

Тема: «Удосконалення процесу механізації збирання кукурудзи на зерно з розробкою конструкції кукурудзозбирального комбайна»

Виконав: Діченко В. Ю.

Керівник: Тарельник Н. В.

## Вступ

Широкого поширення на сьогоднішній день набули індустриальні та інтенсивні технології вирощування сільськогосподарських культур, спрямовані на отримання високого врожаю. Крім того, метою імплементації у виробничий процес таких технологій є зменшення витрат матеріальних засобів, людських ресурсів, зниження енергозатрат, оптимізація використання найякіснішого насінневого матеріалу (в тому числі гібридних сортів) та засобів захисту рослин, мінімізація внесення засобів для удобрення посівів тощо. Ці технології складаються з комплексу заходів агротехнічного, технічного та організаційного спрямування, що базуються на останніх наукових дослідженнях.

Питання вирощування кормів є важливою задачею для сільськогосподарського виробництва. Кукурудза, одна з найбільш урожайних культур, грає важливу роль у цьому процесі. Тваринництво потребує високоенергетичного грубого корму, а силос з кукурудзи є одним з найбільш поширених кормів. Поживна цінність якісного силосу складає від 0.25 до 0.29 кормових одиниць на кілограм, а потреба у силосі для однієї голови ВРХ становить від 8 до 10 тонн на рік. Збір силосної маси кукурудзи повинен зростати завдяки підвищенню її врожайності та застосуванню інтенсивних технологій вирощування.

Застосування інтенсивних технологій вирощування кукурудзи є значним резервом для підвищення врожайності і збільшення загальних зборів зерна. Ці технології включають в себе правильний вибір попередників, використання гібридів, науково обґрунтовану кількість добрив, сучасні засоби захисту рослин та ефективну організацію праці. Все це базується на досягненнях науки і передовому досвіді.

Отже, тема дипломного проекту є актуальною і важливою, оскільки вона дозволяє максимально використовувати потенціал кукурудзи в сільськогосподарському виробництві.

# **1 Загальна характеристика фермерського господарства «Мірт»**

## **1.1 Основні характеристики фермерського господарства**

Фермерське господарство «Мірт» розташоване в с. Рябина Охтирського району Сумської області. Керівником фермерського господарства є Мироненко Ігор Тихонович.

Село Рябина, у якому розташоване фермерське господарство, ділиться на два населених пункти: Нова Рябина та Стара Рябина із загальним населенням у кількості 1228 осіб. Село підпорядковується Кириківській громаді. До 19.07.2020 року село належало до Великописарівського району, а після його ліквідації увійшло до складу Охтирського району.

Географічне положення села Рябина є досить вигідним: воно розташовано на лівобережжі річки Ворскла, в яку на території села впадає річка Рябина. Біля західної околиці села протікає річка Весела. Поруч розташовані наступні населені пункти: село Добрянське з населенням 1039 осіб – в 12 кілометрах, село Яблучне з населенням 1135 осіб – у 8 кілометрах, село Іванівка з населенням 1503 осіб – у майже 9 кілометрах.

Через південну частину села проходить автомобільна дорога Т 1705, яка сполучає селище міського типу Велика Писарівка (колишній районний центр) та місто Охтирка (нинішній районний центр). Відстань до обох населених пунктів становить 25 км в протилежних напрямках, а до м. Суми (обласний центр) – приблизно 100 км. Найближча залізнична станція Кириківка розташована на відстані 7 км.

Загальні земельні площі фермерського господарства – 1744 га.

Отже, господарство користується вигідним географічним розташуванням, близькістю до автошляху, залізничної колії та місць збуту продукції. Це дозволяє знизити транспортні витрати на продукцію та зменшити собівартість одиниці товару.

## 1.2 Ґрунтово-кліматичні умови діяльності фермерського господарства

Фермерське господарство «Мірт» розташоване в лісостеповій зоні України, що характеризується помірно-континентальним кліматом з достатньою вологістю. Середньорічна кількість опадів становить від 310 до 700 мм, а гідрометричний коефіцієнт коливається в межах 1.1–1.3. Найнижча середньодобова температура (від  $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) спостерігається у січні. Літо тепле, посушливе, з теплим червнем (до  $+38,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) і липнем ( $+17\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Морозний період триває від 128 до 189 днів.

Для регіону характерною є часта зміна погодних умов. В середньому за рік надходить 45 циклонів та 36 антициклонів. Відповідно, змінюється і напрям вітрів: зимою він є переважно західним, влітку – північно-західним.

Рослинність регіону представлена наступними типами: листяні, соснові ліси, чагарники, луки, болота. Фауністичне багатство регіону обумовлене різноманіттям біотопів (лучних, водно-болотних та лісових).

Ґрунти в основному є сірими лісовими опідзоленими, дерново-підзолистими, опідзоленими та вилугованими чорноземами. Підзолистий процес менш виражений на території регіону порівняно з іншими зонами, проте наявні сприятливі умови для розвитку дернового процесу.

Якісні показники сірих опідзолених ґрунтів є значно вищими у порівнянні з дерново-підзолистими: глибина гумусного горизонту становить 15–35 см з його вмістом на рівні 2–4.5 %, вони мають слабко-кислу реакцію (рН 5–7.5) і грудкувату структуру, значно вищий вміст органіки.

Ступінь опідзоленості ґрунту, глибина гумусного горизонту та його вміст лежать в основі поділу сірих лісових ґрунтів на світло-сірі, сірі та темно-сірі. У світло-сірих ґрунтах опідзолення найбільш виражене, товщина гумусного горизонту найменша (15–20 см), його вміст становить 2–2.5 %. Сірі лісові ґрунти характеризуються більш інтенсивним розвитком дернового процесу і послабленням підзолистого, де гумусний горизонт становить 20–30 см, вміст гумусу – 3–3.5 %. Такий тип ґрунтів переважає на території фермерського

господарства. Темно-сірі ґрунти схожі за ознаками на чорноземи, товщина гумусного горизонту – 30–35 см, вміст гумусу – 4–4.5 %.

Світло-сірі ґрунти є кислими з низьким вмістом поживних речовин, незадовільною фізичною структурою і сильним розпушенням орного шару. За агрономічною цінністю сірі лісові ґрунти переважають над світло-сірими ґрунтами.

Основним напрямком підвищення родючості сірих лісових ґрунтів є поглиблення орного шару, систематичне використання органічних і мінеральних добрив, вапнування, травосіяння і боротьба з ерозією.

### **1.3 Матеріально-технічна база фермерського господарства**

Загальна площа земель, що належить фермерському господарству, становить 1744 гектари (табл. 1.1).

**Таблиця 1.1 – Структура земельних угідь фермерського господарства**

<b>Призначення земель</b>	<b>Площа, га</b>	<b>Структура, %</b>
Рілля	1676	99.0
Шляхи	12	0.1
Будівлі	56	0.9
<b>Загальна площа</b>	<b>1744</b>	<b>100.0</b>

Спеціалізація фермерського господарства полягає в вирощуванні кукурудзи на зерно, озимої пшениці, сої, ячменю та соняшнику (табл. 1.2).

Фермерське господарство має дуже сприятливі природно-кліматичні умови для вирощування сільськогосподарських культур, зокрема соняшнику. Крім того, у фермерському господарстві наявна достатня кількість обладнання, що позитивно впливає на вчасність проведення робіт та дотримання правил експлуатації технічних засобів. Перелік наявної техніки наведений у таблиці 1.3.

**Таблиця 1.2 – Структура посівних площ фермерського господарства**

<b>Культура</b>	<b>Врожайність, ц/га</b>	<b>Середній прибуток з 1 га площі, тис. грн</b>
Озима пшениця	51.5	2.2
Ячмінь	38.5	1.6
Соя	21.2	1.8
Кукурудза на зерно	65.4	3.5
Соняшник	21.1	2.1

**Таблиця 1.3 – Склад машино-тракторного парку та сільськогосподарських машин**

<b>Назва і марка</b>	<b>Кількість, шт</b>	<b>Коефіцієнт готовності</b>
<b>Трактори</b>		
МТЗ-82	1	0.80
ЮМЗ-6Л	1	0.75
Claas Xerion	1	0.86
<b>Комбайни</b>		
КСКУ-6	1	0.77
Claas Lerion 570	1	0.84
<b>Ґрунтообробна техніка</b>		
КПСП-4	1	0.77
<b>Плуги</b>		
Lenken Vari Diamant	1	0.74
<b>Сівалки</b>		

СЗ-5,4	1	0.84
Great Plains 3S-4000	1	0.96
<b>Оприскувачі</b>		
ОПШ-2000-2-01	1	0.77
<b>Автомобілі</b>		
Зил-130	1	0.74

Фермерське господарство «Мірт», у порівнянні з іншими господарствами, знаходиться у кращому стані і не має боргів перед державою. Механізм продажу рослинної продукції є усталеним, також належним чином організовано постачання сільськогосподарських матеріалів і запчастин. Господарство придбало як зарубіжну, так і вітчизняну, більш продуктивну та ефективну техніку, для покращення своїх виробничо-економічних показників. Щодо зберігання техніки, установа має в арсеналі ангари, гаражі та відкриті майданчики для автомобілів, тракторів, комбайнів та сільськогосподарської техніки.

#### **1.4 Обґрунтування мети та завдань дипломного проекту**

Обрана тема дипломного проекту є дуже важливою, оскільки кукурудза є однією з найбільш урожайних злакових культур, яку використовують для харчових та технологічних потреб. Зерно кукурудзи містить значну кількість білка, вуглеводів, олії та мінеральних речовин, і має високу харчову цінність. Крім того, кукурудза широко використовується у виробництві комбікормів, борошна, бісквітів, запіканок, пива та інших продуктів.

Незважаючи на великий потенціал кукурудзи, урожайність залишається низькою через недоліки у технології вирощування, зокрема, затягуванні строків посіву та збирання, а також недостатній кількості добрив. Тому обрання теми дипломного проекту з удосконалення процесу механізації збирання кукурудзи на

зерно є актуальним та доцільним для покращення вирощування цієї важливої культури в Україні.

Метою дослідження є удосконалення механізації збирання кукурудзи на зерно шляхом вдосконалення конструкції кукурудзозбирального комбайна. Об'єктом дослідження є качанно-відокремлюючий апарат кукурудзозбирального комбайну КСКУ-6 АС, а предметом – визначення впливу конструктивних особливостей качанно-відокремлюючого апарату кукурудзозбирального комбайну КСКУ-6 АС на показники процесу збирання кукурудзи на зерно.

Задачі дослідження:

- проаналізувати існуючі технології та високопродуктивні комплекси сільськогосподарської техніки, використовувані для вирощування кукурудзи;
- виконати технологічні та техніко-економічні розрахунки запропонованої конструкції;
- розробити положення з питань безпеки праці;
- провести теоретичні розрахунки елементів збирального агрегату.

## 2 Розрахунково-конструкторська частина

### 2.1 Характеристики культури та технології її вирощування

На промисловому рівні кукурудза в основному вирощується для кормових цілей, але також успішно використовується на багатьох дачних та садових ділянках, де її сорти представлені у різноманітті. Домашнє вирощування кукурудзи істотно змінило цю рослину, позбавивши її здатності до самосіву і росту в природному стані (рис. 2.1) [3].



Рисунок 2.1 – Посіви кукурудзи

Кукурудза (*Zea mays* L.) належить до класу однодольних рослин (Monocotyledoneae), порядку Poales Nakai, сімейства злакових (Poaceae Barnh), роду *Zea* і виду *Z. Mays*. Це єдиний вид роду *Zea* – однорічна однодомна трав'яниста рослина з прямим стеблом. Кукурудза має велику різноманітність

форм за ступенем кущуватості та кількістю листків на головному стеблі. Коренева система кукурудзи є потужною та мочковатою і складається з декількох ярусів. Проростаючи, зерно утворює перший ярус кореневої системи – зародковий корінь, який є основою для розгалужень бічних зародків. Перший вузол частини стебла, розташованої під землею, є основою для другого ярусу кореневої системи – первинних коренів. Формування третього ярусу кореневої системи (постійних коренів) відбувається із інших вузлів підземної частини стебла [8].

Більшість коренів знаходиться на глибині 30–60 см, а деякі проникають на глибину 150–200 см. При низькому вмісті вологи в верхніх ґрунтових шарах на ранній стадії вегетативного процесу відбувається заглиблення коренів, а при перевищенні такого вмісту – розгалуження їх у ґрунті. Слід відмітити, що поверхнева коренева система спричиняє гіршу переносимість вологонестачі при цвітінні рослин у порівнянні з занадто заглибленою. Якісний розвиток коренів рослин потребує належного підживлення мінеральними речовинами з початку вегетативного процесу та оптимальної щільності ґрунту [21].

Стебло кукурудзи має діаметр від 2 до 7 см і є прямим, округлим і гладким. Висота рослин може коливатися від 60 см до 6 метрів. Стебло формується із вузлів, які заповнені серцевиною і розділені потовщеними стебловими вузлами; 3–5 таких вузлів розташовані в ґрунті. Кожен вузол охоплює основу листа. Кількість вузлів і листового покриття є стійкою ознакою відповідного сорту або гібрида та практично не залежить від технології вирощування. Відстань між вузлами є залежною від вологості та елементів живлення, впливаючи в свою чергу на висоту рослин. Висоту рослин також визначають строки сівби і густота проростання рослин. Стебло може розгалужуватися, утворюючи так звані пасинки (рис. 2.2) [28].

Листя кукурудзи є великим, лінійним з опушеною верхньою частиною, його ріст чергується з двох боків стебла. Форма листя у вигляді жолобу та його похиле розташування дозволяють рослинам збирати навіть вологу у вигляді роси, яка стікає по листях і стеблу до коренів. Умови оточуючого середовища

мають значний прямопропорційний вплив на площу листового покриву рослини, яка може коливатися від 0.3 до 1.5 м<sup>2</sup> без зміни сортаменту. Найбільшим за площею листя є в кінці цвітіння. Листя кукурудзи містить більше поживних речовин, ніж стебло [2].



Рисунок 2.2 – Морфологічна будова рослини кукурудзи

### Попередники.

Кукурудза не є вкрай вимогливою до попередників. Вона може бути вирощена як монокультура. Найкращими попередниками для кукурудзи є озимі, зернобобові культури, цукровий і кормовий буряк, гречка та картопля. На Поліссі найкращими попередниками вважаються люпин, багаторічні трави, льон, зернобобові, озимі культури і картопля. На чорноземах безперервне вирощування можливе протягом 6–10 років з щорічним внесенням органічних добрив, на більш бідних ґрунтах цей термін скорочується до діапазону 3-5 років.

