіцидів та інсектицидів сприяє підвищенню схожості насіння, розвитку кореневої системи та стійкості рослин до хвороб і шкідників, що в підсумку забезпечує реалізацію потенціалу врожайності культури.

Густота стояння рослин є одним із визначальних чинників урожайності силосної кукурудзи. Для гібридів типу Leafy або Floury-Leafy рекомендована густина становить десь 50-75 тис. рослин на гектар залежно від рівня зволоження: нижчі показники - для посушливих умов, вищі - для регіонів із достатнім показником вологи. Така густина забезпечує формування оптимального співвідношення зеленої маси й зерна у структурі врожаю, що підвищує поживну цінність силосу.

В окремих господарствах густина посіву може досягати 100 тис. рослин на гектар, що дозволяє отримати максимальний обсяг зеленої маси. Проте надмірне загущення призводить до зменшення кількості сформованих качанів, зниження їх масової частки в структурі врожаю та, відповідно, зменшення поживності й перетравності силосної маси. Тому при визначенні густоти сівби необхідно враховувати не лише потенційну урожайність зеленої маси, а й вихід зернової частини, яка визначає якість отриманого силосу.

Прикочування посівів

Після завершення сівби кукурудзи технологічним процесом передбачається виконання операції прикочування посівів, основною метою якої є забезпечення щільного контакту насіння з ґрунтом. Це створює сприятливі умови для рівномірного набухання насіння, формування капілярного підйому вологи та появи дружних і вирівняних сходів. Ефективність прикочування безпосередньо залежить від вологості ґрунту та температурного режиму.

Особливо важливим прикочування є у південних регіонах України, де запаси продуктивної вологи обмежені, а також на полях, засіяних після непарових попередників. У таких умовах прикочування сприяє збереженню вологи у верхньому шарі ґрунту, запобігає утворенню великих порожнин у зоні загортання насіння та забезпечує підвищення польової схожості.

Для виконання цієї операції використовують кільчасто-шпорові або водоналивні котки, що агрегуються з тракторами середнього класу. Оптимальний час проведення - одразу після сівби, до початку утворення ґрунтової кірки.

Підживлення рослин

Кукурудза є культурою з високими потребами у поживних речовинах, тому система її живлення повинна формуватися з урахуванням агрохімічних показників ґрунту, залишкової родючості після попередників і запланованого рівня урожайності.

Система удобрення силосної кукурудзи включає:

- **основне внесення добрив** (до основної обробки ґрунту);
- **передпосівне внесення** (під час сівби);
- **підживлення у період вегетації**.

Для активного розвитку кореневої системи на початкових фазах росту доцільно вносити фосфорні та калійні добрива під основний обробіток ґрунту. Вони забезпечують формування потужної вегетативної маси та сприяють закладанню качанів.

Найпоширенішими мінеральними добривами для силосної кукурудзи є: діаміофоска (NPK 10:26:26), потім нітроаміофоска (NPK 16:16:16), також аміофос (NP 12:52) і нарешті, сульфаміофос (NPS 20:20:16) і ще суперфосфат та інші комплексні туки з підвищеним вмістом фосфору і калію.

Під час сівби доцільно вносити локальні дози фосфорних добрив безпосередньо у зону висіву насіння для стимуляції раннього росту. У подальший період вегетації проводять підживлення азотними добривами, яке забезпечує формування качанів і підвищення урожайності.

Догляд за посівами силосної кукурудзи

Ефективний догляд за посівами є одним із ключових етапів технології вирощування силосної кукурудзи, оскільки саме він забезпечує оптимальні умови для росту і розвитку рослин, формування потужного листкового апарату та високого врожаю зеленої маси.

Основою прийняття рішень щодо системи захисту посівів є видовий склад бур'янів та динаміка їх сходів у допосівний і післяпосівний періоди. Як правило, на полях кукурудзи спостерігається від 10 до 15 основних видів бур'янів, склад яких залежить від ґрунтово-кліматичної зони. Навіть така кількість бур'янів може призвести до істотного зниження врожайності культури через конкуренцію за світло, вологу та поживні речовини.

За відсутності можливості своєчасного внесення ґрунтових гербіцидів, господарствам доцільно проводити страхові обробки у період вегетації кукурудзи. Проте повністю відмовлятися від ґрунтових препаратів небажано, адже саме вони забезпечують тривалий захисний ефект, особливо в початковій фазі росту рослин. Результати сучасних агротехнологічних досліджень підтверджують, що правильне застосування ґрунтових гербіцидів дозволяє суттєво зменшити кількісний післясходового обробітку, що, у свою чергу, знижує витрати на захист посівів.

Оптимальний термін внесення страхових гербіцидів - до фази появи чотирьох листків кукурудзи. У цей період формується майбутня продуктивність рослини: закладається кількість рядів зерен у качані та його початкові розміри. Тому важливо, щоб хімічна обробка проводилась своєчасно і не викликала стресових реакцій у культури.

У фазі 4-6 листків відбувається активне формування качана - визначаються його ширина і кількість рядків зерен. Будь-яке хімічне втручання на цьому етапі може негативно вплинути на формування репродуктивних органів. На стадії 6-ти листків починає закладатися довжина качана, тому проведення гербіцидної обробки в цей період є небажаним.

Гербіцидну обробку рекомендується завершити на фазі 3-го листка, а повторне застосування препаратів можливе лише після досягнення стадії 7-8 листків, коли формується основна коренева система рослини. У цей же період заборонено використання регуляторів росту, оскільки вони можуть викликати пригнічення розвитку і зниження потенційної урожайності.

Збирання врожаю силосної кукурудзи

Формування врожаю силосної кукурудзи триває в середньому від 80 до 180 днів, залежно від обраного гібриду, кліматичних умов регіону та технології вирощування. Оптимальним періодом для проведення збирання є фаза молочно-воскової або воскової стиглості зерна, коли вологість рослинної маси становить 65-70%. У цей час спостерігається найкраще співвідношення між вмістом сухої речовини, крохмалю та клітковини, що визначає якість майбутнього силосу.

Найвищі показники кормової цінності досягаються за вмісту сухої речовини у зрізаній масі 30-35%. Практика провідних господарств свідчить, що дотримання оптимальної фази стиглості забезпечує найвищу енергетичну поживність корму, тому строки збирання слід визначати особливо точно. Для цього на одному полі часто висівають 2-3 гібриди з різними термінами вегетації, що дозволяє розтягнути період збирання і створити оптимальні умови для заготівлі якісного силосу.

Висота зрізу стебел має суттєвий вплив на хімічний склад і якість кінцевого продукту. Вона визначає вміст крохмалю, кількість лігніну, рівень перетравності органічних речовин та частку сухої речовини у зеленій масі. Для забезпечення оптимальних показників якості фахівці рекомендують проводити зріз на висоті не менше 40 см, орієнтуючись на рівень останнього сухого листка.

Під час роботи кукурудзозбирального комбайна важливо дотримуватися рекомендованої довжини подрібнення маси. Для фази молочно-воскової стиглості оптимальна довжина частинок становить 2-3 см, а для воскової стиглості – 7-8 мм. Саме такий розмір частинок забезпечує

рівномірне ущільнення в силосних траншеях, зменшує втрати поживних речовин та сприяє правильному перебігу ферментаційних процесів.

Додатково, під час збирання врожаю можливе внесення консервантів - спеціальних препаратів, що стимулюють процес молочнокислого бродіння і покращують якість зберігання корму. Їх застосування особливо ефективно при збиранні в умовах підвищеної вологості або при використанні пізньостиглих гібридів.

Зберігання та закладання силосу

Для заготівлі силосу існують кілька технологічних способів:

- **закладка в кургани;**
- **зберігання в силосних ямах;**
- **використання спеціальних полімерних рукавів.**

Якість силосу значною мірою залежить від злагодженої роботи команди, де кожен член чітко розуміє свої обов'язки та суворо їх виконує. Особливо важливо дотримуватися контролю при силосуванні в ямі: на полі або у траншеї мають бути не менше двох спеціалістів, які координують процес і контролюють результативність усіх етапів.

Процес заготівлі силосу починається зі створення основи - «подушки» з соломи товщиною 20-30 см. Вона служить для вбирання соку із силосної маси та утримання його в траншеї, що запобігає зайвим втратам поживних речовин.

Перед початком трамбування стінки траншеї покривають спеціальною плівкою товщиною близько 160 мікрон, залишаючи по периметру не менше 3 метрів матеріалу для забезпечення герметичності та запобігання зсуву маси.

Протягом всього процесу заготівлі необхідно контролювати стан зеленої маси, її структуру та вологість, яка має становити приблизно 65% із допустимим відхиленням $\pm 5\%$. Дотримання цього показника забезпечує оптимальні умови для молочнокислого бродіння та формування високоякісного силосу.

2.2. Обґрунтування вибору засобу агрегування

Підбір енергетичних засобів для агрегування сільськогосподарських машин здійснюють, виходячи з таких основних критеріїв:

- величина тягового опору, який створюють робочі органи машини під час роботи;
- наявність необхідних пристосувань (вал відбору потужності, гідравлічна система, причіпний пристрій тощо);
- значення крутного моменту на валу відбору потужності;
- потужність двигуна;
- відповідність ширини колії коліс умовам роботи агрегату.

Кормозбиральний комбайн КСК-100 використовується для збирання однорічних і багаторічних трав, зернових та бобових культур на зелений корм і сінаж. Він забезпечує подрібнення пров'яленої трав'яної маси у валках, а також подрібнення високостеблових культур на зелений корм чи силос. Діапазон робочих швидкостей становить 1,04-9,2 км/год, номінальна потужність двигуна - 149 кВт, а витрати палива - 28-32 кг/га.

Кукурудзозбиральний комбайн КСКУ-6 призначений для збирання кукурудзи як на зерно, так і на силос. Він здійснює очищення качанів від обгорток або їх обмолот, одночасно подрібнюючи листостеблову масу. Робочий діапазон швидкостей комбайна - 1,04-9,2 км/год, номінальна потужність двигуна - 149 кВт, а витрати палива становлять 28-32 кг/га.

2.2.1. Розрахунок складу машинно–тракторного агрегату

Проведемо розрахунки для обґрунтування складу кукурудзозбирального агрегату.

Врожайність кукурудзи становить 250 ц/га (або 2,5 кг/м²), величина підйому поверхні поля - 3%.

Агрегат для базової технології включає кормозбиральний комбайн КСК-100, маса якого $G_k = 88375$ Н. Коефіцієнт опору коченню становить $f = 0,15$, робоча швидкість при операції - у межах 6-9 км/год, величина буксування - $\delta = 12\%$. Питома потужність, необхідна для приводу робочих органів у дію, дорівнює $\xi = 4,58$ кВт·с/кг.

Агрегат за проектною технологією складається з кукурудзозбирального комбайна КСКУ-6 «Херсонєць-200», маса якого становить $G = 77636$ Н.

Для перевірки правильності комплектування агрегату необхідно визначити коефіцієнт використання тягового зусилля.

