

Центральноукраїнський національний технічний університет  
Агротехнічний факультет  
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

\_\_\_\_\_Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 р.

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

«Механізація вирощування кукурудзи на силос  
з модернізацією кукурудзозбирального комбайна»

Виконав здобувач вищої освіти IV курсу,  
групи AI-21

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Решетніков Владислав Романович

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Керівник проекту

доц., канд. техн. наук

\_\_\_\_\_ Руслан КІСІЛЬОВ

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Рецензент

\_\_\_\_\_ доц. Руденко Т.В.

Кропивницький

№ строки	Формат	Обозначение	Наименование	Кол. листов	№ экз.	Примечание
1						
2			<u>Загальна документація</u>			
3						
4			<u>Знову розроблена</u>			
5						
6	A4	БР 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	1		
7						
8			<u>Документація по</u>			
9			<u>технологічній частині</u>			
10						
11			<u>Знову розроблена</u>			
12						
13	A1	КСКУ 00. 001 ТЧ	Технологічна карта	1		
14						
15	A1	КСКУ 00. 002 ТЧ	Операційно-технологічна	1		
16			карта кукурудзи на силос			
17						
18			<u>Документація по</u>			
19			<u>інженерній частині</u>			
20						
21			<u>Знову розроблена</u>			
22						
23	A1	КСКУ 00. 000 С2	Комбайн самохідний	1		
24			кукуруддозбиральний КСКУ-6			
<b>БР 00.000 ВП</b>						
Изм.		Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
Разраб.		Решетников				
Проб.		Кісільов				
Н.контр.		Мачок				
Утв.		Василько Івський				
Відомість проекту				Лит.	Лист	Листов
					1	2
ЦНТУ, гр. АІ-21						

№ строки	Формат	Обозначение	Наименование	Кол. листов	№ экз.	Примечание
1						
2	A1	КСКУ 00. 16. 000 СБ	Русло	1		
3						
4			<u>Документація по</u>			
5			<u>деталях</u>			
6						
7			Знову розроблена			
8						
9	A3	КСКУ 00. 16. 401	Зрочка	1		
10						
11	A3	КСКУ 00. 16. 502	Редро	1		
12						
13	A3	КСКУ 00. 16. 601	Втулка	1		
14						
15	A3	КСКУ 00. 16. 602	Чистик	1		
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						

Инв. № подл. Подл. и дата  
 Взам. инв. № Инв. № дубл. Подл. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

БР 00.000 ВП

Лист  
2

# Зміст

стор.

1. Вступ.....	
2. Аналіз технології вирощування кукурудзи на силос.....	
з розглядом шляхів її удосконалення	
3. Операційна технологія збирання кукурудзи на силос.....	
4. Інженерна частина.....	
5. Охорона праці.....	
6. Висновки.....	
Використана література.....	
Додатки	

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Кукурудза залишається однією з ключових сільськогосподарських культур в Україні, і її вирощують у більшості регіонів країни — незалежно від клімату та розмірів господарств. Хоча багато хто вважає цю культуру легкою у вирощуванні, отримання стабільно високих урожаїв потребує ґрунтовних знань і постійного вдосконалення агротехнологій. Зміни кліматичних умов, поява нових гібридів, шкідників і хвороб вимагають гнучкості та готовності до адаптації.

Вирощування кукурудзи має вагомим економічне значення для країни. Продукти з кукурудзи — важливий компонент людського харчування та незамінне джерело корму для свійських тварин, зокрема птахів, свиней і великої рогатої худоби. Крім того, кукурудзяні стебла, багаті на поживні речовини, активно використовуються для виробництва силосу. Одним із важливих аспектів у процесі вирощування залишається механізація збирання врожаю, адже саме від її ефективності залежить збереження і якість зібраного зерна.

Процес збирання кукурудзи є досить трудомістким і вимагає залучення значної кількості працівників, оскільки його строки суворо обмежені агротехнічними вимогами. Рівень механізації під час збирання врожаю та первинної обробки культури відіграє ключову роль у підвищенні продуктивності праці та загальній ефективності використання сільськогосподарської техніки.

У цій бакалаврській роботі запропоновано вдосконалити процес збирання, зокрема подачу стебел до подрібнювальної камери. Це дозволить підвищити якість подрібнення зеленої маси та загалом покращити технічні показники роботи машини.