В регіонах з достатнім зволоженням (лісостепова та поліська зони) попередники мають менше значення, ніж наявність достатньої кількості підживлюючого матеріалу. У випадку недостатнього зволоження ґрунту не рекомендується у якості попередників використовувати культури, які в наслідках вирощування мають глибоке висушування ґрунту. До таких культур відносяться цукровий буряк, суданська трава та соняшник. Також не рекомендується використання у якості попередника просо, адже ця культура має спільного з кукурудзою шкідника (кукурудзяний метелик), що може негативно впливати на врожайність [30].

#### Технологія обробітку ґрунту.

Технологія вирощування кукурудзи без використання гербіцидів є дуже вибагливою до підготовки ґрунту перед посівом, яка проводиться, враховуючи обраного попередника, структуру та якість ґрунту, його забур'яненість та рельєф. Передпосівна підготовка проводиться для забезпечення вологозбереження в ґрунті, достатнього його розпушення, зниження забур'яненості посівів тощо.

Для регіонів з достатньою кількістю вологи та високим ступенем забур'яненості найефективнішим вважається напірпаровий обробіток. Якщо у якості попередників було обрано ранні культури, то після збирання врожаю проводиться дискування поля на глибину 6–8 см з наступним внесенням мінеральних та органічних добрив та оранкою на глибину 27–30 см з метою забезпечення достатнього розпушування ґрунту. Найбільш ефективними для цього вважаються оборотні плуги [4]. Через 14–21 день має бути проведено поверхневий обробіток, використовуючи культиватор, дискову борону, важкі борони або інші інструменти, для зменшення забур'яненості посівів. Обробки повторюють зі збільшенням забур'яненості.

Якщо у якості попередників було обрано пізні культури, то для дискування мають використовуватись важкі борони з наступним внесенням удобрюючого матеріалу і оранкою ярусними плугами на глибину 27–30 см.

При достатньому зволоженні у липні-серпні замість напівпарового обробітку ґрунту можна провести сівбу гірчиці білої або редьки олійної. В жовтні їхня зелена маса заорюється на 27–30 см. У якості сидеральної культури також може бути використана озима суріпиця з подальшим заорюванням її зеленої маси у березні [6]. Обов'язковим елементом технології вирощування кукурудзи є проведення боронування раною весною з вирівнюванням ґрунту. Виконується цей процес важкими боронами та вирівнювачами під кутом 45° до напрямку оранки.

З метою зниження забур'яненості посівів проводиться перша культивування на глибину 10–12 см. У разі їх повторного проростання знищення відбувається під час проведення передпосівного обробітку комбінованими агрегатами (РВК-3.6, Європак або ЛК-4). В такому випадку сівба має бути виконана не пізніше, ніж через 30 хвилин після передпосівного обробітку [10].

#### Підживлення.

Кукурудза потребує значно більшого обсягу добрив, ніж інші зернові культури (рис. 2.3) [11].

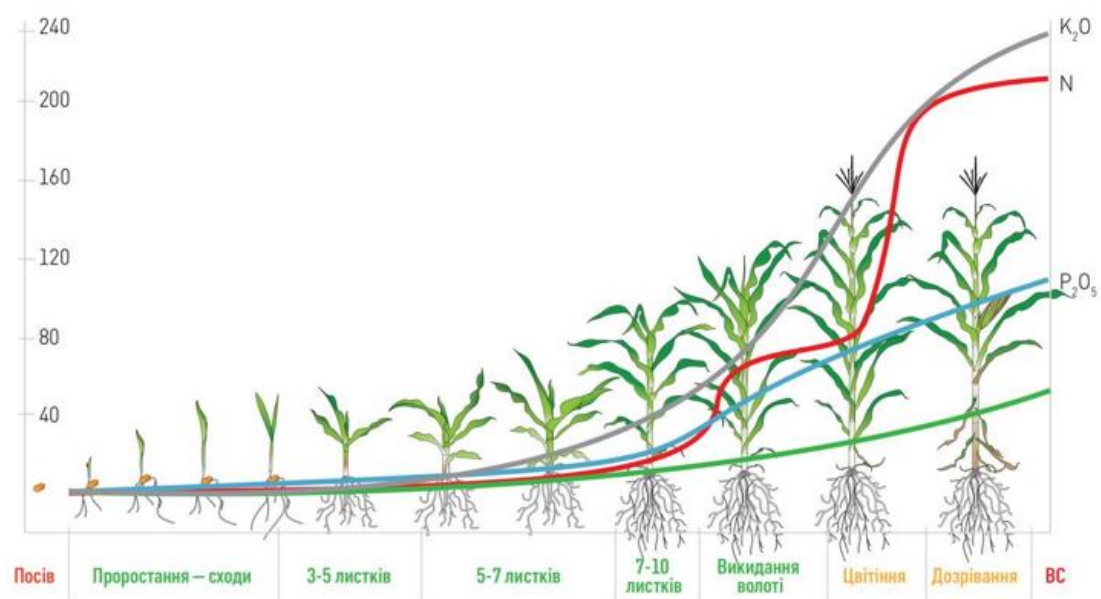


Рисунок 2.3 – Споживання елементів живлення відповідно до фаз розвитку кукурудзи

З органічних добрив часто використовують підстилковий гній, який вноситься під час оранки. Кількість добрив, яку необхідно ввести, є залежною від регіону розташування полів та від їх якісної структури. На Заході орієнтовно ця норма становить 30–40 тон на гектар, на Сході – 40–60 тон на гектар. Рідкий гній повинен бути внесений у кількості до 80–100 тон на гектар [1].

У світовому сільському господарстві, зокрема в Західній Європі, досить поширеним є використання зеленого добрива. У якості сидеральних культур використовують суріпицю, ріпак, білу гірчицю, олійну редьку тощо. Особливо ефективним є використання люпину: воно є ідентичним з внесенням 20–30 тон гною на гектар [19].

Для утворення 1 тони зернового матеріалу при достатній якості листово-стебельної структури рослини необхідно забезпечити підживлення посівів азотом (24–30 кг), фосфором (10–12 кг), калієм (25–30 кг), а також магнієм та кальцієм (по 6–10 кг) [13]. Нестача азоту призводить до зменшення висоти рослин, тьмяніння листя та зменшення його розміру. Найбільш критичною є нестача азоту в період цвітіння і утворення зерна.

Фосфору кукурудза особливо потребує на початку рочту. Його нестача призводить до зміни кольору листків на фіолетово-вишневий, а також сповільнює розвиток фаз цвітіння та дозрівання. Важливо пам'ятати, що дефіцит фосфору на початковій стадії росту не може бути компенсований пізнішим внесенням.

При нестачі калію молоді рослини помітно уповільнюють свій ріст, краї листків починають жовтіти. Верхівки та краї листків можуть навіть висохнути. Крім того, від калію залежить якість сформованих качанів, адже саме калій підвищує стійкість рослин до виникнення і розвитку загнивання стебелів [5].

Тип та структура ґрунту, обраний попередник впливають на розрахунок норми внесення добрив для запланованого врожаю. Наприклад, для Лісостепу така норма становить: N 80–140, P 80–100, K 70–120. Фосфорні та калійні добрива слід вносити восени під час оранки, азотні – під час весняної культивуації (80–90 %), решту можна використовувати у якості підживлюючого матеріалу у

вегетативний період. Зазвичай кукурудзу при інтенсивному вирощуванні не додатково підживлюють [23].

Рослини кукурудзи також потребують наявності у ґрунті достатньої кількості мікроелементів. У вегетативний період ними споживається марганець (800 г/га), цинк (350–400 г/га), бор (70 г/га), мідь (50–60 г/га). Найкращий спосіб їх внесення – це інкрустація насіння [9].

#### Регулятори росту.

Великі можливості для збільшення врожайності та покращення якості зерна кукурудзи криються у застосуванні засобів росторегуляції, які можуть підвищити врожай на 10–20 %. Ці засоби застосовують для обробки насіння перед посівом або обприскують ними рослини під час їх вегетації на стадії розвитку з 8–10 листками. При обранні відповідного способу обробки ефективність такого процесу не змінюється [14].

Обробку насіннєвого матеріалу засобами росторегуляції часто поєднують із захистом від хвороб та підживленням мікроелементами. Посіви обприскують розчином з витратою 250–300 літрів на гектар. На ґрунтах з низьким вмістом мінеральних речовин оптимальна доза регуляторів становить 10 мл/га, а на ділянках з високим агрофоном – до 15 мл/га [26].

Дослідження показують, що застосування засобів росторегуляції сприяє швидшому зростанню рослин, більш якісному їх розвитку, підвищенню стійкості до тривалої нестачі вологи та термостійкості.

#### Сортамент.

У Реєстрі сортів України є зареєстрованими близько 240 гібридів. В районах Лісостепу та Полісся використовується широкий сортамент гібридів ранньої стиглості, які швидко дозрівають, що дозволяє економити кошти на сушінні зерна. Основними видами сортів кукурудзи є наступні:

1. *Цукрова кукурудза* є широко використовуваною у фазі молочно-воскової стиглості. Вона є кулінарним інгредієнтом та основою безлічі гібридів

високої врожайності, використовується у консервній промисловості. Після досягнення стиглості зерно акумулює досить високу кількість цукрів, є зморшкуватим, склоподібної форми. Популярним сортом такої кукурудзи є Спїріт – гібрид цукрової кукурудзи, який має зерна яскраво-жовтого кольору, а качани довжиною до 500 мм. Смак ніжно-солодкий завдяки високому вмісту цукру в зернах, а м'якоть досить соковита. Рослина досягає висоти 2 м. При вирощуванні цього сорту розсадою та пересадку у відкритий ґрунт у кінці травня, кукурудза обіцяє високоякісний врожай уже через 2 місяці [7].

2. *Зубовидна кукурудза* відрізняється великими качанами, міцними стеблами та високим урожаєм, і має високу якість силосної маси. У США це основний тип кукурудзи, який використовується в тваринництві для корму. Зерна зубовидної кукурудзи мають форму, схожу на зуб, з глибоким заглибленням у верхівці, яке утворюється під час дозрівання. Рослини зазвичай не утворюють кущі, а зерно містить до 75 % крохмалю і використовується для виробництва спирту, борошна і крупи. Два яскраві представники зубовидних сортів кукурудзи – Одеська 10 (пізньостиглий сорт, який дає значний врожай листово-стебельної маси та невеликий врожай зерна, часто вирощується для отримання силосу) та Стерлінг (середньопізній сорт з високим урожаєм, який адаптований майже до всіх зон культивування кукурудзи) [15].

3. *Кремениста кукурудза* відрізняється потужним гладким зерном (без виїмок, зверху округлим), яке може бути білого або жовтого кольору, і майже повністю складається з крохмалю. Цей тип є основою для виробництва кукурудзяних паличок і пластівців та одним з найпоширеніших видів кукурудзи на планеті. Гібридизація цього підвиду з зубовидною кукурудзою призвела до появи пнапівзубовидної кукурудзи [17].

4. *Попкорнові сорти* характеризуються гладкими, блискучими зернами, які вибухають при нагріванні. Рослини цих сортів мають густу кущистість, формують велику кількість качанів і мають багато листків. Найкращими сортами кукурудзи для попкорну є Вулкан, Ерлікон і Дніпровська [27].

5. *Воскова кукурудза* характеризується гладкою і матовою шкіркою, що у розрізі нагадує віск. Цей вид має обмежене сортове розмаїття, проте є широко розповсюдженим у КНР.

6. *Крохмалева кукурудза* є однією з найдавніших. Вона активно вирощується в Америці. Кукурудза цього виду характеризується пізнім досяганням, середньою висотою рослин, гарною кущистістю та округлими гладкими зернами з матовою шкіркою, які містять до 80 % крохмалю.

7. *Плівчаста кукурудза* не є широко використовуваною в промисловості через складність обробки: кожне зерно і початок покриті індивідуальними обгортками.

8. *Острозерна (носата) кукурудза* має невисоку цінність і малу поширеність [18].

#### Строки висівання.

За оптимальних умов сходи з'являються за 7–8 днів, але за холодної погоди кукурудза може вирости протягом 20 днів. Інкрустоване насіння може перебувати в ґрунті протягом місяця і лише після цього проростати. Сіють кукурудзу, коли температура ґрунту на глибині 10 см досягає 10–12 °С. Холодостійкі гібриди можуть висіватися, коли ця температура становить 8–10 °С протягом 3 днів. У Західному Лісостепі і Поліссі кукурудзу зазвичай сіють 1–15 травня. Інкрустоване насіння можна висівати на 6–10 днів раніше. Гібриди, які відносяться до ранньостиглих, відрізняються високою стійкістю до холоду. При умові раннього потепління вони можуть висіватися 10–20 квітня, а за умов холодного весняного періоду – з 20 по 25 квітня [29].

#### Норми висівання.

Для більшості сортів рекомендованою нормою висіву є діапазон від 25 до 80 тисяч рослин на 1 гектар (від 15 до 25 кілограмів на гектар). У випадку використання сортів ранньої стиглості та гібридів цей показник може перевищувати 85–90 тисяч рослин на гектар.

Обов'язково в норму посіву мають враховуватися страхувальні частки насіннєвого матеріалу (30–40 % для умов Лісостепу і Полісся) [12].

Рівномірне розміщення рослин в рядку має велике значення, адже нерівномірність висіву чинить негативний вплив на формування зерна в качанах. Для дотримання цієї вимоги рекомендованою є сівба зі швидкістю 4–6 кілометрів на годину. На 1 погонний метр при ширині міжрядь 70 сантиметрів рекомендується висівати від 5.6 до 7 насінин, що забезпечить густоту від 80 тисяч до 100 тисяч рослин на гектар.

#### Догляд за посівами.

Одразу після сівби поля потрібно закоткувати, щоб поліпшити контакт насіння з ґрунтом, збільшити однорідність вирощування кукурудзи та забезпечити рівномірне проростання насіння бур'янів. Після висівання насіння через 5–6 днів проводять боронування. Для боротьби з бур'янами використовують легкі (ЗБП-0,6) або середні (БЗСС-1) борони поперек рядків.

За допомогою 2–3 передзбиральних обробок можна знищити 70–80 % забур'яненості. Після проростання кукурудзи на стадії 2–3 та 4–5 листків проводять післясходове боронування зі швидкістю руху агрегату 4.5–5.5 км/год. Інтенсивне боронування (триразове) на незабур'янених ділянках дозволяє уникнути застосування гербіцидів.