Першим кроком є визначення загального опору руху агрегату, який враховує сили опору коченню, підйому, а також буксування коліс:

$$K_{agr} = K_{коч} + K_{нід} + K_{\delta} \quad (2.1)$$

де: $K_{коч}$, $K_{нід}$ - чинник відповідних опорів агрегату перекочуванню та підйому, кН.

$$K_{коч}^{\delta} = G_{agr} \cdot f = (88,38 + 12,07) \cdot 0,15 = 15,06 \text{ кН};$$

$$K_{коч}^{np} = (77,64 + 24,33) \cdot 0,15 = 15,29 \text{ кН};$$

$$K_{нід}^{\delta} = G_{agr} \cdot i = (88,38 + 2,79) \cdot 0,04 = 3,64 \text{ кН}; \quad (2.2)$$

$$K_{нід}^{np} = (77,64 + 24,4) \cdot 0,04 = 4,08 \text{ кН};$$

K_{δ} - показник додаткового опору, який становлять робочі органи визначаємо за наступним виразом:

$$K_{\delta} = \frac{3600 \cdot T_{np} \cdot \eta_{mp}}{V_p \cdot \eta_{\delta}}, \quad (2.3)$$

де: T_{np} – значення потужності для приведення в активну дію механізмів машини, кВт, яка обчислюється за формулою:

$$T_{np} = T_n q, \quad (2.4)$$

де: T_n – питомий показник для потужності з метою приведення в активну дію робочих органів, $T_{np}^{\delta} = 1,99$ кВт·с/кг, $T_{np}^m = 3,27$ кВт·с/кг;

q – чинник секундної подачі маси до збирального агрегату, $q^{\delta} = 26$ кг/с;

$q^{np} = 13,1$ кг/с.

Отже, потужність для приведення в активну дію механізмів порівнювальних машин буде становити:

$$T_{np}^{\delta} = 1,99 \cdot 26 = 51,7 \text{ кВт};$$

$$T_{np}^{np} = 3,27 \cdot 13,1 = 42,8 \text{ кВт};$$

Згідно формули 2.5 ми можемо встановити робочу швидкість для збирального агрегату:

$$V_p = \frac{T_{\delta}}{k_{\delta} K_{коч} + k_{\delta} K_{np}}, \quad (2.5)$$

де: T_{δ} - значення потужності двигуна збирального комбайна;

K_{np} - потрібна потужність для виконання технологічної операції збирання;

k_{δ} - коефіцієнт, що вказує на завантаження двигуна комбайна.

Таким чином, потужність, що витрачається вибраним комбайном на виконання технологічної операції обчислюємо за формулою:

$$K_{np} = \frac{\xi \cdot B \cdot U}{360}, \quad (2.6)$$

де: ξ - показник питомої енергоємності даного робочого процесу, що виконує вибраний нами комбайн при переробці 1 кг всієї маси, яка надходить до машини за секунду, вона є $\xi = 4,58 \text{ кВт} \cdot \text{с} / \text{кг}$;

B - ширина захвату збирального комбайна. Відповідно для базової технології, $B^{\delta} = 3,4 \text{ м}$, та проектної $B^m = 4,2 \text{ м}$.

U - чинник, що наявно характеризує загальну врожайність продукту, що збирається даним комбайном, $U = 250 \text{ т}$.

Отже:

$$K_{np}^{\delta} = \frac{4,58 \cdot 3,4 \cdot 250}{360} = 10,81 \text{ кВт}.$$

$$K_{np}^{np} = \frac{4,58 \cdot 4,2 \cdot 250}{360} = 13,35 \text{ кВт},$$

Тепер ми підставляємо отримані параметри до формули (2.5) і таким чином знайдемо робочу швидкість за певної умови забезпечення балансу потужності:

$$V_p^{\bar{o}} = \frac{149}{0,85 \cdot 15,06 + 0,85 \cdot 10,81} = 6,78 \text{ км/год.}$$

$$V_p^{np} = \frac{149}{0,85 \cdot 15,29 + 0,85 \cdot 13,35} = 6,12 \text{ км/год.}$$

Далі,

$$K_{\delta}^{\bar{o}} = \frac{3,6 \cdot 10,81 \cdot 0,93}{6,78 \cdot 0,87} = 6,13 \text{ кН.}$$

$$K_{\delta}^{np} = \frac{3,6 \cdot 13,35 \cdot 0,93}{6,12 \cdot 0,87} = 8,39 \text{ кН.}$$

Таким чином:

$$K_{agr}^{\bar{o}} = 15,06 + 3,64 + 6,13 = 24,83 \text{ кН.}$$

$$K_{agr}^{np} = 15,29 + 4,08 + 8,39 = 27,76 \text{ кН.}$$

Обчислимо коефіцієнт завантаження встановленого двигуна комбайна робочими органами машини згідно виразу :

$$\eta_{mz}^{\bar{o}} = \frac{K_{agr}^{\bar{o}}}{T_{\delta}}, \quad (2.7)$$

$$\eta_{mz}^{\bar{o}} = \frac{24,83}{149} = 0,16.$$

$$\eta_{mz}^{np} = \frac{27,76}{149} = 0,18.$$

Розрахунки показали, що сформований агрегат функціонуватиме ефективно.

Отримані дані свідчать, що робочі швидкості, за яких забезпечується баланс потужності агрегатів, не перевищують допустимих експлуатаційних значень. Тому для подальших розрахунків приймаємо розрахункові значення робочих швидкостей руху агрегатів.

Технологічна продуктивність комбайна обчислюється за формулою:

$$U_m = 0,1 \cdot V_a \cdot B \quad (2.8)$$

$$U_m^{\delta} = 0,1 \cdot 6,78 \cdot 3,4 = 2,3 \text{ га/год};$$

$$U_m^{np} = 0,1 \cdot 6,12 \cdot 4,2 = 2,57 \text{ га/год};$$

Використовуючи літературні джерела оперативна продуктивність визначається за таким виразом:

$$U_{оп} = U_m \cdot \tau, \quad (2.9)$$

де: τ - коефіцієнт, що характеризує оперативну продуктивність.

Він становить:

$$\tau = \frac{1}{1 + 0,1 \cdot \lambda_{\delta оп} \cdot V_a \cdot B}, \quad (2.10)$$

де: $\lambda_{\delta оп}$ - допоміжний час, що обчислюється за такою формулою:

$$\lambda_{\delta оп} = \frac{100 \cdot \lambda_{нов}}{B \cdot L \cdot Y_n}, \quad (2.11)$$

де: $\lambda_{нов}$ - час, що витрачається на поворот вибраного нами комбайну, $\lambda_{нов} = 0,019$ год.;

B - ширина захвату збирального комбайна, м;

L - довжина пройдених гонів, $L = 0,95$ км;

Y_n - середній показник врожайності, $Y_n = 250$ ц/га.

Таким чином, підставляємо відомі значення та отримуємо наступне:

$$\lambda_{\delta оп}^{\delta} = \frac{100 \cdot 0,019}{3,4 \cdot 0,95 \cdot 250} = 0,002 \text{ год.},$$

$$\lambda_{\delta оп}^{np} = \frac{100 \cdot 0,019}{4,2 \cdot 0,95 \cdot 250} = 0,001 \text{ год.};$$

Далі, коефіцієнт оперативної продуктивності становитиме:

$$\tau^{\delta} = \frac{1}{1 + 0,1 \cdot 0,002 \cdot 6,78 \cdot 3,4} = 0,995;$$

$$\tau^{np} = \frac{1}{1 + 0,1 \cdot 0,001 \cdot 6,12 \cdot 4,2} = 0,997.$$

Отже, оперативна продуктивність має становити:

$$U_{on}^{\bar{o}} = 2,3 \cdot 0,995 = 2,28 \text{ га/год.};$$

$$U_{on}^{np} = 2,57 \cdot 0,997 = 2,56 \text{ га/год.}$$

Обчислюємо змінну продуктивність даних агрегатів за наступним виразом:

$$W_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_p, \quad (2.12)$$

$$W_{зм}^{\bar{o}} = 0,1 \cdot 3,4 \cdot 6,78 \cdot 7,54 = 17,38 \text{ га/зм.}$$

$$W_{зм}^{np} = 0,1 \cdot 4,2 \cdot 6,12 \cdot 7,54 = 19,38 \text{ га/зм.}$$

Витрати палива на 1 га обробітку, ми обчислюємо згідно виразу 2.13:

$$S_{за} = \frac{S_{зм}}{W_{зм}}, \quad (2.13)$$

де: $S_{зм}$ – кількісний показник витрат палива тільки за одну зміну, кг/зм.;

$$S_{зм} = S_p \cdot T_p + S_x \cdot T_x + S_z \cdot T_z, \quad (2.14)$$

де: S_p, S_x, S_z - відповідно годинні витрати палива під час виконання роботи, під час холостого ходу та під час зупинок. Оскільки обидва комбайни оснащені двигунами однієї марки, їхні витрати палива однакові і складають: $S_p = 32$ кг/год, $S_x = 15$ кг/год, $S_z = 3,4$ кг/год.

T_p, T_x, T_z - відповідно тривалість робочого руху, тривалість холостого руху та час зупинок, виражені в годинах.

T_p – показник тільки чистого робочого часу, він становить $T_p=7,54$ год.

$$T_x = T_z = \frac{T_{зм} - T_p}{2} = \frac{8 - 7,54}{2} = 0,23 \text{ год.}$$

Тоді,

$$S_{зм} = 32 \cdot 7,54 + 15 \cdot 0,23 + 3,4 \cdot 0,23 = 245,5 \text{ кг/зм.}$$

І нарешті, витрати палива на 1 га за базовою та проектною технологіями становитимуть:

$$S_{га}^b = \frac{245,5}{17,38} = 14,12 \text{ кг/га};$$

$$S_{га}^{np} = \frac{245,5}{19,38} = 12,66 \text{ кг/га}.$$

Як показали розрахунки, доцільніше для заготівлі кукурудзи на силос застосовувати агрегат із кукурудзозбиральним комбайном КСКУ-6 «Херсонець-200», оскільки він має вищу продуктивність та забезпечує менші витрати палива порівняно з агрегатом за базовою технологією.

2.2.2. Підготовка проектного агрегату до роботи

Під час підготовки кукурудзозбирального агрегату до роботи особливу увагу необхідно приділити технічному стану його основних робочих органів - різального апарата, шнека стебел, подрібнювача, а також справності всіх механізмів передач.

Перед початком роботи кукурудзозбирального комбайна необхідно перекрити транспортери качанів і демонтувати пристрій для очищення качанів від обгорток.

У жатці виконують регульовальні роботи: знімають відривні пластини, встановлюють потрібне положення мисів за висотою, регулюють зазори між протягувальними вальцями в качановідривному апараті, натяг подавальних ланцюгів, а також зазори в різальному та подрібнювальному апаратах і шнеку для листостеблової маси.

Щоб уникнути втрат урожаю, миси необхідно відрегулювати так, щоб під час роботи їх носки надійно підхоплювали полегли або похилі стебла. Це досягається шляхом переміщення опорних кронштейнів мисів у межах овальних отворів кронштейнів.