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<b>ВСТУП</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Решетніков</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Кісільов</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Мачок</i>						
<i>Затверд.</i>		<i>Васильковський</i>						
						<i>ЦНТУ, гр. АІ-21</i>		

## 2. Аналіз технології вирощування кукурудзи на силос з розглядом шляхів її удосконалення

### Характеристика ґрунтово-кліматичних умов

Найсприятливішою денною температурою для вегетації кукурудзи вважається діапазон від 24 до 30°C. У нічний час температура повинна знижуватись приблизно вдвічі, адже спекотні ночі сприяють надмірному випаровуванню вологи, що негативно впливає на накопичення сухої речовини в рослинах. Мінімальною температурною межею для росту та розвитку культури є 10°C - при її зниженні кукурудза практично припиняє свій розвиток.

Щоб зерно досягло фізіологічної стиглості (вологість 35–40%), рослина повинна накопичити певну кількість ефективних температур протягом усього вегетаційного періоду. Вчені визначили, що ці значення залежать від групи стиглості кукурудзи:

ФАО 200	ФАО 300	ФАО 400	ФАО 500
1030-1090°C	1140-1200°C	1240-1300°C	1360-1420°C

Протягом вегетаційного періоду кукурудза потребує від 450 до 600 мм вологи, при цьому найбільша її потреба припадає на липень і серпень. Однак останні роки характеризуються затяжними літніми посухами, що значно знижує кількість опадів у цей критичний період. У таких умовах особливого значення набувають заходи зі збереження вологи в ґрунті, її накопичення та забезпечення ефективного використання рослинами. Це включає оптимізацію живлення, правильну обробку ґрунту, регулювання густоти посіву та впровадження надійної системи захисту рослин, що допомагає мінімізувати конкуренцію за вологу.

Окрім тепла та вологи, кукурудза потребує родючих, добре структурованих ґрунтів із високим вмістом поживних речовин. Хоч культура здатна рости на різноманітних типах ґрунтів, спеціалісти не рекомендують

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сіяти її на піщаних ділянках або там, де ґрунтові води підходять занадто близько до поверхні. Найкращі результати кукурудза дає на ґрунтах із рівнем рН від 5,6 до 7,5. Якщо показник кислотності падає нижче 5,6, врожайність суттєво зменшується, а при рН 4,0 рослини взагалі не здатні вижити. За умов надмірної кислотності коренева система втрачає природне забарвлення, а нижні частини рослини починають підгнивати.

Варто також звертати увагу на стан ґрунту: ущільнені ґрунти з поганою водопроникністю або ті, що мають тверду сланцеву підшову, спричиняють формування поверхневої, плоскої кореневої системи. У результаті кукурудза стає менш стійкою до посухи, а при сильних поривах вітру рослини легко вилягають, що негативно впливає на врожайність і ускладнює збирання.

### **Основний обробіток ґрунту**

Оптимальний час для основного обробітку ґрунту під кукурудзу - відразу після збирання попередньої культури, найкраще в літній або на початку осіннього періоду. У зонах з вологим і прохолодним кліматом, зокрема в гірських районах, на схилах або на заплавах уздовж річок, які схильні до підтоплення восени чи навесні, осінній обробіток не дає суттєвих переваг перед весняним. Проте такі ділянки є відносно рідкісними в межах України. Загалом, чим раніше буде проведено основний обробіток ґрунту, тим кращими будуть умови для майбутньої сівби. Вибір конкретного способу і термінів обробітку залежить, зокрема, від типу попередника.

### **Обробіток ґрунту за класичною технологією**

Після збирання зернових культур основний обробіток ґрунту починають із луцення стерні в один або два проходи, що виконується одразу після жнив. Подальші агротехнічні заходи залежать від типу бур'янів, що переважають на полі: у разі наявності однорічних видів проводять додаткове луцення для їх знищення. Якщо ж ділянка сильно засмічена багаторічними коренепаростковими бур'янами (такими як осот, берізка, молочай тощо), застосовують неглибоку оранку на 12–16 см багатокорпусними лемішними плугами з ребристими котками. У разі відсутності котків після оранки

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовують дискові культиватори, щоб вирівняти борозни та поверхневий шар ґрунту.