Міжрядні обробки здійснюють за допомогою культиваторів КРН-4.2 та КРН-5.6. Перше міжрядне розпушування проводять з лапами-бритвами і стрільчастою лапою на глибину 4–5 см. Наступні міжрядні розпушування (на 6–8 см) допомогою лап-підгортальників зі швидкістю руху агрегату не менше 8–9 км/год з метою видалення забур'яненості у рядках.

При досягненні висоти рослин 30–40 см може бути при необхідності внесено азот. На ділянках з високим рівнем забур'яненості рекомендовано застосування гербіцидів [22].

### Боротьба з хворобами.

У порівнянні з іншими культурами, кукурудза менше схильна до заражень хворобами. Однак ці захворювання можуть значно пошкодити посіви. До таких захворювань відносяться процеси загнивання кореневої системи і стебла, нігроспороз, гельмінтоспоріоз, сажка, а також вірусні захворювання. Боротьба з такими захворюваннями здійснюється шляхом застосування наступних агротехнічних прийомів: коректний вибір попередника, правильний термін сівби, дотримання норм добрив та своєчасне збирання урожаю. Хімічні препарати для боротьби з хворобами застосовуються разом з мікроелементами та плівкоутворюючими речовинами при протруюванні насінневого матеріалу.

Кукурудза також може стати жертвою багатьох шкідників: кукурудзяного стеблового метелика, дротяника, чорниці, західного кукурудзяного жука та шведської мухи [16].

### Технології збирання.

Збирання кукурудзи на зерно розпочинають у кінці періоду воскової стиглості, а на насіння – одразу після настання повної стиглості. Відомим є наступні основні методи збирання врожаю: відокремлення качанів і наступне подрібнення листя або одночасний з подрібненням листової маси обмолот качанів.

Перший метод включає наступні операції: відокремлення качанів, відрізання стебел, подрібнення та збирання листя, очищення качанів. Після цього проводять сушіння качанів та їх обмол. Для цього використовують спеціальні стаціонарні механізовані пункти з повним комплектом обладнання або окремі машини для очищення та обмолоту качанів.

Для збирання стиглої кукурудзи на продовольчо-фуражне зерно використовують другий спосіб. Його суть полягає в обмолоті качанів, відокремленні та очищенні зерна кукурудзи, а також подрібненні та збиранні стебел. При цьому методі виконують такі кроки: відривання качанів, зрізання стебел, подрібнення та збирання листово-стеблової маси, обмолот качанів,

відділення та очищення зерна. Зерно кукурудзи після цього очищають та сушать на зерноочисно-сушильних комплексах, таких як КЗС-25, КЗС-50 тощо.

Існують і інші технології збирання. Наприклад, кукурудзу збирають з метою отримання зерно-стеблової маси. Під час цього процесу вологості качани кукурудзи подрібнюють і збирають, а також зрізують, подрібнюють та збирають листово-стеблову масу. Збирання кукурудзи на силос може проводитись із виокремленням неочищених качанів або зі зрізанням та дробленням листово-стеблової маси.

Також існує технологія збирання кукурудзи, що споживає менше енергії. За цією методикою качани або вологе зерно вивозять з поля, подрібнюють та консервують під плівкою у траншеях.

Збирання кукурудзи на зерно проводиться кукурудзозбиральними та зернозбиральними комбайнами, які оснащені жатками. Зазвичай комбайни можуть збирати 2...6 рядків одночасно. Процедура очищування качанів виконується спеціальними очищувачами качанів, а обмолот висушених качанів – молотарками. Післязбиральна обробка качанів проводиться спеціальними стаціонарними механізованими пунктами, які мають у своєму складі очисники качанів та молотарки. Пропоновані зарубіжними виробниками кукурудзозбиральні машини, переважно, є пристроями, які призначені для монтування на зернозбиральних комбайнах. Ці пристрої, як правило, мають 6, 8 або 12 рядів для збирання.

Склад машино-тракторного парку для вирощування кукурудзи на зерно зведено у таблицю 2.1.

**Таблиця 2.1 – Склад машино-тракторного парку для вирощування кукурудзи на зерно**

<b>Назва машини</b>	<b>Марка машини</b>	<b>Кількість, шт</b>
Трактори	Т-150 К	1
	ЮМЗ-6Л	1

	МТЗ-80	1
	ХТЗ -170	1
Зернозбиральний комбайн	КСКУ-6	2
Автомобіль	ГАЗ-53А	1
Сівалка	СУПН-8	1
Культиватор	КПСП-4	1
Плуг	ПНЯ-4-42	1
Луцильник	ЛДГ-15	1
Машини для захисту рослин і внесення добрив	ОПШ-2000-2-01	1
	МРУ-100	1
Навантажувач	ПФ-0.5	1
Транспортування води	ВР-3М	1

Планування механізованих робіт з виробництва сільськогосподарської продукції відбувається на основі технологічної карти вирощування і збирання. Такі карти містять послідовний перелік робіт, вимоги до агротехніки, нормативи та терміни виконання робіт, комплектацію машин, стандартні норми витрат ремонту техніки. Технологічні карти є основними документами при розробці завдань для виробничих бригад та механізованих ланок, а також при складанні виробничо-фінансових планів підприємств.

Технологічна карта на вирощування кукурудзи на зерно для умов фермерського господарства «Мірт» наведено у додатках.

## **2.2 Розрахунок взаємодії робочих органів качанно-відокремлюючих апаратів з качанами кукурудзи**

Одним із показників ефективності збирання кукурудзи є ступінь очищення качанів від листя. Цей показник повинен перевищувати 95 %. Основою цього

процесу є качанно-очищувальні пристрої, що містять у своєму складі два вальці, які здійснюють зустрічний обертальний рух, при цьому один із вальців виготовлений з гуми. Листя затягуються між вальцями, де відділяються під дією тертя в зазорі між ними [24].

Проте, якщо б качанно-відокремлюючий пристрій був оснащений засобом, який створює тертя, він міг би безпосередньо очищати качани від обгортки, тим самим усунувши необхідність у початковому очищувачі.

Припустимо, що на вході до робочого зазору, де рекомендується проходити стеблам, розміщено пару обертових дисків, що рухаються в напрямку подачі стебла. Вальці перетягують стебла з качанами між дисками. Обертові диски створюють тертя, яке впливає на обгортку при її проходженні між дисками (рис. 2.4).

Точка контакту твірної качана піддається дії двох сил тертя, які є однаковими за модулем:

$$f_{\text{тр}} = fN, \quad (2.1)$$

де  $F_{\text{тр}}$  – сила тертя;

$f$  – коефіцієнт тертя обгортки по диску;

$N$  – сила притискання дисків до качана.

Сили тертя діють у двох напрямках: вертикально вгору, що обумовлене рухом качана вниз під дією протягуючих вальців; та у бік, протилежний обертанню диска. Сума цих сил утворює результуючу силу тертя  $F_{\text{тр.р.}}$ , спрямовану проти обертання диска. Це може спричинити додаткове «зчісування» обгорткових листків.

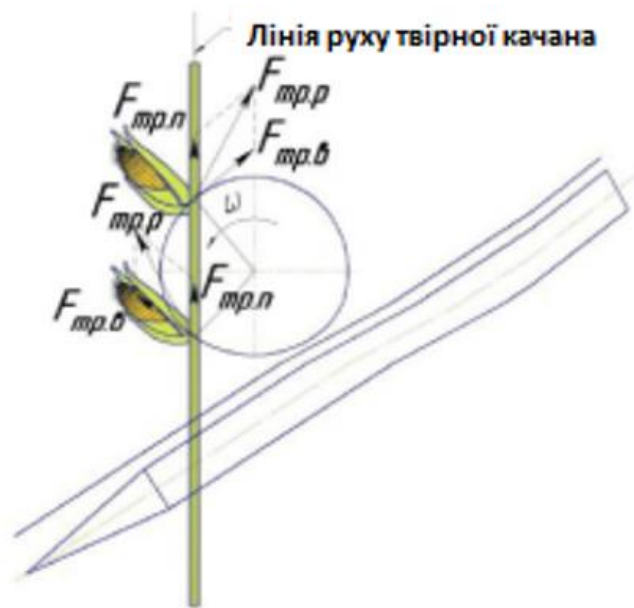


Рисунок 2.4 – Дія сил тертя на качан кукурудзи:  $F_{тр.л}$  – сила тертя при поступальному русі качана вниз;  $F_{тр.в}$  – сила терті від обертального руху диска;  $F_{тр.р}$  – результуюча сили тертя.

Качанно-відокремлюючий апарат включає: протягуючі вальці 1, качанно-відокремлюючі пластини 2 та викидні ланцюги 3 (рис. 2.5, 2.6).

Ця гіпотеза була перевірена експериментально. Для цього було розроблено пристрій початкового відокремлення, що складається з протягуючих валків, пластин відокремлення качанів та відкидних ланцюгів, оснащений парою дисків із відстанню між ними, рівною середньому діаметру качана. Диски розташовані у зоні проходу стебел і обертаються в напрямку руху стебел. Зовнішні кромки дисків можуть бути згорнуті ззовні, а внутрішні стінки виконані конічними.

Пристрій обладнаний парою дисків 4, які примусово обертаються у напрямку руху стебел, з відстанню між ними, яка дорівнює середньому діаметру качана, встановлених у зоні проходу стебел. Ці диски розміщені на валу 5, який приводиться в обертання від ланцюгового приводу 6. Щоб уникнути забивання простору між дисками, один з них обмежений пружиною 7. Диски можуть бути виготовлені таким чином, щоб їх зовнішні кромки були відігнуті ззовні, а внутрішні стінки 9 виконані конічними. Примусове обертання у напрямку руху сприяє руху початка до початкової відокремлюючої пластини з гальмуванням.

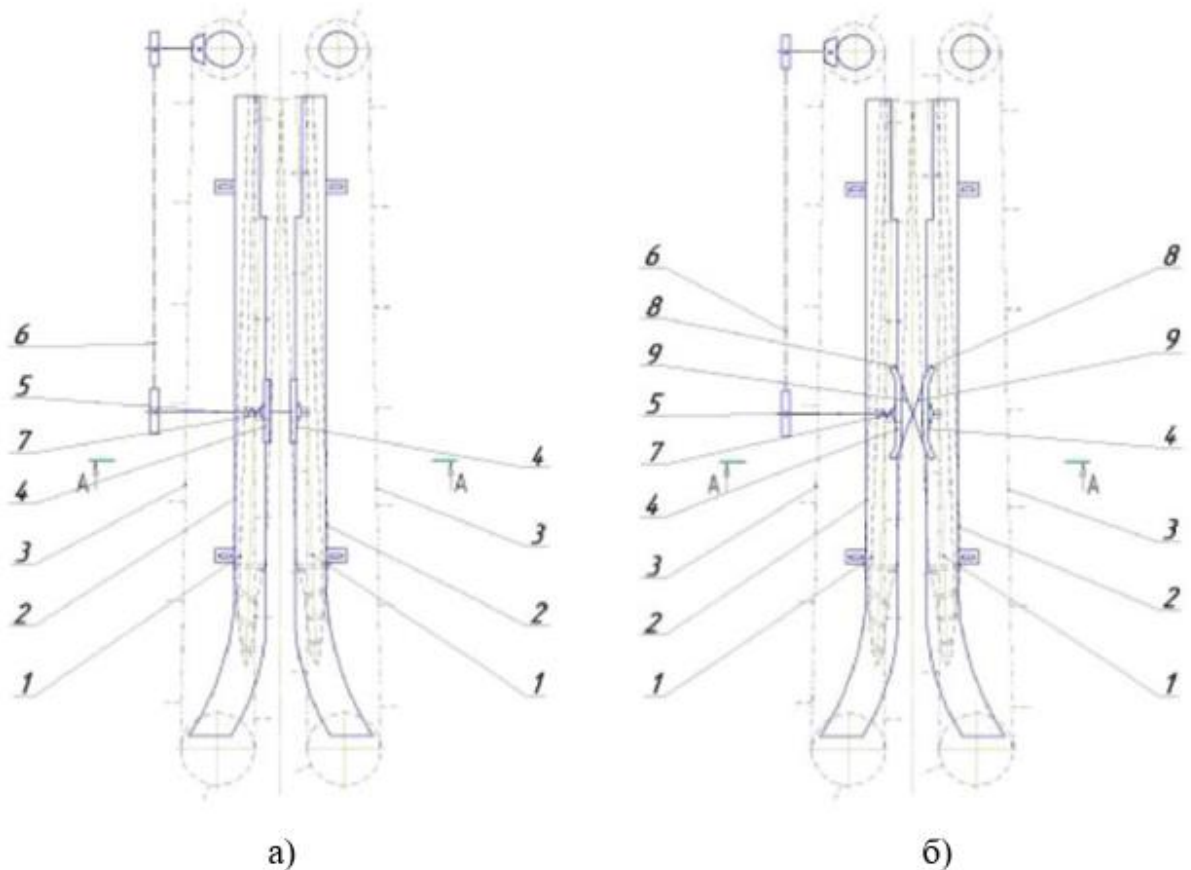


Рисунок 2.5 – Качанно-відокремлюючий апарат з різними варіаціями дисків (горизонтальна проекція): 1 – протягуючі вальці; 2 – качанно-відокремлюючі пластини; 3 – викидні ланцюги; 4 – диски; 5 – вал; 6 – ланцюгова передача; 7 – пружина; 8 – зовнішні кромки дисків; 9 – внутрішні стінки дисків:

а) з зігнутими зовнішніми кромками;

б) з незігнутими зовнішніми кромками

Вигин зовнішніх кромок дисків назовні сприяє кращому просуванню качанів в щілину між дисками, а виготовлення внутрішніх стінок конічними – кращій фіксації качана різного діаметру (рис. 2.6).

Головним робочим органом кукурудзозбиральної жатки є качанно-відокремлюючий апарат. Сучасні кукурудзозбиральні машини широко використовують стріперні апарати, в яких відділення качанів відбувається на нерухомих стріперних пластинах (рис. 2.7).