Миси вважаються правильно встановленими, якщо при відстані між нижньою кромкою ножа роторного різального апарата та поверхнею ґрунту 100 мм, носки мисів розташовані над ґрунтом на висоті 50-70 мм.

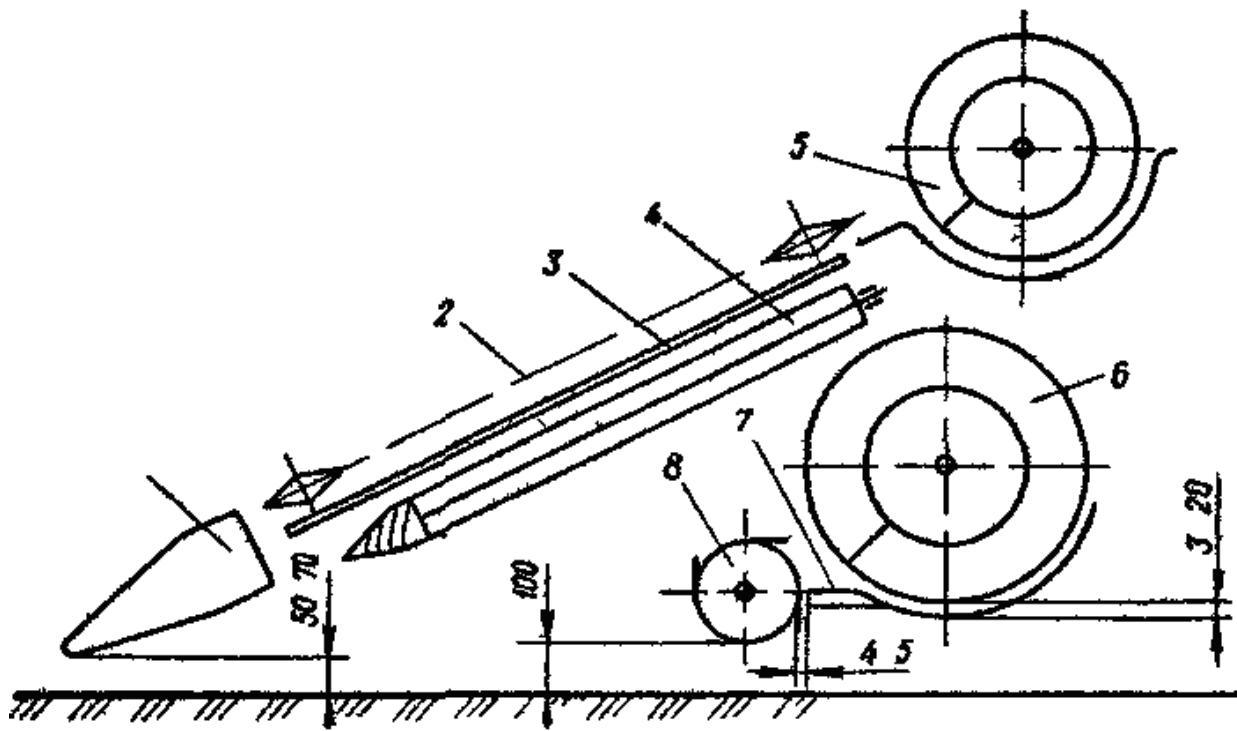


Рис. 2.1. Схема регулювання робочих органів жатки комбайна:

1 – конструкція мисів; 2 - подавальний ланцюг; 3 - відривні пластини; 4 – протягувальні вальці; 5 - шнек транспортування качанів; 6 - шнек транспортування стебел; 7 - протиризальна пластина; 8 – сегментно-пальцевий різальний апарат

Встановлюють зазор між рифами вальців і чистиками у межах 1,5-2 мм, оскільки при його збільшенні відбувається намотування рослинної маси на вальці.

Щоб запобігти спадання подавальних ланцюгів із зірочок, необхідно стискати пружини натяжного механізму кожного ланцюга до довжини 118-122 мм.

Зазор між витками шнека листостеблової маси та його кожухом має становити 3-20 мм.

Для уникнення намотування рослинної маси на ножі роторного різального апарата регулюють зазор між ножами та протиризальними пластинами в межах 4-6 мм. Це регулювання виконують шляхом переміщення пластин, у яких передбачені продовгуваті отвори.

Щоб забезпечити якісне подрібнення стебел, регулюють зазор між ножами подрібнювального барабана та протирізальними пластинами, переміщуючи корпуси опорних підшипників барабана на рамі комбайна. Оптимальне значення зазору - 2-3 мм.

Крім того, за допомогою прокладок між корпусами підшипників і рамою регулюють зазор між нижнім кожухом подрібнювача та ножами барабана в межах 5-7 мм.

Вищерблені або деформовані ножі необхідно замінювати новими. При цьому слід пам'ятати, що після заміни одного ножа обов'язково потрібно замінити і протилежний, щоб не порушити балансування барабана.

2.2.3. Контроль якості збирання силосної кукурудзи

Після початку роботи агрегату слід перевірити якість збирання кукурудзи.

На полі не повинні залишатися незрізані стебла.

Висоту зрізу визначають по всій ширині захвату агрегату на відрізок довжиною 1 метр.

Довжина подрібнених часток повинна становити 20-50 мм, при цьому частки довжиною понад 50 мм допускаються лише в незначній кількості.

У подрібненій масі не повинно бути домішок ґрунту, що свідчить про правильне регулювання висоти зрізу та належний технічний стан ріжучих елементів комбайна.

3. НАУКОВА ЧАСТИНА

3.1. Актуальність теми

Процес збирання кукурудзи на силос проводять у фазах молочної та молочно-воскової стиглості, коли одночасно подрібнюють зелену масу стебел і качанів. На стадії воскової стиглості здійснюють повторне подрібнення з відокремленням качанів, які використовують для окремого силосування. У цей період вміст сухої речовини в зерні кукурудзи становить приблизно 40-50%, тоді як стебла залишаються зеленими.

Відповідно до агротехнічних норм, тривалість усього процесу становить 10-12 днів. Основні вимоги до збирання кукурудзи на силос такі: висота зрізу рослин має бути 8-10 см; довжина подрібнених частинок залежить від виду тварин і становить 2-3 см, 4-5 см або 10-12 см. Вологість зеленої маси повинна відповідати 65-75%, 75-80% або понад 80%.

Допустимі втрати вологості зеленої маси під час збирання не мають перевищувати 3%, а заповнення сховищ слід завершити протягом 3-4 днів. Оптимальна вологість силосної маси в процесі силосування підтримується на рівні 65–70%. Водночас ефективність цього процесу може знижуватись через втрату поживних речовин під впливом біологічних факторів.

Альтернативним способом заготівлі є виробництво сінажу з кукурудзи у фазі молочно-воскової стиглості, що дозволяє краще зберегти її поживну цінність.

Підготовка якісного сінажу з кукурудзи є ефективною за умови, що вологість рослин становить близько 50–55%. Якщо ж у фазі молочно-воскової стиглості вологість на корені сягає 75–80%, зрізану зелену масу необхідно попередньо підв'ялити. При досягненні вологості 50–55% проводять підбирання валків, подрібнення маси, її завантаження у транспортні засоби та транспортування до місць зберігання. Зазвичай процес консервування відбувається безпосередньо на території господарства у спеціально облаштованих зонах.

Розглянемо конструктивні особливості окремих моделей причіпних і самохідних кукурудзозбиральних комбайнів, розроблених у різні роки. Так, причіпний кукурудзозбиральний комбайн (рис. 3.1), створений у минулому столітті, широко застосовувався на полях України. Зокрема, комбайн ККП-3 «Херсонець-9» призначався для збирання стиглої кукурудзи як для продовольчих потреб, так і для отримання насінневого чи фуражного зерна в качанах. Основною функцією цієї машини є збирання кукурудзи разом із качанами, їх очищення від обгорток, подрібнення та одночасне збирання листостеблової маси у причіп.

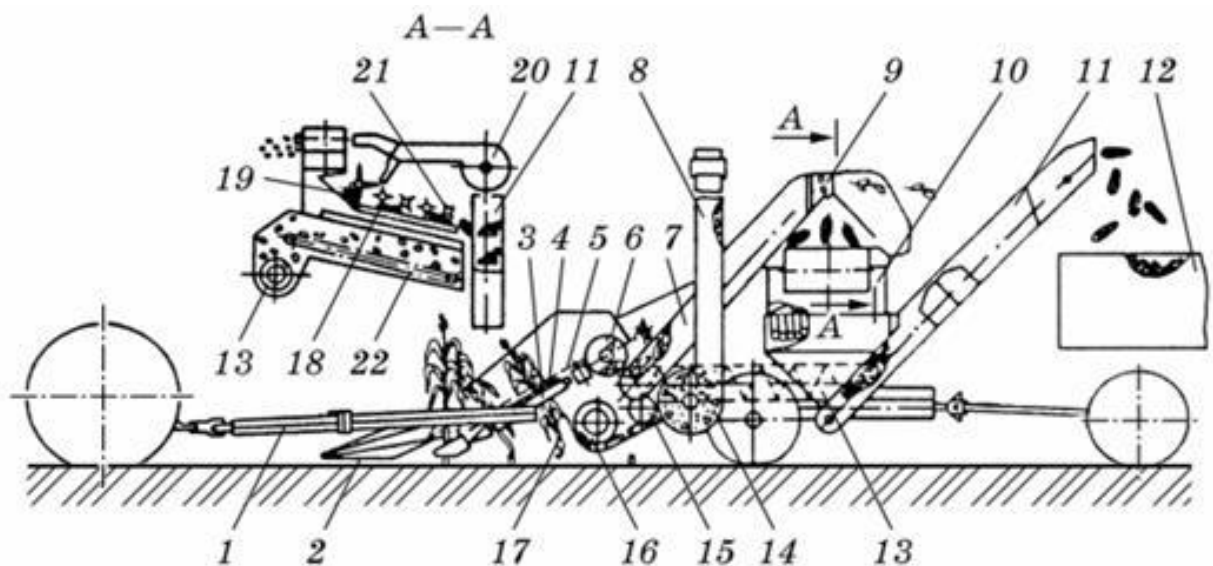


Рис. 3.1. Технологічна схема кукурудзозбирального комбайна марки ККП-3 «Херсонець-9»: 1 - причіпний пристрій комбайна ККП-3; 2 - розподільчі миси; 3 - протягувальні вальці для зелених стебел; 4 - конструкція відривної пластини; 5 - подавальні ланцюги з лапками; 6 - шнек переправлення качанів; 7 - конвеєр-транспортер неочищених качанів; 8 - труба для вивантаження зеленої маси; 9 - активний вловлювач маси матеріалу; 10 - очисник качанів; 11 - вивантажувальний транспортер качанів; 12 - колісний транспортний причіп; 13 - шнек транспортування обгорток; 14 - барабанний подрібнювач; 15 - система бітерів похилої камери; 16 - шнек переведення зеленої маси; 17 - апарат сегментного типу для різання з г-подібними ножами; 18 - рухомі вальці очисника зрізаних качанів; 19 - бітер з лопатями; 20 - вентилятор, 21 - активний подавальний пристрій; 22 - конвеєр транспортування обгорток.