Глибоку полицеву оранку на 25-30 см доцільно проводити у вересні–жовтні, поєднуючи з внесенням добрив. У посушливих зонах, а також на ґрунтах із низькою водопроникністю, глибину оранки збільшують до 30-35 см.

Однією з ефективних технологій у боротьбі з багаторічними бур'янами є система пошарового обробітку. Вона передбачає 2-3 дискування на глибину 8-10 см, потім ще одне - на 10-12 см. Через 2-3 тижні після цього проводять лущення важкими дисковими бородами, а наприкінці вересня - жовтня виконують глибоку полицеву оранку на 25-30 см.

У випадку надмірної засміченості бур'янами доцільно застосовувати комбінований підхід - поєднання механічних методів обробітку з хімічним знищенням коренепаросткових рослин.

У разі, якщо глибока оранка виконана неякісно - з утворенням великих грудок, виражених гребенів і борозен - необхідно восени провести вирівнювання поверхні поля. Для цього використовують ґрунтові вирівнювачі, які працюють під кутом 45° до напрямку оранки, що забезпечує грубу передпосівну підготовку ґрунту.

Якщо поле засмічене переважно однорічними бур'янами, найкращим варіантом є застосування поліпшеної зябу. Цей підхід передбачає 2-3 дискові лущення стерні: спочатку на глибину 6-8 см, а потім - 8-10 см. Завершальним етапом є оранка на 20-25см, яку доцільно проводити в період із вересня по жовтень.

### **Передпосівний обробіток ґрунту**

Головна мета весняної передпосівної підготовки ґрунту — створення пухкого, добре зволоженого та теплого верхнього шару, що сприяє якісному висіву кукурудзи та забезпечує швидке й одночасне проростання насіння. Окрім того, така підготовка стимулює активність ґрунтових мікроорганізмів і дозволяє ефективно знищувати перші сходи бур'янів.

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основним завданням є формування так званого «твердого ложа» для насіння в поєднанні з «м'яким покривом» на поверхні. Цього досягають шляхом застосування відповідної техніки — культиваторів і борін, які обробляють верхній шар ґрунту на глибину загортання насіння, зазвичай 4–6 см. Така обробка формує пухкий, прогрітий верхній шар, що запобігає втраті вологи з нижніх горизонтів.

Роботи, як правило, виконуються під кутом 45° до напрямку основного обробітку (наприклад, оранки), хоча можуть проводитися і в іншому напрямі, залежно від умов. Під цим «м'яким покривом» формується щільне, добре зволене насінневе ложе, яке забезпечує рівномірне загортання насіння на задану глибину і сприяє дружнім сходам.

### Норми висіву кукурудзи

Під час розрахунку норми висіву насіння кукурудзи слід враховувати не лише лабораторну схожість, але й низку важливих факторів, що впливають на польову схожість, а також можливі втрати рослин протягом усього вегетаційного періоду до моменту збирання врожаю.

Польову схожість визначають передусім якість самого насіння та стан підготовленого ґрунту. Важливу роль відіграє структура ґрунту — наскільки добре він забезпечує щільний контакт між насінням і землею, а також чи є в ньому достатній запас вологи для проростання.

ФАО	Степ	Лісостеп	Полісся
100-199	65-70 тис.	80-85 тис.	90-95 тис.
200-299	60-65 тис.	75-80 тис.	85-90 тис.
300-399	55-60 тис.	70-75 тис.	—
400-499	50-55 тис.	—	—

Рис. 2.1. Норми висіву кукурудзи для основних регіонів України

Крім того, певна кількість рослин втрачається ще на ранніх стадіях розвитку. Найчастіше це пов'язано з пошкодженнями, спричиненими ґрунтовими шкідниками, які підгризають корені або навіть повністю знищують молоді проростки кукурудзи.

Норма висіву даної культури встановлюється з чітким урахуванням рисунку 2.1, де є стійке забезпечення передзбиральної густоти.

Однак визначати норму висіву кукурудзи слід індивідуально, з урахуванням особливостей конкретного поля та погодних умов поточного сезону. Зокрема, в умовах посухи та нестачі вологи фахівці радять знижувати норму висіву щонайменше на 10–15% від загальноприйнятих рекомендацій.