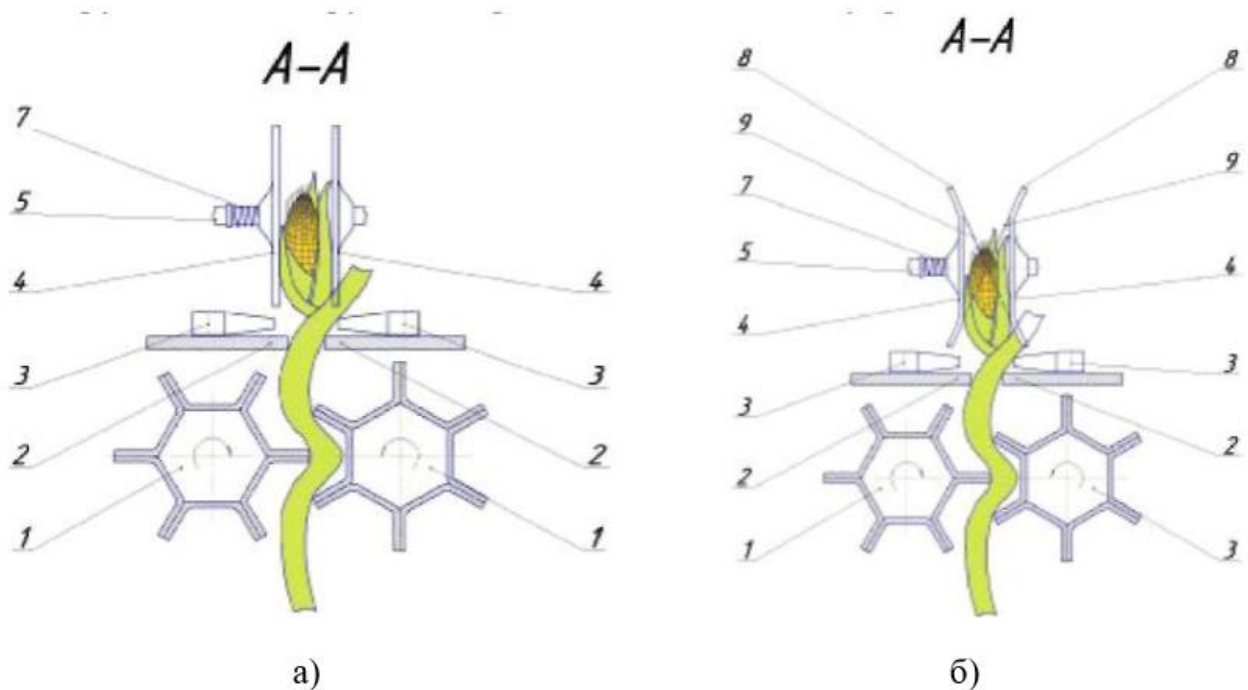


Рисунок 2.6 – Відповідні фронтальні проекції в розрізі А-А

Переміщення стебла через качанно-відокремлюючий апарат включає дві фази. Під час першої фази стебло вільно рухається через конічний зазор між протягуючими вальцями. Цей рух триває до тих пір, поки зазор між горизонтальними пластинами  $Z$  є більшим за діаметр стебла  $d_{cm}$  (рис. 2.7). Якщо умова  $d_{cm}^3 = Z$  виконана, стебло зупиняється, а рух машини продовжується.

У другій фазі переміщення стебла відбувається наступним чином: за дії лапок ланцюгів частина стебла, яка знаходиться вище нерухої частини, нахиляється в протилежному напрямку від руху стебла і потрапляє у верхню частину вальців, де її захоплюють вальці. Після захоплення стебла вальцями і досягнення відповідної умови, стебло розтягується вниз, одночасно стискаючись і вигинаючись.

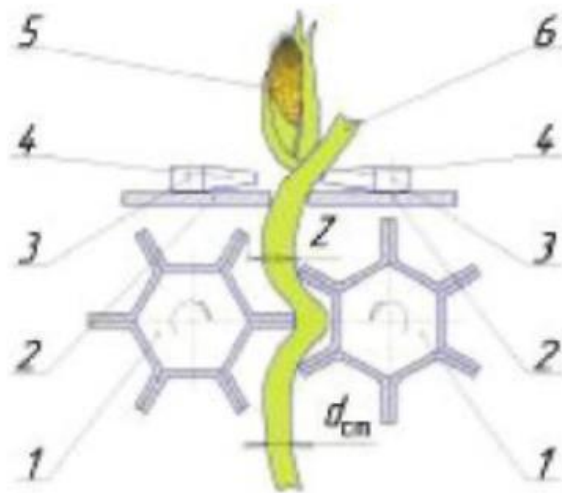


Рисунок 2.7 – Стриперний качанно-відокремлюючий апарат (горизонтальна проекція в розрізі): 1 – протягуючі вальці; 2 – качанно-відокремлюючі пластини; 3 – ланцюг; 4 – качан; 5 – стебло рослини

Таким чином, стебло з качаном одночасно здійснює два рухи: поступальний ( $V_n$ ) і рух вниз під дією протягуючих вальців ( $V_{np}$ ). Сумарна швидкість качана при зустрічі з качанно-відокремлюючими пластинами дорівнює векторній сумі цих швидкостей.

Зовнішню силу, що виникає при ударі качана об пластини, можна визначити на основі ударного імпульсу, якщо вважати заданим час удару:

$$J = F \cdot t, \quad (2.2)$$

де  $J$  – імпульс від удару, Нс;

$F$  – сила удару, Н;

$t$  – час удару, с.

Швидкість  $V_{np}$  можна визначити за допустимим ударним імпульсом, при якому починається руйнування качана (згідно з раніше проведеним дослідженням  $J_{дон} = 1.33 \text{ Н}\cdot\text{с}$ ):

$$V_{np} = \frac{J_{дон}}{m_{п}}, \quad (2.3)$$

де  $m_{п} = 0.3 \text{ кг}$  – вага кукурудзяного початку. Тоді:

$$V_{\text{пр}} = \frac{1.33}{0.3} = 4.43 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

З урахуванням того, що швидкість роботи комбайна може бути збільшена до 12 км/год, встановлюємо  $V_n = 4,66$  м/с.

За теоремою косинусів може бути визначено сумарний результуючий вектор при взаємодії кукурудзяного початку з робочим органом (пластиною) (рис. 2.8):

$$V_p = \sqrt{V_{\text{пр}}^2 + V_n^2 - 2V_{\text{пр}}V_n \cos \alpha} = 8 \frac{\text{м}}{\text{с}}, \quad (2.4)$$

де  $\alpha = 123^\circ$ .

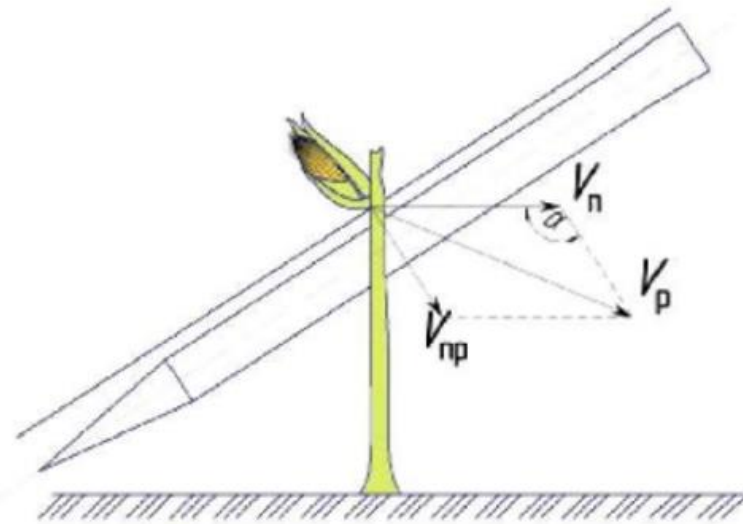


Рисунок 2.8 – Схема до визначення швидкостей качана

Отже, результуючий імпульс взаємодії становить:

$$J_{\text{сум}} = V_p m_n = 8 \cdot 0.3 = 2.4 \text{ Нс}. \quad (2.5)$$

Обираючи ряд значень часу удару, визначимо значення сили удару в точці контакту (табл. 2.2, рис. 2.9).

Таблиця 2.2 – Залежність сили удару качана від часу удару

Час удару $t$ , с	Сила удару $F$ , Н	Зусилля в точці контакту, Н
0.001	2400	1200
0.002	1200	600
0.003	800	400
0.004	600	300
0.005	480	240



Рисунок 2.9 – Точки контакту качана з робочими органами

У сучасних конструкціях відділення кукурудзяного початку відбувається за допомогою удару по ньому і розтягування плодоніжки. Будь-який механічний вплив призводить до деформації качана. Під час його деформації виникають сили, які руйнують зв'язок зерна з плодоніжкою. Відомі деякі ознаки руйнування качана. Зовнішня сила, що діє на зерно ( $P_{вн}$ ), викликає подібну дію на зерно внутрішньої сили ( $P_з$ ), яка викидає його із качана (рис. 2.10) [20].

Розглянемо поперечний зріз качана (рис. 2.10) і, розглядаючи кожне зерно як клин, розкладемо діючу силу на дві складові, які перпендикулярні граням клина –  $P_{вн}$  та  $P_з$ . Виштовхуюча сила  $P_з$ , що діє на сусіднє клиновидне зерно виштовхує його з качана, і дорівнює силі  $P_{вн}$ , яка діє на вдавлюючий клин, отже,  $P_{вн}=P_з$ . Перенесемо вектор сили  $P_з$  по лінії його дії до точки перетину з центральною віссю сусіднього клина і розкладемо його на дві складові:

перпендикулярно краю сусіднього клина та вздовж його центральної осі (рис. 2.11).

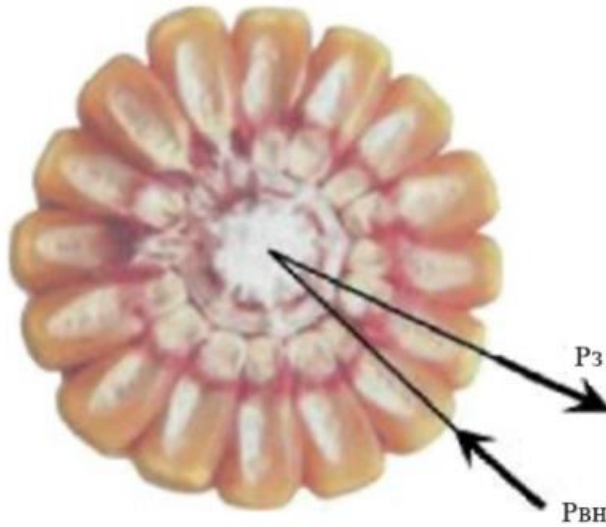


Рисунок 2.10 – Точки контакту качана з робочими органами

Трикутники  $ABC$  і  $CDE$  рівні за умовою рівності сторін ( $AC=CD$ ) і прилеглих кутів ( $\alpha_k = 90^\circ - \frac{\alpha_k}{2}$ ). Сила  $P_з$ , діюча на бічну грань клина, може бути визначена з трикутника  $ABC$ :

$$P_з^2 = P_{вн}^2 + P_з^2 - 2P_зP_{вн} \cos\left(90^\circ - \frac{\alpha_k}{2}\right), \quad (2.6)$$

де  $\alpha_k$  – кут клину зерна.

Кут конічної частини зернини може бути визначений за їх кількістю  $n$ , розташованих на перерізі качана. Зазвичай це парне число:

$$\alpha_k = \frac{360^\circ}{n}. \quad (2.7)$$

Розв'язанням (2.6) відносно  $P_з$  отримуємо:

$$P_з = \frac{P_{вн}}{2 \sin \frac{\alpha_k}{2}}. \quad (2.8)$$

Сила тертя, виникаюча на конічній частині зернини, визначається:

$$F_{тр} = P_з f = \frac{P_{вн} f}{2 \sin \frac{\alpha_k}{2}}. \quad (2.9)$$

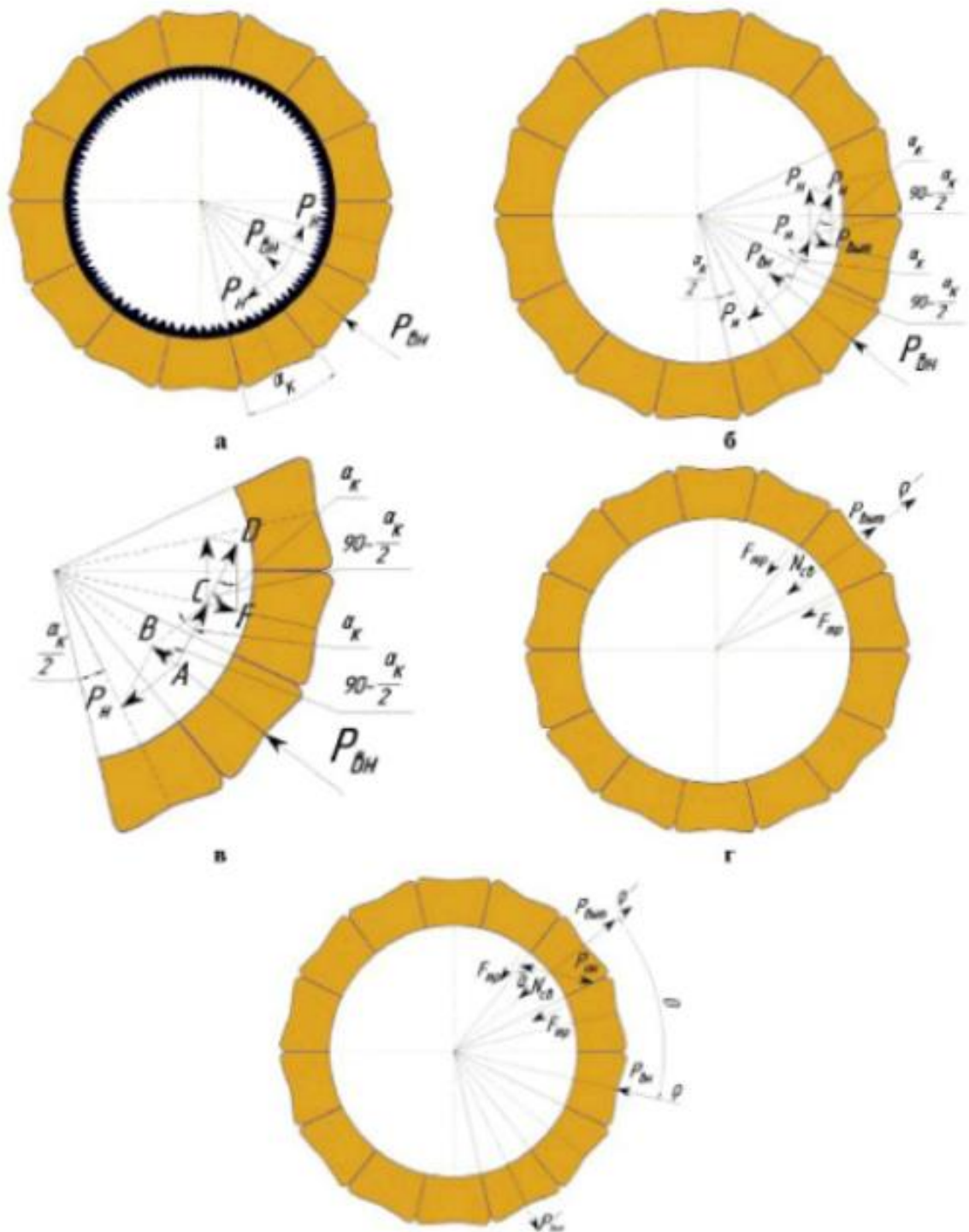


Рисунок 2.11 – До визначення зусилля, необхідного для відділення качана

Зерна виштовхуються з качана сусідніми зернами, отже, необхідною умовою є наступна:

$$\alpha_k n > 2\varphi. \quad (2.10)$$

Рівність (2.10) справджується вже кількості зерен, рівній двом.