Причіпний комбайн ККП-3 «Херсонєць-9» агрегатується з трактором, який розвиває тягове зусилля у межах 20-30 кН (наприклад, колісним трактором Т-150) та має потужність двигуна не менше 150 к.с. Основним кінематичним параметром агрегату є частота обертання валу відбору потужності трактора, що становить 1000 об/хв. Продуктивність комбайна сягає 12 т/год.

До переваг машини належать проста конструкція, легкість агрегування з трактором, компактність і низьке енергоспоживання. Основним недоліком є порівняно невисока продуктивність.

Наступною моделлю, призначеною для збирання силосної кукурудзи, є комбайн марки КСС-2,6А, який масово випускався у середині минулого століття та зображений на рисунку 3.2.

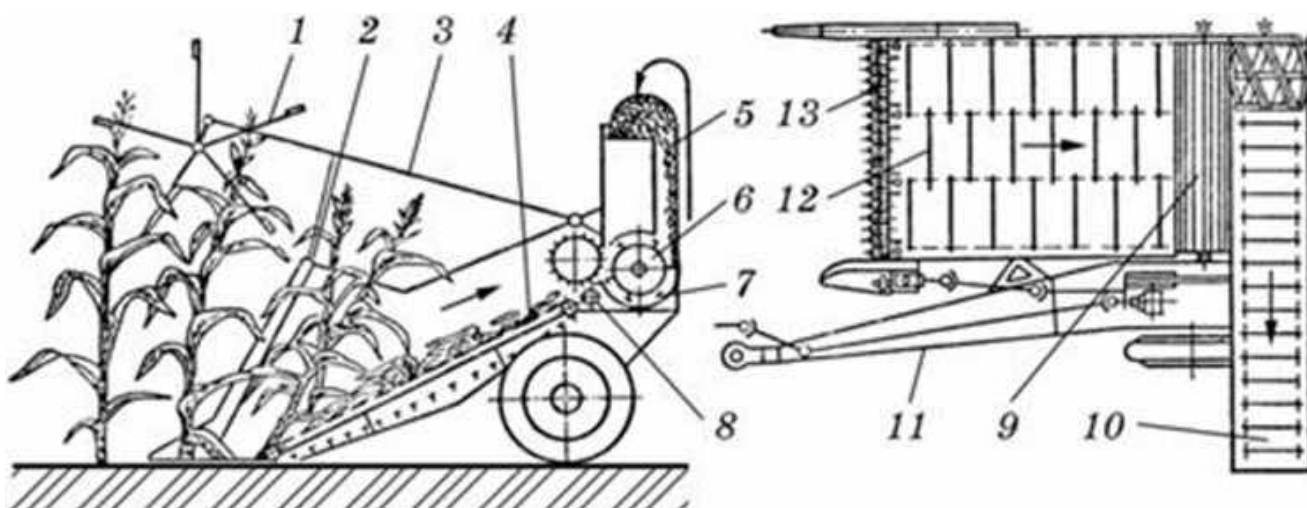


Рис. 3.2. Причіпний комбайн для збирання силосної кукурудзи КСС-2,6А:

1 - мотовило планчастого типу ; 2 - розподільник стебел; 3 - рухомі важелі; 4 - похила платформа; 5 - труба для вивантаження маси; 6 - подрібнювальний барабан з плоскими ножами; 7 - протирізальний пальцевий брус; 8 - живильний активний валець; 9 - бітер-притискач; 10 - вивантажувальний конвеєр для силосної кукурудзи; 11 - причіп з фіксатором; 12 - конвеєр жатки; 13 - конструкція різального апарату

Комбайн марки КСС-2,6А відзначається простою конструкцією, зручністю в обслуговуванні та надійністю під час експлуатації. Він агрегатується з колісними тракторами, зокрема з моделлю Т-150К. Для

забезпечення ефективної роботи комбайна необхідно дотримуватися ряду регулювань:

- **діаметр мотовила** може змінюватися в межах 1800–2800 мм шляхом переміщення променів уздовж металевих напрямних;

- **кінематичний показник** (частота обертання) регулюється за допомогою зміни передаточного відношення на блоці із зірочками (КЗП);

- **жатку** встановлюють на башмаки, що дозволяє змінювати їх положення та, відповідно, регулювати висоту зрізу стебел силосної кукурудзи;

- для отримання якісного подрібнення часток кукурудзи на силос потрібно правильно виставити зазор між ножами барабана і протиризальною пластиною - він має становити 3-8 мм.

З метою підвищення продуктивності процесу збирання кукурудзи було створено самохідний комбайн типу КСКУ-6 «Херсонєць-200». Ця машина призначена для збирання кукурудзи на зерно в качанах із міжряддям 0,7 м, а також для одночасного обмолоту та подрібнення листостеблової зеленої маси. Під час роботи з обмолотом замість очищувача качанів установлюють молотарку, яка забезпечує відокремлення стрижнів і обгорток, що під час сепарації викидаються назовні.

На сьогодні вирощування кукурудзи на силос має значний попит у всьому світі, що зумовлює потребу у високопродуктивній спеціалізованій техніці. Одним із найпоширеніших закордонних зразків є силосозбиральний комбайн John Deere 7350 (рис. 3.3).

Високі надії молока у тваринництві можливі лише за умови створення надійної кормової бази, до складу якої входять силос і сінаж із високою поживною цінністю. Для збереження якості кормів необхідно дотримуватись певних технологічних вимог - забезпечувати подрібнення рослинної маси до заданої довжини, а також здійснювати оперативне закладання сировини у траншеї з метою створення оптимальних умов для її подальшого зберігання.



Рис. 3.3. Операція збирання силосної кукурудзи самохідним комбайном марки John Deere 7350

Сучасні комбайни серії John Deere 7050 обладнані високопродуктивними робочими механізмами, серед яких - подрібнювальні апарати з різною кількістю ножів (40, 48 або 56), додатковий подрібнювач зерен кукурудзи Kernel Processor, а також жатки та підбирачі різних моделей. Жатки Champion серій 300, M 4500 та Champion 460 мають робочу ширину від 3,0 до 7,0 м. Для заготівлі трав'яної маси застосовуються підбирачі моделей 630В, 640В або 645В, що забезпечують ширину захоплення від 3,0 до 4,5 м. У разі збирання фуражних зернових культур можуть встановлюватися зернові жатки серії 600R (моделі 614R, 615R, 618R, 620R) із робочою шириною від 4,3 до 6,1 м.

Кукурудзозбиральний комбайн КСКУ-6 «Херсонєць-200», який у свій час масово випускався в місті Херсон, був однією з найпоширеніших моделей на вітчизняному ринку. Це самохідна машина, оснащена надійною гідравлічною системою, що приводить у дію більшість робочих механізмів

начіпної жатки. Для зменшення втрат урожаю в конструкції передбачено спеціальні елементи, які забезпечують регулювання положення жатки, зокрема для піднімання нахилених стебел.

Основні вимоги до налаштування русел жатки полягають у правильному встановленні зазору між відривними пластинами. Згідно з технічними нормами, цей зазор повинен перевищувати діаметр найменшого качана і становити приблизно 3-7 мм на вході та 6-9 мм на виході. Активне подрібнення стебел досягається завдяки точному регулюванню зазору між плоскими ножами подрібнювального барабана та протиризальними пластинами, який має бути в межах 2-3 мм. Таке налаштування конструкції забезпечує високу якість подрібнення листостеблової зеленої маси, що є важливою умовою для отримання якісного силосу.

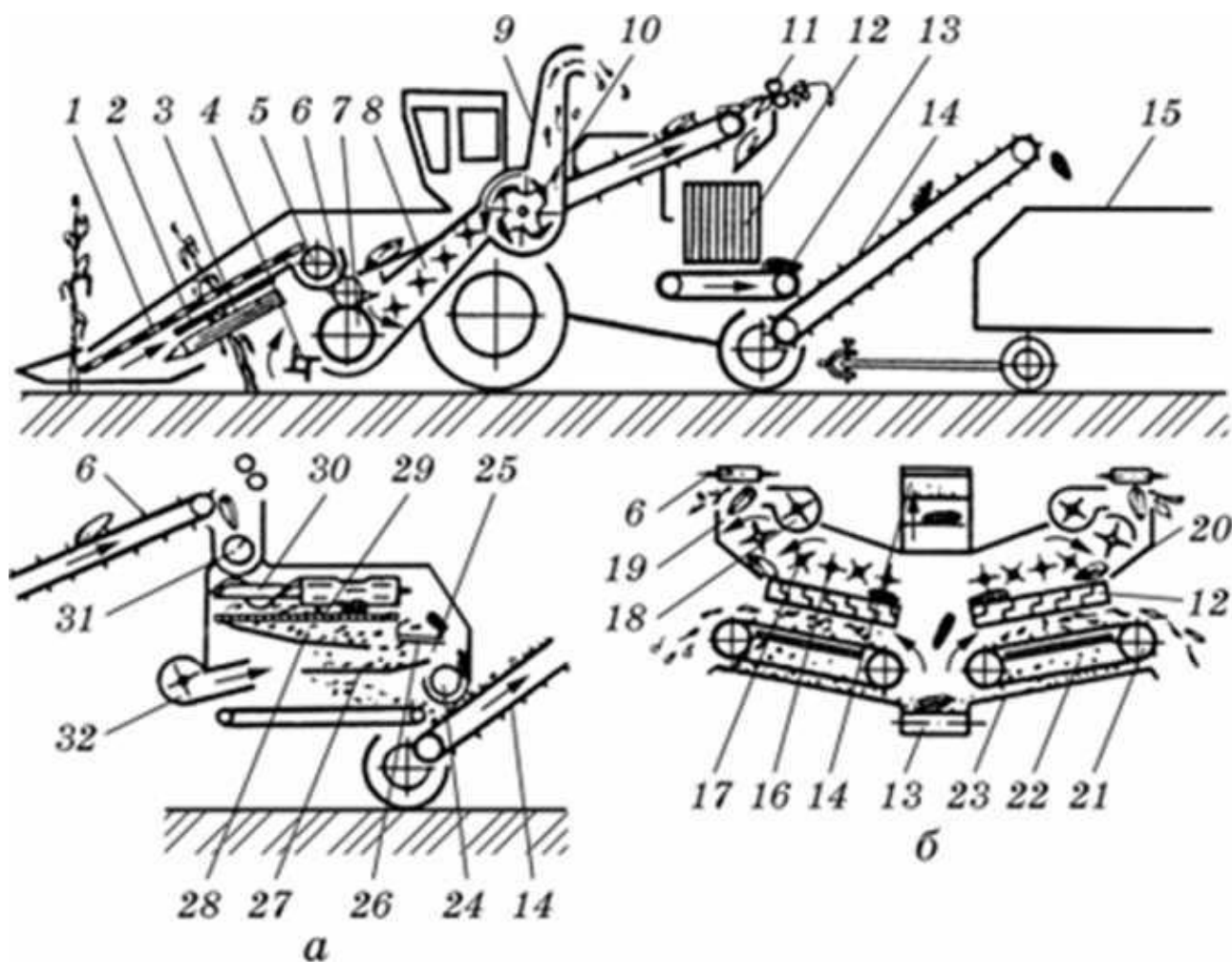


Рис. 3.4. Технологічна схема збирального комбайна марки КСКУ-6 «Херсонець-200»: а - з операцією обмолочування качанів; б - без операції

обмолочування качанів; 1 - ланцюг для захоплення качанів; 2 - конструкція качановідривної пластини; 3 – активні протягувальні вальці; 4 - різальний апарат з г-подібною формою ножів; 5, 7, 24, 30 і 31 - шнеки різнопланової конструкції; 6, 13 і 14 – повздовжні конвеєри; 8 - система притисних бітерів; 9 - вивантажувальний канал для подрібненого матеріалу; 10 - подрібнювальний барабан з плоскими ножами; 11 - стебловловлювальні вальці; 12 - камера з качаноочисним пристроєм; 15 - завантажувальний причіп; 16 - притискний барабан для ущільнення стебел; 17 - притискний активний бітер; 18 і 32 - вентилятори відцентрової дії; 19 - пасивний бітер; 20 і 25 - скатні дошки для струшування силосу; 21 - конвеєр для транспортування обгортки; 22, 26, 27 і 28 - конструкції плоских решіт; 23 - днище; 29 - регулювальна дека

Аналіз вітчизняних та закордонних аналогів кукурудзозбиральних агрегатів свідчить про доцільність використання самохідного комбайна КСКУ-6 «Херсонєць-200». Ця машина забезпечує одночасне збирання шести рядків кукурудзи, характеризується високою продуктивністю, надійністю та не потребує значних експлуатаційних витрат.