### **Застосування основних добрив під сівбу**

Основними, або стартовими, добривами для кукурудзи вважаються азот (N) або поєднання азоту з фосфором (N + P). Їх доцільно вносити під час сівби за певних умов, зокрема:

- коли ґрунт має дуже низький рівень родючості;
- у разі прохолодної весни або ранніх строків сівби;
- якщо ґрунт важкий за механічним складом;
- при застосуванні no-till або мінімального обробітку;
- за наявності ущільненого ґрунту;
- якщо поле зазнало сильного затоплення;
- на піщаних ґрунтах з низьким вмістом органічної речовини;
- при екстремальних показниках рН — як знижених, так і підвищених.

У подібних умовах використання стартових добрив забезпечує помітне підвищення врожайності, зниження вологості зерна під час збирання, а також сприяє швидкому й рівномірному стартовому росту рослин. Завдяки цьому кукурудза швидше замикає міжряддя, що обмежує ріст бур'янів, які конкурують за вологу та поживні речовини на пізніших етапах розвитку. Крім того, у рослин активніше формується коренева система, спостерігається більш раннє цвітіння, що частково знижує негативний вплив посухи на процес запилення й формування зерна.

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Сівба

Сівба є одним із ключових агротехнічних заходів, від якого залежить ефективність подальших агроприйомів. Вона охоплює основні технологічні складові, зокрема: строки проведення, спосіб висіву, підготовку насіння кукурудзи, визначення норми висіву та загортання насіння на оптимальну глибину.

Посів доцільно здійснювати тоді, коли температура ґрунту на глибині близько 10 см у полудень становить 10–12°C. За нижчих температур зростає ризик ураження насіння різноманітними хворобами.

Норма висіву кукурудзи на силос визначається з урахуванням погодних умов у період сівби та особливостей регіону вирощування. У середньому вона становить 10–25 кг/га. Водночас, через можливе зниження польової схожості та втрату частини сходів, доцільно підвищувати норму висіву: у північних районах Степу — на 20–25%, у центральних і більшості південних районів — на 15–20%.

Оптимальна густина між рослинами кукурудзи залежить від кліматичних умов конкретного регіону. У посушливих зонах цей показник становить близько 20–25 тисяч рослин на гектар. У степових районах із обмеженим зволоженням густина має бути в межах 30–40 тисяч рослин/га, тоді як на зрошуваних землях її можна збільшити до 50–55 тисяч рослин/га.

Глибина загортання насіння також визначається вологістю ґрунту. Зазвичай, при достатньому рівні вологи кукурудзу висівають на глибину 5–6 см. Якщо ж верхній шар ґрунту пересушений, глибину варто збільшити до 8–10 см для забезпечення нормального проростання.

## Живлення кукурудзи

Кукурудза має високу потребу в легкодоступних формах поживних речовин, які повинні бути наявні в ґрунті в достатній кількості. Для формування лише однієї тонни зернового врожаю ця культура споживає приблизно:

азоту — 25–30 кг,

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

фосфору — 10–15 кг,

калію — 30–40 кг,

кальцію — 6–10 кг,

магнію — 6–10 кг.

Найбільш точним і надійним способом визначити необхідні дози добрив під кукурудзу є ґрунтовий аналіз. Саме він дозволяє об'єктивно оцінити потребу в основних елементах живлення для досягнення запланованого рівня урожайності. На рисунку 2.2 наочно показано, які елементи потрібні в конкретних умовах.

Урожай, т/га	N	P205				K20			
		1	2	3	4	1	2	3	4
5-5,5	120-130	120	95	65	35	200	170	140	70
6-6,5	130-160	140	110	80	40	230	190	160	80
7-7,5	140-180	155	120	90	45	260	220	180	90
8-8,5	160-200	170	130	100	50	290	250	200	100
9-9,5	170-220	190	140	110	55	320	280	220	110
10	200-240	210	150	120	60	350	310	240	120

Де цифрами 1-4 позначено рівень вмісту елементів живлення в ґрунті, який визначається лабораторним дослідженням зразків з кожного поля: 1 – дуже низький, 2 – низький, 3 – достатній, 4 – високий.