Перейдемо до розгляду умови рівноваги сил, які діють на зернину при статичному навантаженні в проекції на вісь  $r'$ , яка збігається з поздовжньою віссю клину – його можливим напрямком руху:

$$\sum F_{r'} = P_3 - F_{\text{тр}} \cos \frac{\alpha_{\text{к}}}{2} - F_{\text{тр}} \cos \frac{\alpha_{\text{к}}}{2} - N_{\text{зв}}, \quad (2.11)$$

де  $N_{\text{зв}}$  – міцність зв'язку зерна з качаном, Н.

Умова розриву зв'язку зерна з качаном у цьому випадку виглядає наступним чином:

$$P_3 > 2F_{\text{тр}} \cos \frac{\alpha_{\text{к}}}{2} + N_{\text{зв}}. \quad (2.12)$$

З урахуванням  $P_{\text{вн}}=P_3$ ,  $f=\text{tg}\varphi$  та (2.9) сила, необхідна для розриву зв'язку зерна з качаном, становить:

$$P_{\text{вн}} > \frac{N_{\text{зв}}}{1 - \text{tg}\varphi \cdot \text{ctg} \frac{\alpha_{\text{к}}}{2}}. \quad (2.13)$$

Для врахування умови врівноважування сил у випадку динамічної їх дії, потрібно додати силу інерції, яка виникає під час удару початку кукурудзи. Зернини початку кукурудзи можуть бути розглянуті у якості суцільного тіла. В такому випадку набуті ними прискорення матимуть однакове значення, а їх вектори будуть паралельними до вектора прискорення, яке виникає в точці контакту. Стан зерна можна охарактеризувати кутовою координатою відліку від осі  $r'$ :

$$\sum F_{r'} = P_3 - 2F_{\text{тр}} \cos \frac{\alpha_{\text{к}}}{2} - N_{\text{зв}} + P_{\text{ін}} \cos \theta. \quad (2.14)$$

Умовою відділення зерна є:

$$P_{\text{вн}} + P_{\text{ін}} \cos \theta \geq \frac{P_{\text{вн}} \cdot f \cdot \cos \frac{\alpha_{\text{к}}}{2}}{\sin \frac{\alpha_{\text{к}}}{2}} + N_{\text{зв}}. \quad (2.15)$$

Із (2.15) маємо:

$$P_{\text{ін}} = \frac{m_3 \cdot (V - v)}{t}, \quad (2.16)$$

де  $m_3$  – маса зерна, кг;

$V$  – швидкість качана до удару, м/с;

$v$  – швидкість качана після удару, м/с.

Тоді:

$$P_{\text{вн}} \geq \frac{N_{\text{зв}} - m_{\text{з}} \cdot \frac{(V - v)}{t}}{1 - \text{tg}\varphi \cdot \text{ctg}\frac{\alpha_{\text{к}}}{2}}. \quad (2.17)$$

Вираз (2.17) може бути застосований при виділенні зерна у вигляді клинів. У цьому випадку кути  $\varphi$  та  $\frac{\alpha_{\text{к}}}{2}$  слід розглядати з точки зору кутів клина, а  $N_{\text{зв}}$  – як векторну суму сил зв'язку зерен клина з качаном. Відділення клинів буде відбуватися в площинах, паралельних діючій силі.

## 3 Теоретичне обґрунтування пропонованої конструкції

### 3.1 Опис досліджуваного агрегату

Самохідний комбайн КСКУ-6 АС для збирання кукурудзи є універсальною та високопродуктивною машиною. Він може збирати кукурудзу на зерно при ширині міжрядь 70 см у вигляді качанів або з їх обмолотом, одночасно подрібнюючи листову масу (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Комбайн кукурудзозбиральний самохідний КСКУ-6 АС

Призначений для збирання продовольчої, фуражної та насінневої кукурудзи, цей комбайн виконує збирання врожаю, процес очищування качанів від листя, відокремлення та подрібнення листя за один прохід. Він забезпечує збирання качанів у стадії молочно-воскової стиглості без очищення. Цей комбайн може використовуватися у всіх зонах виробництва кукурудзи. Крім того, він обладнаний системою сигналізації, що дозволяє комбайнеру з контрольної кабіни вести моніторинг технологічного процесу (табл. 3.1).

**Таблиця 3.1 – Технічні характеристики кукурудзозбирального самохідного комбайну КСКУ-6 АС**

Потужність двигуна, к.с.	208
Продуктивність при збиранні з очищенням качанів, т/год	12–14
Продуктивність при збиранні на силос з одночасним подрібненням, т/год	40
Робоча швидкість, км/год	3–9
Ширина захвату, м	4.20
Ширина міжрядь, см	70
Кількість рядків, шт	6
Габаритні розміри, мм	11900x5815x4230
Маса, кг	12960

Комбайном проводиться наступний перелік операцій:

- збирання качанів з одночасним очищенням їх від листя, подрібненням та збиранням листово-стебельної маси;
- збирання кукурудзи на силос без очищення качанів, але з їх виокремленням з метою силосування, з одночасним збиранням та подрібненням листово-стебельної маси.

Комбайн КСКУ-6 (мал. 3.2) складається з шасі, оснащеного дизельним двигуном та жаткою з шістьма руслами. На шасі агрегатовано очищувачі качанів, конвеєрні стрічки, пристрій для подрібнювання та автоматичну зчіпку для приєднання причепа. Основними робочими органами є подавальні ланцюги, качановідривні пластини, стеблопротягувальні вальці, різальний апарат, подрібнювальний барабан, стебловловлювальні вальці, вентилятор, притискний та розподільний бітери, притискний барабан та качаноочисний пристрій. Вони ідентичні до робочих органів комбайна ККП-3 «Херсонець-9». Подрібнювальний пристрій є двосекційним. Органами керування комбайном є гідропривід ходових коліс, управління рульовим кермом, керування процесами підйому-опускання конвеєрних стрічок, жатки та лебідкою причепа. Основна

відмінність полягає у тому, що на КСКУ-6 передбачається агрегування замість очищення качанів молотарки. Це дозволяє проводити операцію збирання врожаю з одночасним обмолотом качанів. Є відмінності і у живильному апараті: він складається з чотирьох бітерів, натомість шнек обгортки качанів відсутній. Комбайн має вбудовану систему автоматичного водіння рядками без участі оператора та систему сигналізації.

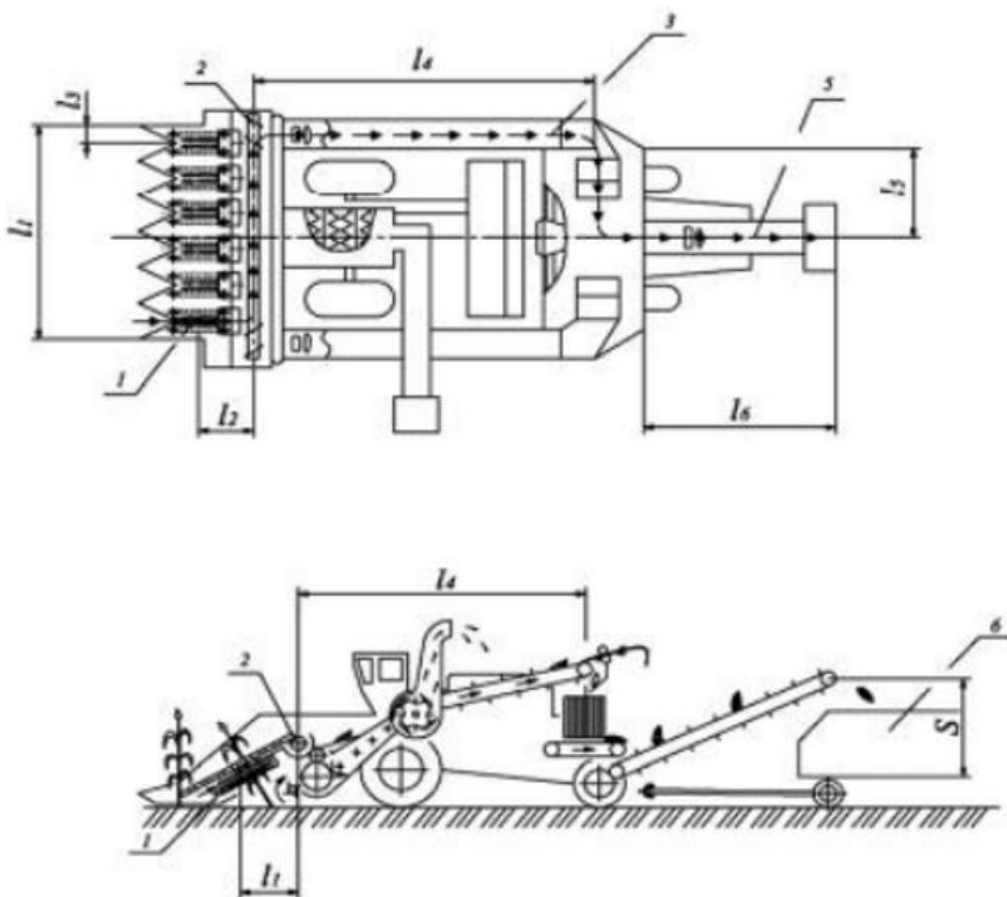


Рисунок 3.2 – Принципова схема комбайна КСКУ-6: 1 – качанно-відокремлюючий апарат; 2 – шнек качанів; 3 – транспортер качанів; 4 – качаноочисний пристрій; 5 – вивантажувальний пристрій; 6 – візок

Під час модифікації комбайна з метою збирання врожаю без проведення очищення качанів необхідним є від'єднання розподільних камер бічних резервуарів, вентиляторів, механізмів їх приводу. Тяга, підвіска та опора прижимних барабанів, а також паси приводу проміжного валу очищувача качанів мають також бути від'єднані. Натомість мають бути встановлені скатні дошки.

Молотарка містить два молотильних барабани з деками, решета і скатну дошки, а також вентилятор, шнек для качанів і вивантажувальні конвеєри.

Система автомауправління комбайном містить два копіювальні пристрої, які розміщуються на рушійній рамі між 3 і 5 мисами. На копіювальних пристроях розташовані індукційні датчики кута повороту, індукційний зворотній датчик, електронний блок, а також два електрогідорозподільники: для задання напрямку руху машини та для вимикання ручного керування під час автоматичного водіння. Копіювальні пристрої через копії з'єднуються тросом з датчиком кута повороту.

Системою сигналізації контролюється зупинка або некоректна робота критичних систем комбайна. В такому випадку відбувається спрацьовування світлових та звукових сигналів в кабіні.

Під час виконання процедури збирання кукурудзи комбайном КСКУ-6 листово-стебельний матеріал залишається на поверхні поля. Шнеки спрямовують кукурудзяні початки по горизонтальному конвеєру до молотильного апарату для їх очищення. Качани конвеєрними стрічками спрямовуються у причіп. Зерновий матеріал після очищення від домішок на коливальних решетах спрямовується туди ж [25].

Качанно-відокремлюючий апарат (рис. 3.3) містить два стеблопротягувальні вальці 8, розташовані під кутом  $33^\circ$  до горизонту, дві відривні пластини 6, розташовані над вальцями, два контури подавальних ланцюгів 9, раму 11 та роздаточну коробки 4.

На кожному вальці закріплені чистики 7. Діаметр конічних реберчатих вальців для протягування зерна становить 95 мм. Опорою передньої частини вальця є парні підшипники, вбудовані в рухомому передню опору. Задня його частина з'єднана з валом-шестернею роздавальної коробки. Вальці обертаються в зустрічному напрямку із частотою 932 обертів на хвилину. Передня крайка відривних металевих пластин 6 є плавно зігнутою, а до їх задніх пластин кріпляться додаткові планки для під'єднання до рами комбайну. Важіль 10 дає змогу регулювати відстань між пластинами.

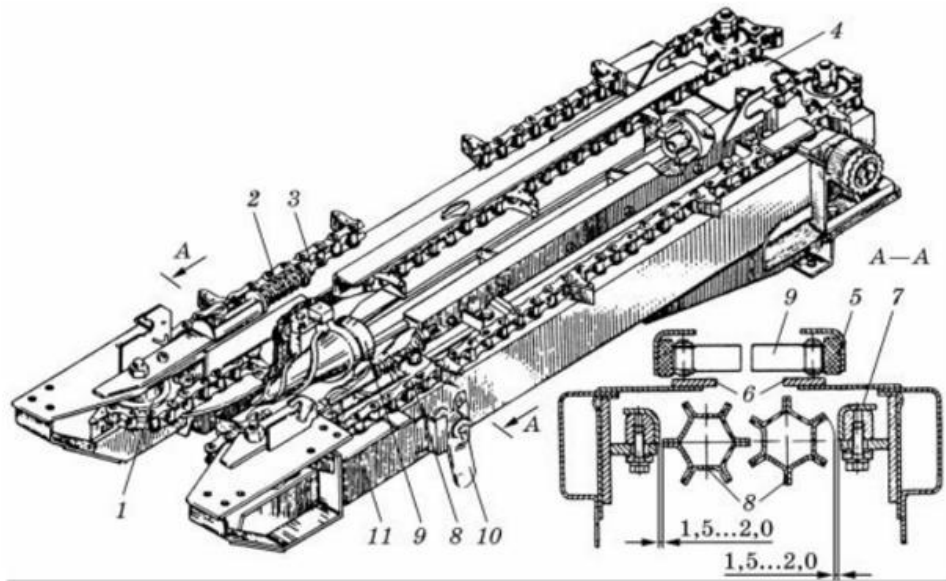


Рисунок 3.3 – Качанно-відокремлюючий апарат: 1 – натяжна зірочка; 2 – пружина; 3 – натяжний пристрій; 4 – роздавальна коробка; 5 – полозок; 6 – відривні пластини; 7 – чистик; 8 – вальці; 9 – подавальний ланцюг; 10 – важіль для регулювання зазору між вальцями; 11 – рама

Подавальний ланцюг 9 є закритим втулково-роликівим ланцюговим контуром з лапками. Рухомі опори є основою кріплення ведучих зірочок роздавальної коробки 4 та ведених натяжних зірочок 1. За допомогою пружин 2 натяжного пристрою 3 відбувається їх стабілізація. Рухомі подавальних ланцюгів є роздавальна коробка.