Мета і завдання досліджень

Мета роботи - підвищення ефективності функціонування самохідного комбайна КСКУ-6 «Херсонєць-200» під час виконання операцій зі збирання силосної кукурудзи шляхом удосконалення конструкції бітерів та обґрунтування їх основних параметрів.

Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання:

- розробити та вдосконалити існуючу технологію збирання силосної кукурудзи із застосуванням самохідного комбайна «Херсонєць-200»;
- дослідити роботу каскаду бітерів похилої камери жатки та активізувати процес їх функціонування шляхом проведення математичного аналізу;
- визначити та обґрунтувати основні конструктивні й режимні параметри каскаду бітерів подавальної камери;
- проаналізувати вплив фізико-механічних властивостей зрізаних стебел на процес їх ефективного подрібнення;

- провести детальне обґрунтування економічної ефективності використання самохідного комбайна КСКУ-6 «Херсонєць-200» у процесі збирання силосної кукурудзи.

Предмет дослідження - конструктивні та режимні параметри бітерів подавальної камери, що забезпечують ущільнення та підготовку зеленої маси до подрібнення.

Об'єкт дослідження - процес збирання силосної кукурудзи самохідним комбайном КСКУ-6 «Херсонєць-200».

Методи дослідження. Частину досліджень проведено з використанням методів теоретичної механіки та математичного аналізу для вивчення роботи каскаду бітерів подавальної камери. Це дозволяє забезпечити рівномірну подачу маси силосної кукурудзи до подрібнювального апарата з метою отримання якісного корму для великої рогатої худоби.

3.2 Теоретичні дослідження

3.2.1. Дослідження руху маси стебел по лопаті бітера

На рух часток стебел кукурудзи по лопаті транспортуючого бітера впливає достатня кількість факторів, а відповідно, їх повністю врахувати дуже складно. Тому з метою практичного застосування результатів теоретичного аналізу ми можемо зробити деякі припущення, а саме:

- матеріал, що транспортується, не є пружний;
- швидкість частки матеріалу в момент контакту з лопаттю бітера дорівнює нулю;
- показник сили тяжіння самого матеріалу не враховується.

Отже, враховуючи вище наведені припущення на частку, що рухається по лопоті бітера, діють наступні сили, які показані на рисунку 3.5.

C - відцентрова сила; K - коріолісова сила; P - сила тертя даного матеріалу по поверхні лопаті.

Частка при сході з лопаті рухається з певною швидкістю $\mathcal{G}_{\text{різ.}}$. Дана швидкість є результуючою складовою двох швидкостей, а саме:

максимальної колової та максимальної швидкості руху вздовж лопаті.

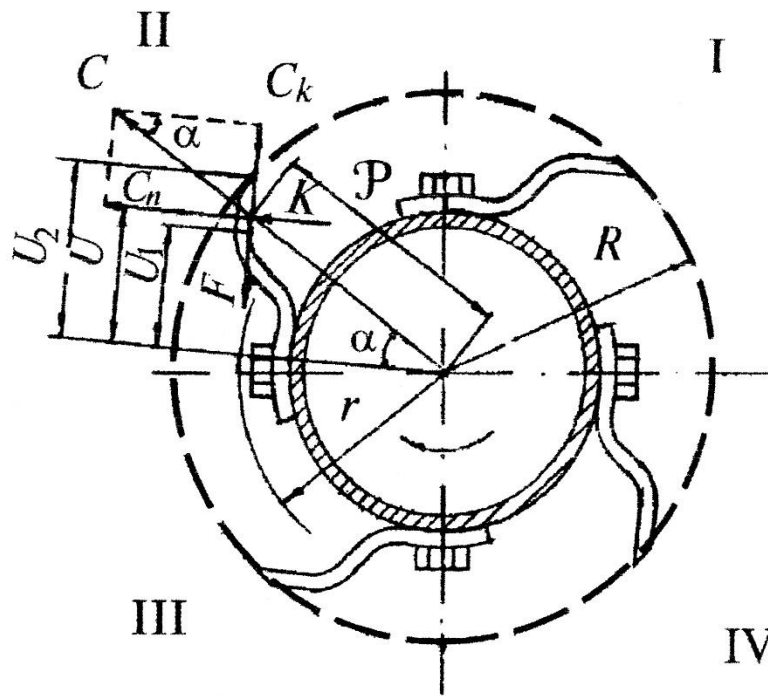


Рис. 3.5. Схема сил, що діють на частку матеріалу по лопаті бітера.

В такому випадку колова швидкість має становити наступне:

$$g_{\text{кол.}} = \frac{2\pi R \cdot n_{\text{б}}}{60} \quad (3.1)$$

де: R - радіус бітера, м;

$n_{\text{б}}$ - частота обертання бітера, об/хв.

Далі, швидкість руху частки вздовж вісі лопаті знаходимо з наступного виразу:

$$g_{\text{лоп.}} = \frac{du}{dt}, \quad (3.2)$$

Ця швидкість виникає в результаті дії на частку маси сил, що пов'язані з прискоренням.

Відцентрова сила розраховується з наступного виразу:

$$C = m \cdot \omega^2 \cdot \rho, \quad (3.3)$$

де: m - маса частки, г;

ω - постійна кутова швидкість лопаті, с^{-1} ;

ρ - радіус-вектор положення частки лопаті.

Складова цієї сили C_k , що діє вздовж вісі лопаті, а також відхилена вперед на кут α_l , протягує частку по лопаті і визначається з наступної формули:

$$C_k = m \cdot \omega^2 \cdot \rho \cdot \sin \alpha_l, \quad (3.4)$$

Сила C_n , що направлена перпендикулярно до лопаті, впливає на силу тертя розраховується з формули:

$$C_n = m \cdot \omega^2 \cdot \rho \cdot \cos \alpha_l, \quad (3.4)$$

Коріолісова сила також направлена перпендикулярно до лопаті бітера та становить:

$$K = 2m \cdot \omega \frac{du}{dt}, \quad (3.5)$$

Враховуючи вирази (3.4) та (3.5) визначимо силу тертя матеріалу по поверхні лопаті:

$$F = f(K + C_n) = f\left(2m \cdot \omega \frac{du}{dt} + m \cdot \omega^2 \cdot \rho \cdot \cos \alpha_l\right), \quad (3.6)$$

де: f - коефіцієнт тертя матеріалу по поверхні лопаті.

Далі, рівняння руху частки по поверхні лопаті має такий вигляд:

$$C_k - F = m \cdot \frac{d^2u}{dt^2}, \quad (3.7)$$

Тепер підставляємо C_k і F з вище встановлених формул (3.4) і (3.6) до виразу (3.7) отримаємо наступне:

$$m \cdot \omega^2 \cdot \rho \cdot \sin \alpha_l - f\left(2m \cdot \omega \frac{du}{dt} + m \cdot \omega^2 \cdot \rho \cdot \cos \alpha_l\right) = m \cdot \frac{d^2u}{dt^2}, \quad (3.8)$$

Аналізуючи рисунок 3.5 ми знаходимо, що:

$$u = \rho \cdot \sin \alpha_{\text{л}}, \quad (3.9)$$

$$r = \rho \cdot \cos \alpha_{\text{л}}, \quad (3.10)$$

Підставивши значення з виразів (3.9) і (3.10) до рівняння (3.8) та розділивши обидві частини на m , ми отримаємо вираз для руху матеріалу по поверхні лопаті:

$$\frac{d^2 u}{dt^2} + 2f \cdot \omega \frac{du}{dt} - \omega^2 u + f \omega^2 \cdot r = 0, \quad (3.11)$$

Вирішення цього диференційного рівняння призводить до наступного виразу:

$$u = \frac{x_2}{x_2 - x_1} (u_1 - fr) \cdot e^{x_1 t} \pm \frac{x_1}{x_1 - x_2} (u_1 \pm fr) \cdot e^{x_2 t} \pm fr, \quad (3.12)$$

$$\text{де: } x_1 = \left(-f + \sqrt{f^2 + 1}\right)\omega, \text{ ; } x_2 = \left(-f - \sqrt{f^2 + 1}\right)\omega;$$

u_1 - координата точки початку руху частки; t - час повороту бітера; r - відстань від центра бітера до краю лопаті.

При радіальному положенні даної лопаті, коли $r = 0$, тоді рівняння (3.12) матиме наступний вигляд, а саме:

$$u = \frac{x_2}{x_2 - x_1} u_1 \cdot e^{x_1 t} \pm \frac{x_1}{x_1 - x_2} u_1 \cdot e^{x_2 t}, \quad (3.13)$$

Отримані рівняння (3.12), (3.13) дають можливість проаналізувати рух частки по поверхні лопаті з різним кутом нахилу відносно радіального положення.

Момент сходу частки з лопаті визначається з рівнянь (3.12) та (3.13) за умови, що $u = u^2$.

3.2.2. Аналіз руху частки стебла по поверхні лопаті бітера

Геометрична сума колової швидкості та перемінної наявно показують, що $\mathcal{G}_{\text{різ.}} = \max$ - при встановленні даних лопатей з нахилом вперед по

направленню обертання бітера, а відповідно, $\vartheta_{рез.} = \min$ - при встановлені лопатей з нахилом назад, що показано на рисунку 3.6.

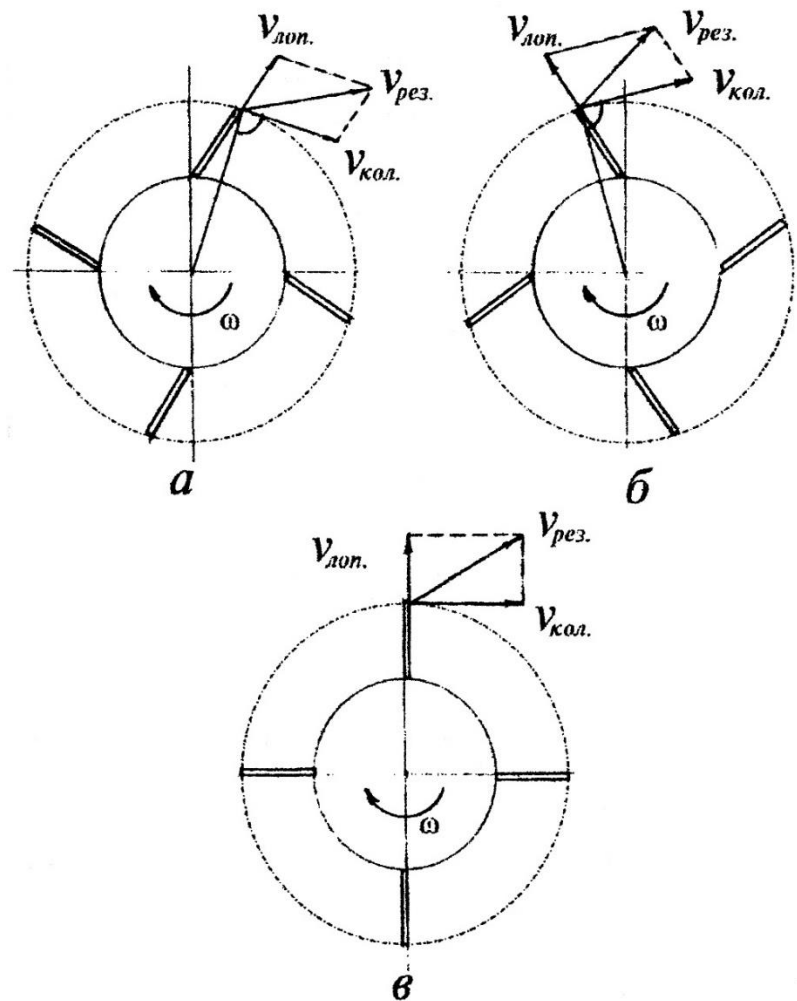


Рис. 3.5. Напрямок результуючої швидкості на конструкції лопатей, які:
 а) мають нахил вперед; б) мають нахил назад; в) направлені радіально

Конструкція лопатей, які розташовані радіально, мають проміжне положення.

Заклавши в основу поставленої задачі розрахунок руху матеріалу по поверхні лопаті, а також умов повного скидання матеріалу в заданому напрямку, ми можемо встановити місце, проти якого буде знаходитися край даної лопаті в кінці сходження з неї останньої частки в радіальному напрямку. Таке місце обґрунтовується кутом ψ , що відраховується від горизонтальної вісі. Отже, кут ψ визначає місце де закріплюється очисник, тобто закінчується

радіальний рух матеріалу по поверхні лопаті і починається його скидання до шнеку, а саме в тангенціальному напрямку.

Кут ψ можна встановити за допомогою рисунка 3.6.

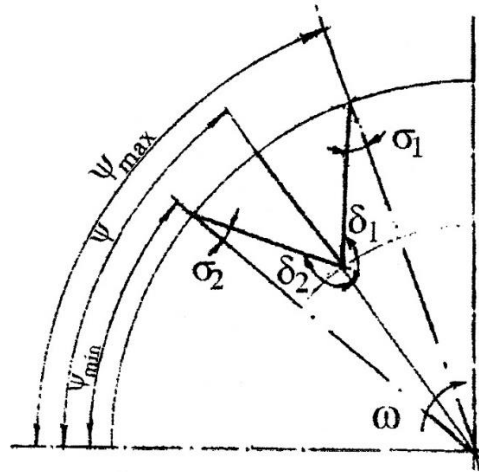


Рис. 3.6. Схема для визначення кута ψ стосовно скидання матеріалу.

Для лопаті, що відхилена вперед:

$$\psi_{max} = \psi + (180^\circ - \sigma_1 - \delta_1), \quad (3.14)$$

Для лопаті, що відхилена назад:

$$\psi_{min} = \psi + (180^\circ - \sigma_2 - \delta_2), \quad (3.15)$$

При радіальному розташуванні:

$$\psi_{max} = \psi_{min} = \psi, \quad \delta = 180^\circ, \quad \delta_1 = 0.$$

На показник швидкості руху матеріалу по поверхні лопаті та тривалість його перебування на ній впливає коефіцієнт тертя матеріалу, а також значення довжини самої лопаті.

3.3. Результати досліджень

На рисунку 3.7 нами приведено графіки залежності кута ψ від коефіцієнта тертя по поверхні лопатей, які в свою чергу, по різному відхилені від радіального напрямку. Провівши аналіз побудованих кривих можна зробити висновок проте, що лопаті, які відхилені назад, а також короткі лопаті мають менше чисельне значення кута ψ .

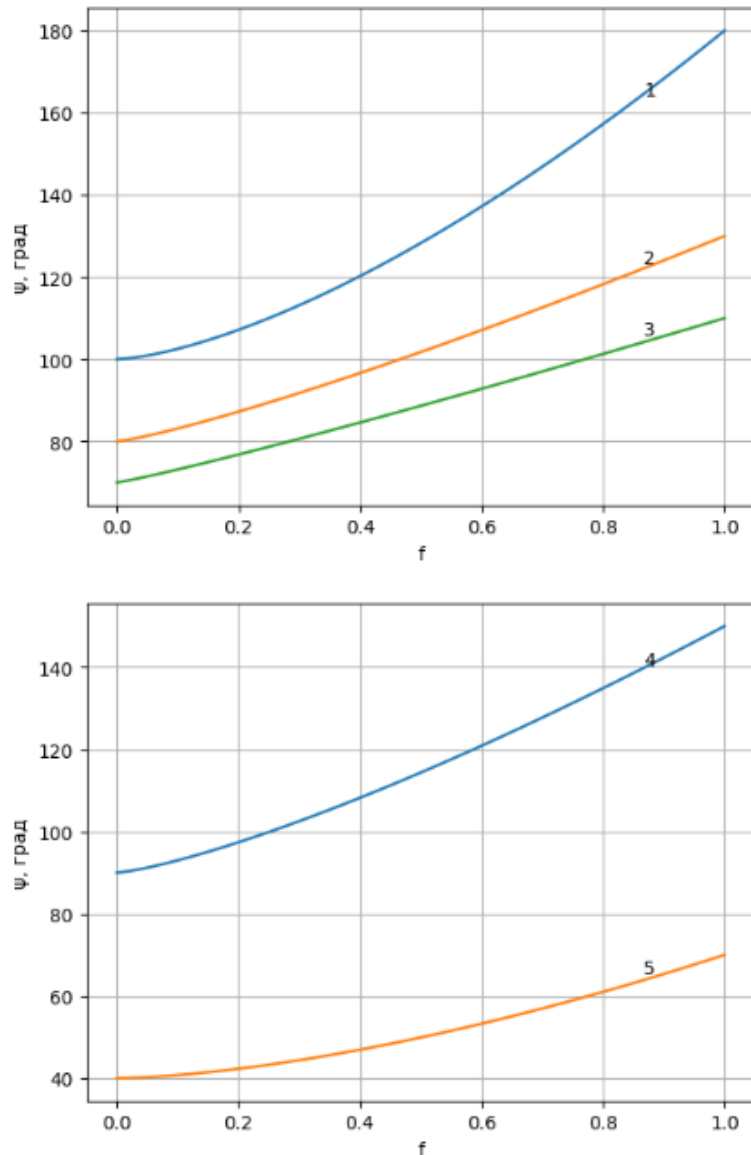


Рис. 3.7. Графік залежності кута ψ від коефіцієнта тертя f для лопатей, що:

- 1 – нахилені вперед; 2 – закріплені радіально; 3 – нахилені назад;
4 – довгі; 5 – короткі.

На рівномірність роботи транспортеру стебельної маси впливає кількість встановлених лопатей. Розрахунки потрібно виконувати таким чином, щоб цикл скидання матеріалу першою лопаттю закінчувався в момент початку циклу скидання наступною лопаттю. При цьому виникає ефект безперервного потоку. Отже, дослідження показали, що зі збільшенням кількості лопатей збільшується рівномірність навантаження на вал бітера.

4. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Технологічні розрахунки

4.1.1. Визначення параметрів подрібнювача барабанного типу

У вітчизняних силосозбиральних комбайнах типу КСКУ-6 «Херсонець 200» використовуються барабанні подрібнювальні апарати. Їх основне призначення полягає у подрібненні зрізаної стеблової маси разом із качанами кукурудзи та подальшому транспортуванні отриманої маси через силосопровід із напрямником у причіп, який рухається ліворуч від комбайна.

Для забезпечення якісного подрібнення часток і надійного викидання подрібненої маси ножами барабана необхідно підтримувати окружну швидкість у межах 40–50 м/с.

Розрахунок параметрів подавальної камери та подрібнювального апарата проводять з метою отримання часток оптимальної довжини — 15–30 мм, що відповідає агрономічним і зоотехнічним вимогам.

Довжина різання зелених стебел визначається швидкістю їх подачі в камеру, а також конструктивними параметрами барабана — його діаметром, кількістю ножів і частотою обертання.

Обчислимо кількість ножів, що закріплені на барабані за наступною формулою:

$$\zeta = \frac{60 \cdot \mathcal{G}_{\text{под.}}}{l_{\text{част}} \cdot u_2} \quad (4.1)$$

де: $\mathcal{G}_{\text{под.}}$ - показник наявної швидкості подачі зрізаних стебел кукурудзи, м/с,

$l_{\text{част}} = 15 \dots 30$ мм - довжина підготовлених часток отриманої маси після операції подрібнення, мм;

u_2 - частота обертання барабану з плоскими ножами, об/хв.

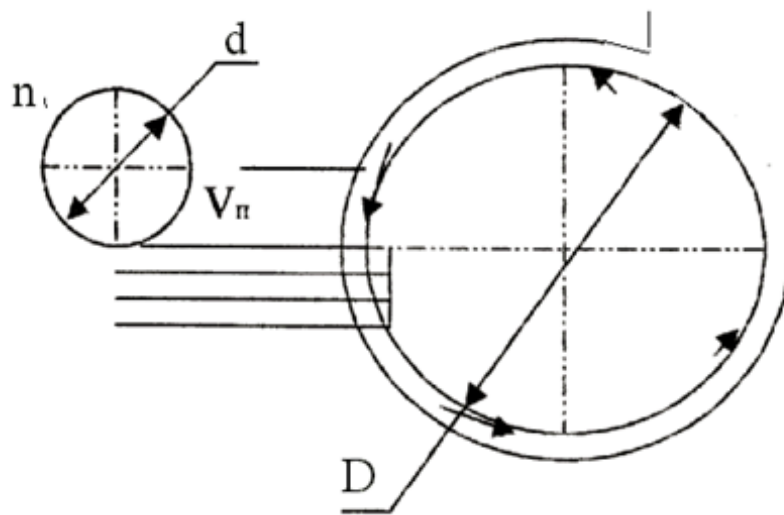


Рис. 4.1. Схема подачі підготовлених стебел до барабану притискними бітерами.