Напрявні 5 є жорстко прикріплені до контейнерів, висота яких встановлюється регульовальними шайбами. По них зі швидкістю 1,78 м/с переміщуються робочі стрічки ланцюгів. Жолоб із полозок, кронштейнів та відривних пластин зменшує вібраційне навантаження.

Основою для кріплення жатки та роздавальної коробки є зварна рама П-подібного перерізу.

### 3.2 Розрахунок валу подрібнюючого апарату

Попередньо було встановлено, що привід валу здійснюється за допомогою клиноремінної передачі з такими параметрами:

передаточне число  $i=1$ ;

частота обертання валів  $n_1 = n_2 = 2320 \text{ хв}^{-1}$  або  $\omega_1 = \omega_2 = 242.8 \text{ с}^{-1}$ .

Перейдемо до уточнення інших параметрів. Оскільки подрібнюючий апарат містить дві частини, розрахунки проводились для одного валу (лівого за напрямком руху), оскільки для другого валу розрахунок є аналогічним. Потужність на привід одного валу складає:

$$P_i = 0.5 \cdot P = 0.5 \cdot 12.08 = 6.04 \text{ кВт.} \quad (3.1)$$

Тоді момент сил опору становить:

$$M_{c1} = 0.5 \cdot M_c = 0.5 \cdot 49.8 = 24.9 \text{ Нм.} \quad (3.2)$$

Враховуючи вимогу щодо мінімізації розмірів передачі, приймаємо діаметри шківів  $d_1 = d_2 = 224 \text{ мм}$ . Обираємо клиновий ремінь 2/УВ-2240. Кількість ременів – два, оскільки один ремінь може передавати потужність не більше 3.5 кВт при частоті обертання  $n = 2000 \text{ хв}^{-1}$ .

Визначимо зусилля, що діють на вал подрібнювача через клиноремінну передачу, за формулою:

$$F_b = 2\sigma_0 A z \sin \frac{d_1}{2}, \quad (3.3)$$

де  $\sigma_0$  – початкове напруження ремня, МПа;

$A$  – площа поперечного перерізу ремня,  $\text{мм}^2$ ;

$z$  – кількість пасів, шт;

$d_1$  – кут обхвату веденого шківа, град.

Для приводу валу обраного ремня ці параметри є наступними:  $\sigma_0 = 1.4$  МПа;  $A = 278 \text{ мм}^2$ ;  $z = 2$ ;  $d_1 = 145^\circ$ . Тоді:

$$F_b = 2 \cdot 1.4 \cdot 278 \cdot 2 \cdot \sin \frac{145}{2} = 1485 \text{ Н.}$$

Кут відхилення  $Q$  сили  $F_b$  від лінії, що з'єднує центри шківів, обчислюється за формулою:

$$\operatorname{tg}Q = \frac{F_t}{2\sigma_0 Az} \operatorname{tg}\gamma_1, \quad (3.4)$$

де  $F_t$  – окружна сила, Н;

$\gamma_1$  – кут між гілками ременя, град.

Окружна сила становить:

$$F_t = \frac{P}{V}, \quad (3.5)$$

де  $P$  – передана потужність, кВт;

$V$  – лінійна швидкість ременя, м/с:

$$V = \frac{\pi D_1 n_1}{10^3 \cdot 60} = \frac{3.14 \cdot 224 \cdot 2320}{10^3 \cdot 60} = 27.2 \frac{\text{м}}{\text{с}}. \quad (3.6)$$

Тоді:

$$F_t = \frac{6040}{27.2} = 222.1 \text{ Н.}$$

Підстановкою цих значень у (3.4) отримаємо:

$$\operatorname{tg}Q = \frac{222.1}{2 \cdot 1.4 \cdot 278 \cdot 2} \operatorname{tg}35^\circ = 0.168.$$

Отже,  $Q = 9^\circ 30'$ .

Кут відхилення сили  $F$  від горизонтальної осі  $OX$  визначимо за допомогою геометричних побудов. З рисунку 3.4 видно, що  $\varphi = \beta - Q$ ,  $\varphi = 42^\circ - 9^\circ 30' = 32^\circ 70'$ .

Розкладемо силу  $F_b$  на горизонтальну і вертикальну складові:

$$F_b^r = F_b \cdot \cos \varphi = 1485 \cdot \cos 32^\circ 70' = 1252 \text{ Н.}$$

$$F_b^B = F_b \cdot \sin \varphi = 1485 \cdot \sin 32^\circ 70' = 789 \text{ Н.}$$

На рисунку 3.5 наведено розрахункову схему валу подрібнювача.

Вал подрібнювача, який зображений на розрахунковій схемі 3.5, належить до класу статично невизначених систем. Для визначення опорних реакцій у підшипниках розглянемо вал як багатопрольотний нерозділений. Згадана балка опирається на чотири шарнірні опори. Оскільки умову рівноваги можна сформулювати лише двічі, то ця система має два ступені статичної невизначеності. Для її розв'язання використаємо метод трьох моментів.

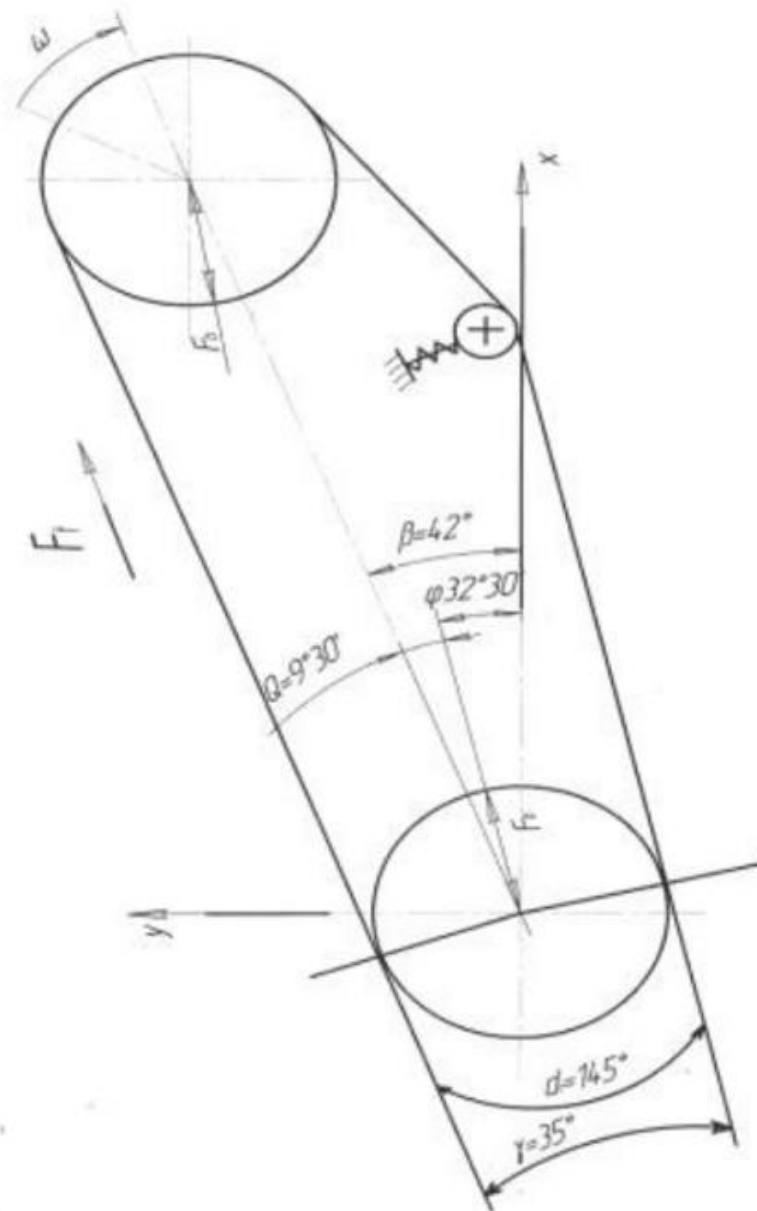


Рисунок 3.4 – Схема сил, діючих на клинопасову передачу

При такому виборі основної системи дія заданого навантаження обмежується лише тим місцем у прогині, де воно застосоване: його вплив на інші ділянки прогину виражається через опорні моменти. Для балки з постійним поперечним перерізом рівняння трьох моментів має наступний вигляд:

$$M_n l_n + 2M_n(l_n + l_{n+1}) + M_{n+1}l_{n+1} = -6 \frac{\delta_n a_n}{l_n} + \frac{\delta_{n+1} b_{n+1}}{l_{n+1}}, \quad (3.7)$$

де  $n$  – номер системи (за порядком);

$M$  – момент реакції опори, що викликає прогин, Нм;

$l$  – довжина прольоту, м;

$\delta$  – площа епюри навантаження на відповідному прольоті, м<sup>2</sup>;  
 $a$  – відстань від центра ваги епюри до лівої опори прольоту, м;  
 $b$  – відстань від центра ваги епюри до правої опори прольоту, м.

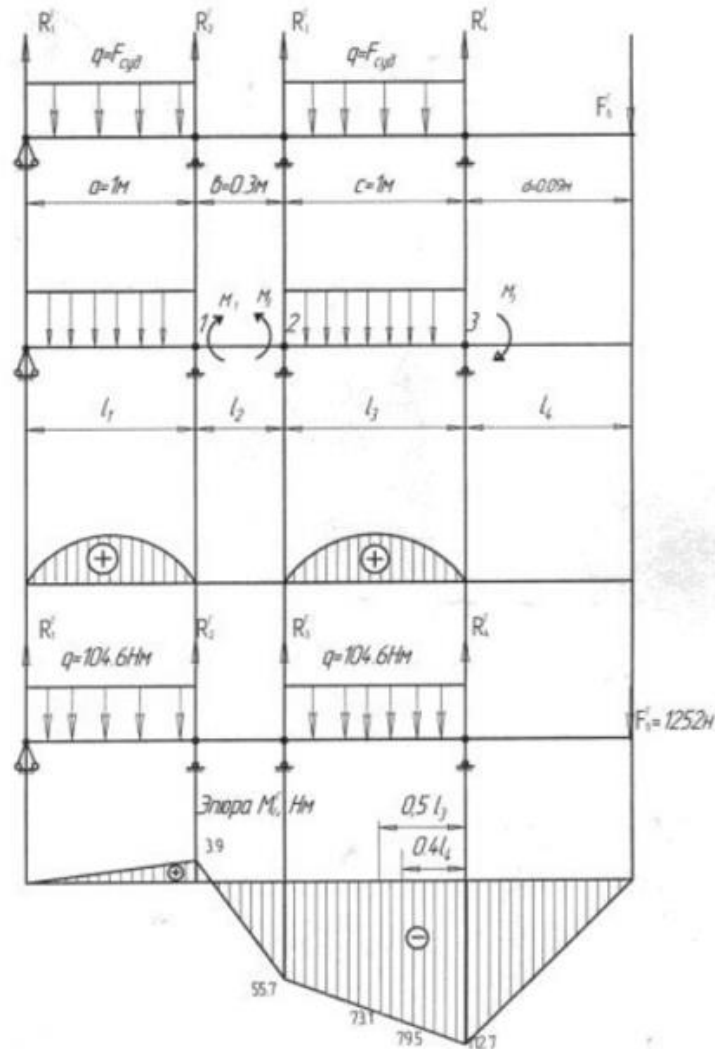


Рисунок 3.5 – Розрахункова схема валу і епюри внутрішніх зусиль в горизонтальній площині

Рівняння трьох моментів складатимемо для двох проміжних опор (першої та другої).

Для першої опори ( $n=1$ ):

$$M_1 l_1 + 2M_1(l_1 + l_2) + M_2 l_2 = -6 \frac{\delta_1 a_1}{l_1} + \frac{\delta_2 b_2}{l_2}. \quad (3.8)$$

Оскільки права і ліва опори є шарнірними і не піддаються навантаженню зосередженим моментом, то:

$$\delta_1 = \frac{ql_1^3}{12} = \frac{104.6 \cdot 1^3}{12} = 8.71 \text{ Нм}^2, \quad (3.9)$$

$$a_1 = b_2 = 0.5l_1 = 0.5 \cdot 1 = 0.5 \text{ м},$$

$$\delta_2 = 0.$$

Отже:

$$2.6M_1 + 0.3M_2 = -26.13. \quad (3.10)$$

Для другої опори ( $n=2$ ):

$$M_2l_2 + 2M_2(l_2 + l_3) + M_3l_3 = -6 \frac{\delta_2 a_2}{l_2} + \frac{\delta_3 b_3}{l_3}. \quad (3.11)$$

Момент на крайній правій опорі дорівнює моменту, що виникає від навантаження, що застосоване до консолі:

$$M_3 = F_b^r d = 1252 \cdot 0.09 = 172.7 \text{ Нм}. \quad (3.12)$$

$$\delta_3 = \frac{ql_3^3}{12} = \frac{104.6 \cdot 1^3}{12} = 8.71 \text{ Нм}^2, \quad (3.13)$$

$$a_2 = b_3 = 0.5 \cdot 1 = 0.5 \text{ м},$$

Отже:

$$0.3M_1 + 2.6M_2 = -138.8. \quad (3.14)$$

Із (3.10) і (3.14) отримуємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} 2.6M_1 + 0.3M_2 = -26.13; \\ 0.3M_1 + 2.6M_2 = -138.8. \end{cases} \quad (3.15)$$

Розв'язок (3.15) дає:

$$\begin{cases} M_1 = -26.13 \text{ Нм}; \\ M_2 = -52.93 \text{ Нм}. \end{cases} \quad (3.16)$$

Від'ємні значення моментів вказують на те, що їх напрямок фактично протилежний до зображених на малюнку 3.5. Після знаходження всіх реакцій опор, повні реакції будуть визначені за формулою:

$$\begin{aligned} R_1^B &= A_1 = 3.21 \text{ Н}; \\ R_2^B &= B_1 - A_1 = -103.4 - 3.21 = -106.61 \text{ Н}; \\ R_3^B &= B_3 + A_3 = 10.3 + 171.4 = 274.8 \text{ Н}; \end{aligned} \quad (3.17)$$

$$R_4^B = B_3 = -969.42 \text{ Н.}$$

Перевіримо правильність визначення опорних реакцій шляхом підсумовування всіх сил:

$$\sum y_i = R_1^B + R_2^B + R_3^B + R_4^B + F_b^B. \quad (3.18)$$

Отже, опорні реакції правильно визначені.