Далі, за наступною формулою ми можемо отримати швидкість подачі зелених стебел:

$$g_{под.} = \frac{\pi \cdot d_б \cdot u_1}{60}$$

де: $d_б = 0,48$ м - чисельне значення діаметра подавального бітера;

u_1 - чисельне значення частоти обертання даного бітера.

Пропускню здатність барабанного подрібнювача ми знаходимо за такою формулою:

$$W_{зд.} = \frac{B \cdot g_m \cdot \varphi \cdot U_l}{360} \quad (4.2)$$

де: $\varphi = 0,95 \dots 0,98$ - коефіцієнт, що враховує всю повноту зрізання стебел даної культури;

$U_l = 540$ ц/га - показник врожайності силосної кукурудзи, співвідношення даної зеленої маси до зерна є 1,5:1.

Таким чином, тепер ми підставляємо відомі значення параметрів до вище вказаного виразу (4.2) і розраховуємо пропускню здатність проектної машини:

$$W_{зд.} = \frac{4,2 \cdot 3 \cdot 0,96 \cdot 540}{360} = 18,14 \text{ кг/с}$$

Можна для визначення пропускної здатності використовувати таку формулу:

$$W_{зд.} = \frac{B \cdot h \cdot \chi \cdot \pi \cdot d_{\sigma} \cdot u_1}{60} \quad (4.3)$$

де: $h = 0,065$ м – параметр товщини подавального шару зелених стебел, що активно подаються системою бітерів до подрібнювальної камери;

$\chi = 27$ кг/м³ – показник, що враховує об'ємну вагу зелених стебел;

$B = 0,95$ м – значення ширини завантажувальної горловини самого подрібнювача.

Після проведення нескладних перетворень рівняння (4.3) ми можемо розрахувати частоту обертання бітера:

$$u_1 = \frac{60 \cdot W_{зд.}}{B \cdot h \cdot \chi \cdot \pi \cdot d_{\sigma}} = \frac{60 \cdot 18,14}{0,95 \cdot 0,065 \cdot 27 \cdot 3,14 \cdot 0,48} = 433 \text{ об/хв.}$$

Отже, швидкість подачі зелених стебел буде становити:

$$g_{под.} = \frac{3,14 \cdot 0,48 \cdot 433}{60} = 10,8 \text{ м/с.}$$

Далі, ми встановлюємо частоту обертання подрібнювального барабану використовуючи такий вираз:

$$u_2 = \frac{60 \cdot g_{різ.}}{\pi \cdot D} = \frac{60 \cdot 48}{3,14 \cdot 0,65} = 1411 \text{ об/хв.,}$$

де: $g_{різ.} = 40 \dots 50$ м/с - запропоновані граничні значення для швидкості різання зелених стебел;

$D = 0,65$ м – відповідно діаметр барабану з плоскими ножами, м.

Таким чином, приймаємо: $u_2 = 1411$ об/хв.

Тепер вище отримані показники підставляємо до формули (4.3) і проводимо визначення кількості ножів на барабані:

$$\zeta = \frac{60 \cdot 10,8}{0,15 \cdot 1411} = 3,6$$

Відповідно до встановлених вимог, кількість ножів на барабані повинна бути парною, що гарантує правильне балансування цього робочого органу. Таким чином, приймаємо ножі у кількості 4 штук.

Окрім того, визначають зазори між основними елементами подрібнювального вузла: відстань між ножами подрібнювальної камери та протирізальною пластиною має становити 3-4 мм, а проміжок між піддоном кожуха конструкції та активними ножами - 3-7 мм.

4.2. Кінематичний розрахунок

4.2.1. Визначення кінематичних параметрів приводу відривних вальців

Обчислимо загальне передавальне число при передачі обертання вальцями використовуючи такий вираз:

$$i_{заг} = \frac{K_{вал.}}{K_{дв.}}, \quad (4.4)$$

де: $K_{дв.}$ – значення частоти обертання двигуна, воно є $K_{дв.} = 2150 \text{ хв}^{-1}$;

$K_{вал.}$ – показник частоти обертання самих вальців.

Отже,

$$i_{заг} = \frac{941,4}{2150} = 0,437.$$

Згідно існуючій кінематичній схемі, так само загальне передавальне число ми можемо виразити наступною залежністю:

$$i_{заг.} = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot i_4 \cdot i_5, \quad (4.5)$$

де: i_1, i_2 - показники передавальних чисел для клинопасових передач;

i_3, i_4 , - показники передавальних чисел для ланцюгових передач;

i_5 – чинник передавального числа для конічної зубчатої передачі.

Таким чином, приймаємо передавальне число для першої пасової передачі, рівним 0,77 та діаметр малого шківів - 0,350 м.

Отже, діаметр великого шківa для першої пасової передачі обчислюємо за такою формулою:

$$P_2 = \frac{P_1}{i_1}, \quad (4.6)$$

$$P_2 = \frac{0,350}{0,77} = 0,454 \text{ м.}$$

Приймаємо: $D_2=0,45$ м.

Тепер обчислимо дійсне передавальне число передачі, яке буде становити:

$$i_1 = \frac{P_1}{P_2} = \frac{0,350}{0,45} = 0,778.$$

Потім, частота обертання для першої пасової передачі має буде:

$$\begin{aligned} \kappa_1 &= \kappa_{об} \cdot i_1, \\ \kappa_1 &= 2150 \cdot 0,778 = 1672,7 \text{ хв}^{-1}. \end{aligned}$$

Тоді передаточне число для другої пасової передачі приймаємо рівним 0,5 м і, відповідно, діаметр малого шківa, становитиме 0,223 м.

Отже обчислюємо діаметр великого шківa для другої пасової передачі використовуючи наступний вираз:

$$P_4 = \frac{P_3}{i_2},$$

$$P_4 = \frac{0,223}{0,5} = 0,446 \text{ м.}$$

Таким чином, приймаємо наступне значення $D_4=0,45$ м.

Відповідно, дійсне значення передавального числа передачі має становити:

$$i_2 = \frac{P_3}{P_4} = \frac{0,223}{0,45} = 0,495.$$

Встановлюємо з наступної формули частоту обертання для пасової передачі:

$$\kappa_2 = \kappa_1 \cdot i_2,$$

$$\kappa_2 = 1672,7 \cdot 0,495 = 827,9 \text{ хв}^{-1}.$$

Далі, приймаємо передавальне число для першої ланцюгової передачі рівним 0,75 та відповідно, кількість зубів для ведучої зірочки 21.

Тоді, встановимо кількість зубів для веденої зірочки використовуючи вираз 4.7:

$$z_2 = \frac{z_1}{i_3}, \quad (4.7)$$

$$z_2 = \frac{21}{0,75} = 28.$$

Значення частоти обертання для першої ланцюгової передачі визначається за таким виразом:

$$\kappa_3 = \kappa_2 \cdot i_3,$$

$$\kappa_3 = 827,9 \cdot 0,75 = 620,9 \text{ хв}^{-1}.$$

Отже, приймаємо передавальне число для конічної зубчастої передачі рівним 2,15 і, відповідно, число зубів для ведучої шестерні рівним 27.

Тоді, кількість зубів для веденої шестерні буде таким:

$$z_6 = \frac{z_5}{i_5},$$

$$z_6 = \frac{27}{2,15} = 12.$$

Тепер обчислимо частоту обертання для конічної зубчастої передачі за такою формулою:

$$\kappa_5 = \frac{\kappa_6}{i_5},$$

$$\kappa_5 = \frac{900}{2,15} = 418 \text{ хв}^{-1}.$$

Далі, значення передавального числа для другої ланцюгової передачі, що передає обертання качановідокремлюючим вальцям, буде становити:

$$i_4 = \frac{i_{заг}}{i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot i_5},$$

де: $i_{заг}$ – значення загального передавального числа, $i_{заг}=0,437$;

$$i_4 = \frac{0,437}{0,778 \cdot 0,495 \cdot 0,75 \cdot 2,15} = 0,704.$$

Отже, приймаємо кількість зубів для ведучої зірочки. Воно є рівним 25.

Таким чином, кількість зубів веденої зірочки буде дорівнювати:

$$z_4 = \frac{z_3}{i_4},$$

$$z_4 = \frac{25}{0,704} = 35,1.$$

Приймаємо: $z_7=35$. Відповідно, дійсні передавальні відношення для другої ланцюгової передачі та загальне будуть становити:

$$i_4 = \frac{25}{35} = 0,714.$$

$$i_{заг} = 0,778 \cdot 0,495 \cdot 0,75 \cdot 0,704 \cdot 2,15 = 0,437.$$

І на решті, обчислюємо частоту обертання відривних вальців з врахуванням остаточного показника загального передавального відношення:

$$\kappa_g = 2150 \cdot 0,437 = 939,55 \text{ хв}^{-1}$$

Приймаємо: $\kappa_g = 940 \text{ хв}^{-1}$.

4.3. Розрахунки на міцність деталей і вузлів

4.3.1. Визначення довговічності підшипників проміжної нижньої опори конструкції протягувальних вальців

У проміжній опорі монтуються два радіальні однорядні кулькові підшипники легкої серії 205 за ГОСТ 8338-75. Їхні основні параметри становлять: внутрішній діаметр - $d = 25$ мм, зовнішній - $D = 52$ мм, ширина - $b = 15$ мм.

Далі виконується розрахунок приведеного навантаження, що діє на підшипники.

$$Q_{np} = R_{np} \cdot \chi_{\delta} \cdot \chi_m, \quad (4.8)$$

де: R_{np} – певне зусилля розпору, що активно діє на нижню опору, Н;

χ_{δ} – показник, що враховує безпечну роботу та становить $\chi_{\delta}=1,25$;

χ_m - температурний коефіцієнт, що становить $\chi_m=1,15$.

$$Q_{np} = 730 \cdot 1,25 \cdot 1,15 = 1049 \text{ Н.}$$

Обчислюємо довговічність підшипника за наступним виразом, в млн.об.:

$$L = \left(\frac{M}{Q_{np}} \right)^p, \quad (4.9)$$

де: M – показник динамічної вантажопідйомності підшипника, що становить $M=11000$ Н;

p - статичний показник, що є для кулькових підшипників, $p=3$.

$$L = \left(\frac{11000}{1049} \right)^3 = 1151 \text{ млн. об.}$$

Отже, довговічність підшипників в годинах визначається за виразом:

$$L_h = \frac{L \cdot 10^6}{60 \cdot \kappa}, \quad (4.10)$$

де: κ - значення частоти обертання вальців, хв^{-1}

$$L_h = \frac{1151 \cdot 10^6}{60 \cdot 940} = 20407 \text{ год.}$$

Нормативне річне навантаження збирального комбайна становить 170 годин, а його термін служби - 8 років. Отже, загальний ресурс роботи машини дорівнює 1360 годинам, що є меншим за розрахункову довговічність підшипників. Таким чином, довговічність підшипників повністю забезпечує надійну роботу вузла протягом усього строку експлуатації комбайна.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Обґрунтування заходів безпеки при недостатньому природному освітленні.