Отримані дані дають змогу побудувати епюру згинальних моментів і епюру сумарного моменту  $M_c$  (рис. 3.6), використовуючи наступний вираз:

$$M_c = \sqrt{(M_u^r)^2 + (M_u^B)^2}. \quad (3.19)$$

На тій самій схемі побудовано епюру крутного моменту з урахуванням припущень, зроблених на початку цього розділу.

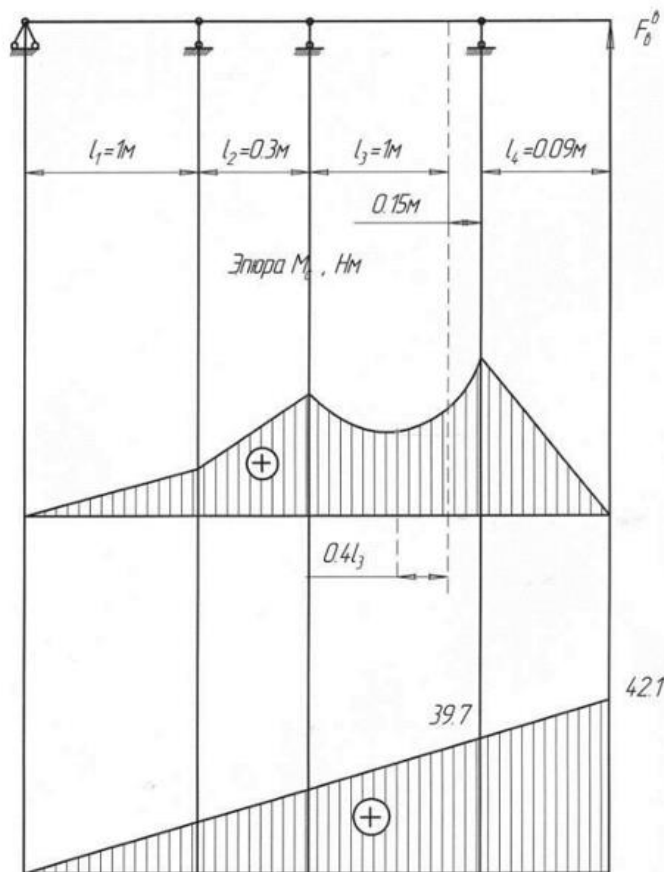


Рисунок 3.6 – Схема валу та епюри внутрішніх сил для обчислень

За схемою на малюнку видно, що небезпечним явищем є перетин валу у 4-й підшипниковій опорі. Визначимо приведений момент для цього перетину за допомогою формули:

$$M_{\text{пр}} = \sqrt{M_c^2 + T^2}, \quad (3.20)$$

де  $T$  – крутний момент, Нм.

$$M_{\text{пр}} = \sqrt{133^2 + 42.1^2} = 139.5 \text{ Нм.}$$

Оцінимо діаметр валу, враховуючи лише обертання при знижених допустимих напругах:

$$d = \sqrt[3]{T \cdot \frac{10^3}{0.2[\tau k]}}, \quad (3.21)$$

де  $[\tau k] = 12$  МПа – умовні напруги, допустимі при крученні. Маємо:

$$d = \sqrt[3]{42.1 \cdot \frac{10^3}{0.2 \cdot 12}} = 26 \text{ мм.}$$

Відповідно до конструктивних особливостей обираємо  $d = 40$  мм.

Проведемо компоновання валу графічної частини проекту. У місцях, де розміщені підшипники, застосуємо суцільний вал діаметром  $d = 40$  мм, виготовлений із сталі 45. Між підшипниковими опорами вал буде порожнистим, виготовленим із труби з зовнішнім діаметром 73 мм та товщиною стінок 8 мм.

Для обраного матеріалу маємо:  $\sigma_B = 560$  МПа;  $\tau_T = 150$  МПа;  $[\sigma_1] = 250$  МПа;  $[\tau_1] = 150$  МПа;  $\psi_B = 0.1$  та  $\psi_\tau = 0.05$ .

Оскільки вал є двокомпонентним, проведемо розрахунок для суцільного валу діаметром  $d = 40$  мм ( $M_c = 133$  Нм та  $T = 42.1$  Нм) і для трубоподібної конструкції діаметром  $d = 73$  мм і з товщиною стінки  $S = 6$  мм ( $M_c = 113$  Нм і  $T = 39.7$  Нм).

Умова стійкості на згин для валу з однорідним перерізом має такий вигляд:

$$\sigma = M_{\text{пр}} \cdot \frac{10^3}{0.1d^3}, \quad (3.22)$$

де  $\sigma$  – розрахункова напруга на згин, МПа;

$M_{\text{пр}}$  – приведений момент, Нм;

$d$  – діаметр валу у міліметрах;

$[\sigma_1]$  – допустима напруга на згин, МПа.

Отже:

$$\sigma = 139.5 \cdot \frac{10^3}{0.1 \cdot 40^3} = 21.8 \text{ МПа}, \sigma < [\sigma_1].$$

Для пустотілого валу приведений момент визначимо за виразом:

$$M_{\text{пр}} = \sqrt{173^2 + 39.7^2} = 115.8 \text{ Нм}.$$

Умова стійкості до згинання для пустотілого валу:

$$\sigma = M_{\text{пр}} \cdot \frac{10^3}{0.1 d_H^3 (1 - c^4)}, \sigma < [\sigma_1], \quad (3.23)$$

де  $d_H$  - зовнішній діаметр валу, мм;

$c$  – відношення діаметрів валу: внутрішнього до зовнішнього.

Для розглянутого випадку:  $c = \frac{61}{73} = 0.084$ , з урахуванням цього:

$$\sigma = 119.8 \cdot \frac{10^3}{0.1 \cdot 73^3 \cdot (1 - 0.084^4)} = 6.2 \text{ МПа}.$$

Отже, обраний вал відповідає умові міцності на згин.

Таким чином, запропонована конструкція разом із відривними пластинами створює жолоб, яким забезпечується зменшення вібрації ланцюгів. Кронштейни є поперечно рухомими, а переміщенням шайб може бути змінено їх вертикальне розташування по відношенню до ланцюга. Зміщення подавальних ланцюгів дорівнює половині кроку планок. Ланцюги і вальці приводяться в дію подавальною коробкою. Зварна рама П-подібної форми містить дві поздовжні балки і задню площадку, на якій кріпиться жатна частина і коробка.

## 4 Охорона праці

### 4.2 Небезпечні та шкідливі фактори при збиранні врожаю

До потенційно небезпечних факторів при роботі з сільськогосподарською технікою є:

- рухомі частини тракторів та сільськогосподарських машин;
- відлітаючі частинки ґрунту, насіннєвого матеріалу, добрив тощо;
- висока температура робочих поверхонь тощо.

До шкідливих для здоров'я факторів відносяться:

- ✓ занадто висока чи низька температура оточуючого середовища в робочій зоні; підвищений рівень вологості і швидкості потоку повітря;
- ✓ перевищення шумово-вібраційного рівня роботи.

Розробка та впровадження ефективних заходів запобігання аварійним та травмонебезпечним ситуаціям є можливими лише при достроковому виявленні небезпек, з яких розпочинається процес їх утворення. Моделювання виробничих небезпек під час виконання певного виду робіт є доцільним і ефективним заходом, який дозволяє знизити ризик травмування працівників. Було розроблено таблицю логічного моделювання виробничих небезпек під час збиральних робіт (табл. 4.1).

**Таблиця 4.1 – Логічне моделювання виробничих небезпек під час збиральних робіт**

Технологічні операції	Небезпека			Можливі наслідки
	Небезпечна умова	Небезпечна дія	Небезпечна ситуація	
Технічне обслуговування луцильника	Некваліфіковані кадри	Проведення регулювальних робіт	Пошкодження конструктивних елементів машини	Аварія, травмування

	Відсутність спеціального інструменту	Демонтаж конструктивних елементів	Неможливість проведення ряду ремонтних робіт	Травмування, порушення норм техніки безпеки
	Відсутність індивідуальних засобів захисту	Робота з шліфувальною машиною	Пошкодження диска шліфувальної машини	Травми
Переміщення комбайна по дорогам	Нерівність дорожнього покриття	Рух з підвищеною швидкістю	Втрата керованості агрегату	Аварія
	Недотримання вимог транспортування техніки		Деформація елементів конструкцій під час руху	
Збирання врожаю	Наявність сторонніх предметів на поверхні поля	Інтенсивний рух матеріалу по транспортеру	Пошкодження транспортеру	Порушення технологічного процесу, аварія
	Механізатор в стані алкогольного сп'яніння або стомленості	Неадекватна реакція на виконання технологічного процесу	Втрата керованості агрегату	Аварія, травми
	Деформація робочих органів	Ремонт під час роботи комбайну	Потрапляння людини в зону дії робочих органів	Травмування, аварія
	Пошкодження герметичності паливної системи	Неуважність механізатора	Загорання машини	Пожежа

Вивантажування врожаю	Сторонні предмети в робочій зоні	Інтенсивний потік матеріалу	Деформація робочих поверхонь	Аварійна ситуація
--------------------------	--	--------------------------------	------------------------------------	----------------------

## 4.2 Пропоновані інструкції з охорони праці

Інструкція з охорони праці (ОП) – це нормативний акт з переліком вимог до працівників під час виконання конкретних робіт або для відповідності певній професії. Вона має містити наступні структурні елементи:

- інструкції загального характеру;
- інструкції з ОП при підготовці до робочого процесу;
- інструкції з ОП при виконанні робіт;
- інструкції з ОП після завершення робіт;
- інструкції з ОП у разі виникнення аварійних ситуацій.

### Загальні вимоги:

1. Працювати на комбайнах мають право особи, не молодші за 18 років за умови наявності у них посвідчення тракториста-машиніста;
2. Не допускаються до роботи особи в стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння;
3. Перед початком збиральних робіт комбайнером і членами екіпажу має бути пройдено відповідний інструктаж з реєстрацією його в журналі;
4. Заборонено переодягатися біля рухомих механізмів;
5. Перевірка поля, його розбиття на загони, а також проведення прокосів і обкосів виконуються лише в світлу пору;
6. Заборонено встановлювати на комбайн додаткові сидіння.

### Вимоги з ОП перед початком роботи:

1. Перед початком роботи має бути перевірено стан захисної огорожі на передачах. Якщо їх немає або вони несправні, комбайн не допускається до роботи;

2. Має бути перевірено стан кріплень колодки керування, сошки та тяг керма, а також присутність всіх шплинтів. Перевищення люфту керма не допускається вище 15°;

3. Має бути перевірено працездатність гальмівної системи, достатню ступінь затягнення гайок на колесах (експлуатація комбайна забороняється при відсутності хоча б одного з них);

4. Перед накачуванням шин має бути перевірено тиск і доведено його до норм, які рекомендовані заводською інструкцією;

5. Для запобігання неконтрольованого ввімкнення передач має бути проведено регулювання блокуючого механізму;

6. Використання комбайна забороняється у випадку протікання мастила у гідравлічній системі;

7. Має бути перевірено кріплення акумуляторних батарей і їхнє закриття кришкою, затягування пробок, покриття клем тонким шаром технічного вазеліну;

8. У випадку попадання електроліту на одяг чи тіло людини під час перевірки його рівня і щільності, потрібно одразу обробити такі місця мильним розчином.

#### Вимоги безпеки під час виконання роботи:

1. До роботи на комбайні не допускаються особи, не закріплені за ним;  
2. Забороняється перебування сторонньої особи на комбайні під час його руху;

3. Перевірка та налаштування робочих органів і механізмів, одягання та натягування пасів, ланцюгів, усунення несправностей, змащення та очищення ріжучого інструменту, молотильного барабана, копнувача тощо мають проводитись тільки при вимкненому двигуні. Перед виконанням цих робіт на рульовому колесі повинна бути вивішена табличка «Не включати! Працюють люди!»;

4. При русі комбайна не можна залишати його кабіну;

5. Заборонено керувати комбайном у стоячому положенні;

6. Має відбуватись постійне спостереження за місцями в жатці і барабані, де може виникнути намотування соломи. Процедуру очищення необхідно проводити в рукавицях за допомогою спеціальних крічків;

7. Під час поворотів і розворотів швидкість руху має бути знижена до 3–4 км/год;

8. Під час вивантаження зерна в автомобіль обслуговуючому персоналу заборонено сидіти на бортах, знаходитися під вивантажуючим шнеком, а також проштовхувати зерно руками чи ногами без використання дерев'яних лопат;

9. При транспортуванні врожаю не допускається перебування людей в кузові автомобіля;

10. Не дозволяється перебування в копицях, на валках, біля і під комбайнами, на узбіччях доріг поруч з працюючими агрегатами. Відпочивати можна лише на спеціально відведеному місці поза ділянкою, де збирається врожай. Таке місце має бути позначене належним чином з освітленням в темну пору доби;

11. Не допускається робота комбайна під час грози;

12. Після дощу необхідно переїжджати через канави необхідно на першій передачі вздовж схилів.

#### Вимоги безпеки після закінчення роботи:

1. Комбайн має бути розміщено на стоянці з опущеною жаткою. Під колеса має бути підкладено упори;

2. Необхідно провести загальний огляд та очищення комбайна і робочого місця;

3. Треба сповістити адміністрацію стосовно стану комбайна та передати його за необхідності ремонтній бригаді для проведення технічного обслуговування або ремонту.

#### Вимоги безпеки у разі виникнення аварійних ситуацій:

1. При виникненні сторонніх звуків, диму, виявлення несправностей, іскріння електричного обладнання, перегрівання підшипників, редукторів та інших частин, необхідно зупинити виконання робіт;

2. При виникненні загоряння необхідно відвести машину від поля, подати сигнал пожежної тривоги та розпочати гасіння полум'я;

3. У випадку травми потерпілому має бути надана перша допомога та доставлено його в медичний пункт. Крім того, необхідно негайно повідомити адміністрацію про настання нещасного випадку. Місце настання нещасного випадку має лишатися недоторканим до повного розслідування. Якщо це неможливо, треба скласти докладну схему розміщення всіх предметів та потерпілого.

У випадку необхідності до цієї інструкції можуть бути додані інші розділи чи пункти в наявних розділах. Крім того, в додатку до інструкції можна також надати перелік нормативних актів, використаних для її розробки.

## 5 Техніко-економічна оцінка пропонуваних рішень

### 5.1 Економічна оцінка впровадження пропонованої конструкції

Визначимо змінну технічну продуктивність агрегату, витрати пального та праці на кожну одиницю роботи.

Продуктивність агрегату вимірюється кількістю виконаної роботи за певний проміжок часу: годину ( $W_{год}$ ), зміну ( $W_{зм}$ ), сезон ( $W_{сез}$ ), рік ( $W_{рік}$ ).

Розрахуємо тривалість циклу:

$$t_{ц} = \frac{2L}{V} + t_1, \quad (5.1)$$

де  $V = 6$  км/год – швидкість руху агрегату;

$L = 0.069$  км – усереднена довжина ходу;

$t_1 = 0.31$  год – тривалість здійснення поворотів.

Тоді:

$$t_{ц} = \frac{2 \cdot 0.069}{6} + 0.31 = 0.33 \text{ год.}$$

Кількість циклів за зміну можна визначити за формулою:

$$n_{ц} = \frac{T_{зм} - T_{пз} - T_{пер}}{t_{ц}}, \quad (5.2)$$

де  $T_{зм} = 7$  год – тривалість однієї зміни;

$T_{пз} = 1$  год – тривалість підготовчо-заключних робіт, щоденного технічного обслуговування;

$T_{пер} = 0.5$  год – тривалість переїздів.

Тоді:

$$n_{ц} = \frac{7 - 1 - 0.5}{0.33} = 16.6 \text{ шт.}$$

Округлюємо отримане число та приймаємо кількість циклів за зміну  $n_{ц} = 17$  шт.

Для визначення діючої тривалості зміни використовується формула:

$$T_{\text{зм,д}} = t_{\text{ц}} n_{\text{ц}} + T_{\text{пз}} + T_{\text{пер}} = 17 \cdot 0.33 + 1 + 0.5 = 7.11 \text{ год.} \quad (5.3)$$

Визначимо час, який агрегат витрачає на холості оберти протягом зміни:

$$T_{\text{x}} = \frac{2L}{V} n_{\text{ц}} = \frac{2 \cdot 0.069}{6} \cdot 17 = 0.39 \text{ год.} \quad (5.4)$$

Визначимо час, який агрегат витрачає на роботу протягом зміни:

$$T_{\text{р}} = \frac{2L_{\text{р}}}{V} n_{\text{ц}} = \frac{2 \cdot 0.9888}{6} \cdot 17 = 5.6 \text{ год.} \quad (5.5)$$

Розраховуємо коефіцієнт використання робочого часу за зміну:

$$\tau = \frac{T_{\text{р}}}{T_{\text{зм,д}}} = \frac{5.6}{7.11} = 0.79 \text{ год.} \quad (5.6)$$

Продуктивність агрегату за 1 годину зміни становить:

$$W = 0.1 B_{\text{р}} V \tau = 0.1 \cdot 4.2 \cdot 6 \cdot 0.79 = 1.9 \text{ га/год.} \quad (5.7)$$

Розрахункова змінна продуктивність агрегату розраховується наступним чином:

$$W_{\text{зм}} = T_{\text{зм}} W = 7 \cdot 1.9 = 13.3 \text{ га.} \quad (5.8)$$

Добова продуктивність агрегату:

$$W_{\text{д}} = W_{\text{зм}} K = 13.3 \cdot 1 = 13.3 \text{ га.} \quad (5.9)$$

де  $K = 1$  – кількість змін за добу.

Сезонна продуктивність становить:

$$W_{\text{сез}} = W_{\text{д}} K_{\text{д}} = 13.3 \cdot 15 = 199.5 \text{ га.} \quad (5.10)$$

де  $K_{\text{д}} = 15$  – кількість днів в роботі, шт.

Перейдемо до визначення витрат пального. Витрата палива на виконання роботи становить:

$$Q = Q_{\text{ос}} + Q_{\text{д}}, \quad (5.11)$$

де  $Q_{\text{ос}} = 194$  кг – витрата палива на виконання основних робіт;

$Q_{\text{д}} = 0.05 Q_{\text{ос}}$  – витрати палива на холостому ході.

$$Q = 194 + 0.05 \cdot 194 = 203.7 \text{ кг.}$$

Погектарна витрата палива становить:

$$Q_{\text{га}} = \frac{Q}{F_{\text{n}}}, \quad (5.12)$$

де  $F_{\text{n}} = 100$  га – обсяг виконуваних робіт.

$$Q_{\text{га}} = \frac{203.7}{100} = 2.04 \text{ га.}$$

Затрати праці на виконання одиниці роботи становлять:

$$Z_{\text{пр}} = \frac{T_{\text{зм}}(P_0 + P_{\text{д}})}{W_{\text{зм}}}, \quad (5.13)$$

де  $P_0$  – кількість основних робітників, люд.;

де  $P_{\text{д}}$  – кількість допоміжних робітників, люд.;

$$Z_{\text{пр}} = \frac{7 \cdot 1}{13.3} = 0.53 \text{ люд.-год./га.}$$

## 5.2 Собівартість продукції

Вартість виробленої продукції розраховується за допомогою такої формули:

$$C = Z + \Gamma + T_{\text{р}} + A + B_{\text{н}} + B_{\text{м}} + B_{\text{ззр}} + O + T + I + C_{\text{т}} + B_{\text{зв}}, \quad (5.14)$$

де враховано витрати (грн):

$T_{\text{р}}$  – ремонтні та на ТО;

$B_{\text{зв}}$  – загальновиробничі;

$T$  – транспортні;

$I$  – інші;

$A$  – на амортизацію;

$Z$  – на оплату праці з урахуванням відповідних нарахувань, грн. Даний показник розраховано у технологічній карті (додаток);

$C_{\text{т}}$  – на страхування, грн;

та вартість, грн:

$\Gamma$  – паливно-мастильного матеріалу;

$B_{\text{н}}$  – насінневого матеріалу;

$B_{\text{м}}$  – мінеральних добрив;

$B_{\text{ззр}}$  – засобів захисту рослин;

$O$  – оренди, грн.

Потреба у паливно-мастильних матеріалах становить:

$$П = q \cdot F_n, \quad (5.15)$$

де  $q = 1.94$  кг/га – витрати пального на одиницю роботи.

$$П = 1.94 \cdot 100 = 194 \text{ кг.}$$

Відповідно витрати на такі матеріали:

$$Г = П \cdot Ц, \quad (5.16)$$

де  $Ц = 52$  грн/кг – сумарна вартість пального та мастильних матеріалів, грн.

$$Г = 194 \cdot 52 = 10088 \text{ грн.}$$

Визначимо балансову вартість сільськогосподарської машини:

$$Б = 1.1 \cdot Ц_m, \quad (5.17)$$

де  $Ц_m = 200000$  грн – ринкова вартість сільськогосподарської машини.

$$Б = 1.1 \cdot 200000 = 220000 \text{ грн.}$$

Вартість усіх машин певної марки, які використовуються для вирощування культури, розраховується за допомогою такої формули:

$$Б_k = Б \cdot \frac{T_k}{T_n}, \quad (5.18)$$

де  $T_k = 7 \cdot N_{зм}$  – зайнятість машин на вирощуванні даної культури, год. Тут  $N_{зм}$  – кількість нормозмін на всіх операціях;

$T_n$  – нормативна річна зайнятість машини, год.

$$Б_k = 220000 \cdot \frac{7 \cdot 11.2}{170} = 101458.8 \text{ грн.}$$

Витрати на поточний та капітальний ремонт, а також технічне обслуговування встановлюються у відсотках від балансової вартості машин, з урахуванням ступеня зношеності машинно-тракторного парку. Їх розраховують за такою формулою:

$$T_p = \frac{Б_k \cdot p}{100} = \frac{101458.8 \cdot 12.3}{100} = 12479.4 \text{ грн.} \quad (5.19)$$

Визначимо амортизаційні відрахування:

$$А = \frac{Б_k \cdot a}{100} = \frac{101458.8 \cdot 12.2}{100} = 12378 \text{ грн.} \quad (5.20)$$

де  $a$  – норма амортизаційних відрахувань у відсотках.

Вартість насіння визначається шляхом врахування норм висіву на 1 гектар та вартості посівного матеріалу, за допомогою такої формули:

$$V_H = H_B \cdot C_H \cdot F_n, \quad (5.21)$$

де  $H_B = 20$  кг/га – норма висіву насінневого матеріалу;

$C_H = 20$  грн/кг – вартість насінневого матеріалу.

$$V_H = 20 \cdot 20 \cdot 100 = 40000 \text{ грн.}$$

Вартість мінеральних добрив визначається на основі прогнозованих норм їх використання для різних культур та ціни за 1 кілограм діючої речовини, за допомогою такої формули:

$$V_M = H \cdot F_n \cdot (C_n + C_p + C_k), \quad (5.21)$$

де  $H = 60$  ц/га – норми внесення добрив;

$C$  – вартість добрив, грн/ кг д.р.

$$V_M = 60 \cdot 100 \cdot (12 + 7.9 + 14.6) = 207000 \text{ грн.}$$

Витрати на засоби захисту рослин розраховуються відповідно до норм внесення та середніх цін при їх придбанні, використовуючи таку формулу:

$$V_{ззр} = O_{ох} \cdot C_{ох} \cdot F_n, \quad (5.22)$$

де  $O_{ох}$  – норма використання отрутохімікатів, кг/га;

$C_{ох}$  – вартість отрутохімікатів, грн/кг.

$$V_{ззр} = 230 \cdot 2.5 \cdot 100 = 57500 \text{ грн.}$$

Орендні витрати ( $O$ ) приймаємо в розмірі  $2100 \frac{\text{грн}}{\text{га}}$ .

Транспортні витрати становлять:

$$T = O_T \cdot V_{тк}, \quad (5.23)$$

де  $O_T$  – обсяг транспортних операцій, що здійснюються за допомогою автомобілів, т.км.;

$V_{тк}$  – вартість одного тонно-кілометра, грн/т.км.

$$T = 13.8 \cdot 635 = 8763 \text{ грн.}$$

Витрати на інші матеріали обчислюються у розмірі 10 % від суми прямих витрат, за винятком витрат на насіння та амортизаційних відрахувань:

$$\begin{aligned}
I &= (З + \Gamma + T_p + T + B_M + B_{ззр} + O) \cdot \frac{10}{100} = \\
&= \left( \begin{array}{l} 43305.08 + 10088 + 12479.4 + 8763 + 207000 + \\ + 57500 + 21000 \end{array} \right) \cdot \frac{10}{100} = \quad (5.24) \\
&= 36013.55 \text{ грн.}
\end{aligned}$$

Розрахунок страхових внесків здійснюється у розмірі 7 % від загальної суми прямих та інших витрат, за винятком суми амортизаційних відрахувань:

$$\begin{aligned}
C_T &= (З + \Gamma + T_p + T + B_H + B_M + B_{ззр} + O + I) \cdot \frac{7}{100} = \\
&= \left( \begin{array}{l} 43305.08 + 10088 + 12479.4 + 8763 + 40000 + \\ + 207000 + 57500 + 21000 + 36013.55 \end{array} \right) \cdot \frac{7}{100} = \quad (5.25) \\
&= 30530.43 \text{ грн.}
\end{aligned}$$

Виробничі загальні витрати обчислюються у розмірі 5 % від загальної суми прямих витрат, за винятком відрахувань на амортизацію:

$$\begin{aligned}
B_{зв} &= (З + \Gamma + T_p + T + B_H + B_M + B_{ззр} + O) \cdot \frac{5}{100} = \\
&= \left( \begin{array}{l} 43305.08 + 10088 + 12479.4 + 8763 + 40000 + \\ + 207000 + 57500 + 21000 \end{array} \right) \cdot \frac{5}{100} = \quad (5.26) \\
&= 20006.77 \text{ грн.}
\end{aligned}$$

В результаті за формулою (5.14) маємо:

$$\begin{aligned}
C &= 43035.08 + 10088 + 12479.4 + 12378 + 40000 + \\
&+ 207000 + 57500 + 210000 + 8763 + 36013.55 + 30530.43 + \\
&+ 20006.77 = 687794.23 \text{ грн.}
\end{aligned}$$

Наприкінці визначимо собівартість 1 центнера продукції:

$$C_{ц} = \frac{C}{B}, \quad (5.27)$$

де  $B = 70$  ц/га – валовий збір основної продукції.

$$C_{ц} = \frac{687794.23}{70 \cdot 100} = 98.26 \frac{\text{грн}}{\text{ц}}.$$

Отже, в розділі проведені розрахунки економічної ефективності вирощування кукурудзи на зерно у фермерському господарстві та визначено собівартість одержаної продукції. Розрахунки показали, що собівартість виробництва 1 центнера продукції становить 98.26 грн



## **Загальні висновки**

У даному дипломному проекті запропоновано конструкцію робочих органів кукурудзозбирального комбайна з метою удосконалення процесу механізації збирання кукурудзи на зерно.

У роботі проведений аналіз виробничо-технологічної характеристики господарства, виконано планування виробничих процесів вирощування кукурудзи на зерно.

В другому розділі за допомогою розрахунків було проведено планування виробничих процесів та складання оптимального складу машинно-тракторного парку для сільськогосподарських робіт в господарстві.

Теоретична частина включає розрахунок елементів робочих органів кукурудзозбирального комбайна та конструкційних елементів агрегату.

У четвертому розділі надана інструкція з охорони праці при роботі на комбайні пропонуваної конструкції.

В розділі техніко-економічної оцінки пропонуваних рішень проведені розрахунки економічної ефективності вирощування кукурудзи на зерно у фермерському господарстві та визначено собівартість одержаної продукції.

Відповідно до завдання, крім пояснювальної записки, підготовлено графічний матеріал.