Комбайн оснащений транспортною та робочою системами зовнішнього освітлення, які можуть вмикатися незалежно одна від одної.

Система освітлення забезпечує рівень освітленості, не нижчий за нормативні значення, наведені на рисунку 5.1. Освітлення робочих зон машини відповідає мінімальним вимогам, зазначеним у таблиці 5.1.

На комбайні встановлено такі освітлювальні прилади: дорожні фари, покажчики поворотів, робочі фари, плафон внутрішнього освітлення кабіни, габаритні вогні, стоп-сигнал та ліхтар підсвічування номерного знаку.

Таблиця 5.1

Освітлення активних робочих зон машини

Найменування робочих зон	Середнє чисельне значення освітленості, <u>лк</u>	Площина нормативного освітлення
Площадка в передній зоні огляду шириною, яка рівна захвату робочого <u>органа</u> , на відстані 10 м від предмета	15	Вертикальна
Площадка в передній зоні щодо огляду шириною 16 м і на відстані 10м від <u>робочого органа</u>	5	Вертикальна
Робочі органи знаходяться в полі зору	20	Горизонтальна
Передня зона огляду на наявній ширині захвату робочого <u>органа</u> та на відстані 20 м від нього	5	Вертикальна
Зона вивантаження зерна кукурудзи	15	Горизонтальна

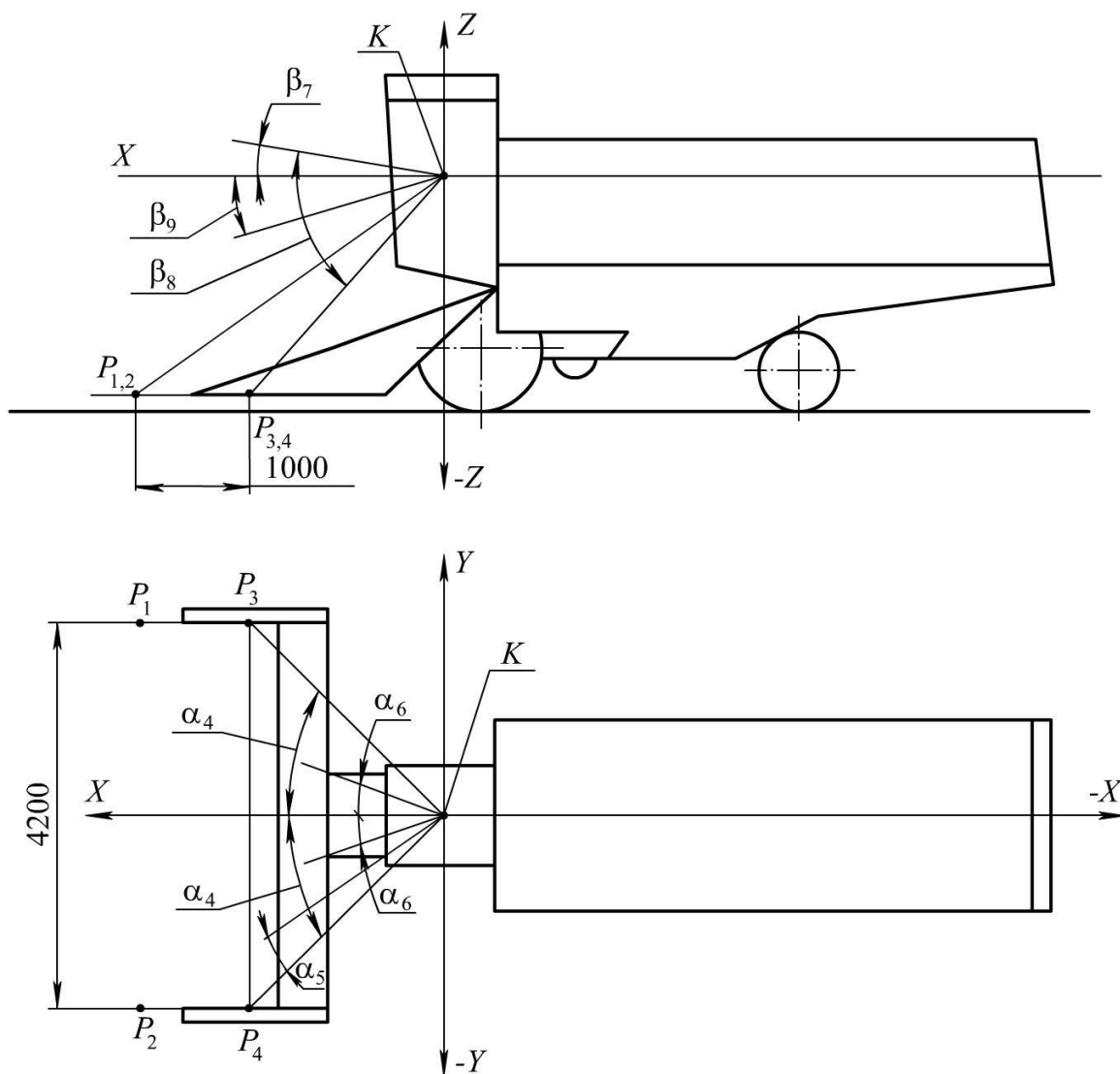


Рис. 5.1. Схема освітленої зони при збиранні кукурудзи

Кути огляду через вікна кабіни комбайна - α , β і γ (див. рис. 5.1) - мають відповідати нормативним значенням, наведеним у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2

Параметри оглядових кутів

Позначення заданого кута	Кут максимального огляду, °
β_7	Не менше ніж 8
β_8	Не більше ніж 60
α_4	Не менше ніж 60

Для комбайнів із симетричним розташуванням кабіни повинна бути забезпечена видимість контрольних точок P_1 , P_2 , P_3 і P_4 відповідно до схеми, наведеної на рисунку 5.1.

Робочі фари розміщені таким чином, щоб їхнє світло не засліплювало оператора ні безпосередньо, ні через відблиски від дзеркал заднього виду чи інших світловідбивних поверхонь.

Освітленість на рівні пульта керування від внутрішнього освітлення кабіни перевищує 5 лк. Прилади мають підсвічування відбитим світлом, а конструкція системи освітлення виключає появу так званих бликів.

У конструкції комбайна також передбачено можливість підключення переносної лампи потужністю 20 Вт.

6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У даній роботі здійснено аналіз та обґрунтування проектної технології вирощування кукурудзи для заготівлі на силос і зелені корми. Запропонована технологія спрямована на досягнення стабільно високих урожаїв силосної кукурудзи шляхом використання сучасної техніки, спеціалізованих самохідних агрегатів і скорочення обсягів ручної праці у фермерських господарствах.

Розроблені технологічна та операційно-технологічна карти підтверджують повне забезпечення виконання всіх необхідних операцій відповідною кількістю машин, тракторів та сільськогосподарських знарядь, що забезпечує ефективне вирощування й збирання кукурудзи у фазі молочно-воскової стиглості.

Науковий розділ дипломної роботи базується на всебічному аналізі функціонування причіпних і самохідних комбайнів, у межах якого розглянуто різні технологічні схеми збирання силосної кукурудзи. Актуальність теми дослідження обґрунтована, на цій основі визначено об'єкт, предмет і основні завдання роботи, спрямовані на модернізацію робочих органів похилої камери вдосконаленого комбайна КСКУ-6.

При проведенні теоретичних досліджень обґрунтовано рух маси стебел по лопаті бітера. Отримане диференційне рівняння надало можливість проаналізувати рух частки по поверхні лопаті з різним кутом нахилу відносно радіального положення. Також побудували графік залежності кута ψ від коефіцієнта тертя f для лопатей з різною конструкцією.

У розділі «Практична реалізація результатів досліджень» виконано технологічні, кінематичні та енергетичні розрахунки каскаду бітерів. Розрахунки на довговічність підшипника підтвердили надійність і стабільність роботи похилої камери в цілому.

У розділі з охорони праці розроблено комплекс заходів, спрямованих на забезпечення належного рівня освітлення та поліпшення умов праці комбайнера в темну пору доби.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Багаторічні трави в інтенсивному кормовиробництві / Б.С. Зінченко, П.Т. Дровець, Й.І. Мацьків та ін. За ред. Б.С. Зінченка. – К.: Урожай, 1991. – 192 с.
2. О.А. Бабич, А.Д. Гарькавий. Кормові і лікарські рослини ХХ – ХХІ століття. К.: “Аграрна наука”, 1996.-542с.
3. Зінченко О.І. Рослинництво: Підручник / О.І. Зінченко, В.Н. Салатенко, М.А. Білоножко; За ред. О.І. Зінченка. – К.: Аграрна освіта, 2003. – 591 с.
4. Комплексна механізація кормовиробництва / В.А. Ясенецький, С.Й. Плішинський, В.Ю. Поєдинок, А.Д. Гарькавий. – К.: Урожай, 1992. – 216 с.
5. Марченко В.В. Механізація технологічних процесів у рослинництві: Навчальний посібник (За ред.. В.В. Марченка). - Київ.: Кондор. - 2007. - 334 с.
6. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.
7. Машиновикористання в землеробстві / В.Ю. Ільченко, Ю.П. Нагірний, А.П. Джолос та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка і Ю.П. Нагірного. – К.: Урожай, 1996. – 384 с.
8. Ковальчук І. Високопродуктивні гібриди кукурудзи «Сингента» для різних ґрунтово-кліматичних зон України. Агроном (журнал). 2015. № 4(50) листопад. С. 86-87.
9. Мазур В.А., Паламарчук В.Д., Поліщук І.С., Паламарчук О.Д. Новітні агротехнології у рослинництві: Підручник. Вінниця, 2017. 588 с.
10. Farm Production Expenditure. 2008 Summari. - United States Department of Agriculture. National Agriculture Statistics Servise, 2009. 175 p.
11. Бондаренко О.В., Грубань В.А. Аналіз сучасних проблем механізованого збирання кукурудзи. Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2010. Вип. 4 (57). С. 221-227.

12. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф., Іващук П.В. Зерно-виробництво. Львів: НВФ «Українські технології», 2008. 624 с. 7. Ярошко М., Штангела Йозефа. Кукурудза – основні вимоги до вирощування. Агроном. 2012. № 2(36). С. 138-140.

13. Каленська С.М., Єрмакова Л. М., Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Поліщук М. І. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві: Підручник. Вінниця: ФОП Рогальська І.О., 2015. 448 с.

14. Сметанська І.М. Фізіолого-агрохімічні аспекти формування врожаю та якості кукурудзи на силос. Збірник наукових праць Вінницького державного аграрного університету. 2000. Вип. 7. С. 57-65.

15. Ляшенко Н.О., Галушко Ю.В. Інтенсифікація - основний фактор підвищення ефективності виробництва зерна кукурудзи в Степу України. Бюлетень інституту зернового господарства УААН (науково-методичний центр з проблем зернового господарства). Дніпропетровськ, 2003. №20. С. 62-64.

ДОДАТКИ