Рис. 2.2. Потреба кількості добрив для кукурудзи за наявності елементів живлення в ґрунті

### Захист посівів кукурудзи

Під час вирощування кукурудзи за класичною технологією обробітку ґрунту важливо максимально знищити бур'яни механічним способом — із застосуванням відповідної техніки під час основного та передпосівного обробітку. Практичні дослідження показали, що на ділянках, зораних восени з залишеними відкритими борознами, після зимового періоду навесні проростає в середньому близько 12 бур'янів на квадратний метр. Натомість на полях, де після глибокої оранки провели осіннє вирівнювання ґрунту, навесні фіксували до 114 бур'янів на м<sup>2</sup>, що значно ускладнює подальший догляд за посівами.

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР 00.000 ПЗ					

Міжрядну культивуацію можна починати лише після появи сходів і чіткого окреслення рядків, коли вона стає ефективним засобом боротьби з бур'янами та ґрунтовою кіркою. Найбільш шкідливою кірка є у випадку її утворення ще до появи сходів, адже вона перешкоджає проростанню. Якщо кірка надто щільна і сходи не можуть пробитися, слід провести коткування зубчастими котками зі швидкістю агрегату не більше 5 км/год.

Міжрядний обробіток проводиться за потреби, зазвичай двічі: перший раз у фазі 3–4 листків на глибину 7–8 см, другий — у фазі 7–9 листків, із меншим заглибленням. Під час цих операцій часто поєднують розпушування з підживленням, або ж підгортанням і внесенням добрив одночасно. Варто прагнути до виконання кількох технологічних операцій за один прохід, оскільки кожен окремий проїзд — це додаткові витрати пального та ресурсів.

### **Застосування гербіцидів на кукурудзі**

Прийняття рішень щодо контролю забур'яненості у посівах базується на аналізі видового складу бур'янів та інтенсивності їх проростання в до- і післяпосівний періоди. Залежно від ґрунтово-кліматичних умов регіону, набір бур'янів у посівах змінюється. У середньому на полі може з'являтися від 10 до 15 різних видів, що вже достатньо для суттєвого зниження врожайності культури.

Оптимальною стратегією є поєднання до- і післясходових обробок, що дозволяє досягти високого рівня контролю над бур'янами, особливо у випадку змішаного складу — однодольних та дводольних. Водночас, варто враховувати, що в окремих ситуаціях ґрунтові гербіциди можуть виявитися малоефективними, що потребує коригування підходів.

Застосування ґрунтових гербіцидів після ранньої сівби кукурудзи може виявитися неефективним, якщо сходи з'являються із затримкою — у такому випадку дія препарату може завершитися ще до моменту проростання. Крім того, помилки можуть виникати вже на етапі підбору типу та дози гербіциду. Це часто залежить від таких чинників, як:

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- тип ґрунту (наприклад, глинисті ґрунти здатні поглинати частину діючої речовини);

- високий рівень забур'яненості поля;

- видовий склад бур'янів.

До інших важливих причин зниження ефективності належать:

- неправильне внесення препарату (занадто високий тиск у системі обприскування, зношені або непридатні форсунки, мала норма робочого розчину);

- використання неякісної води (завищений рН, підвищена жорсткість, каламутність, непридатна температура тощо);

- велика кількість рослинних решток, що перешкоджають рівномірному розподілу гербіциду;

- погано підготовлений ґрунт (великі грудки, нерівна поверхня);

- несприятливі погодні умови (приморозки, пізні заморозки);

- інтенсивне промивання діючої речовини у глибші шари ґрунту внаслідок сильних дощів чи злив.

Одна з найпоширеніших проблем - недостатня вологість у поверхневому шарі ґрунту, через що гербіцид не може повноцінно активуватись і взаємодіяти з бур'янами.

Якщо підприємство розуміє, що не має достатньо ресурсів для своєчасної та якісної обробки всіх полів і внесення гербіцидів для досягнення максимальної ефективності, фахівці радять таким господарствам переходити на систему захисту посівів у період вегетації. Водночас повністю відмовлятися від ґрунтових гербіцидів не варто: за сприятливих умов вони демонструють високу ефективність, у тому числі з точки зору економії витрат. При правильному та своєчасному внесенні ґрунтових препаратів може взагалі відпасти потреба у додаткових обробках під час вегетації.

Щодо страхових гербіцидів, важливо провести обробку до фази розвитку 4 листків. Хоча багато препаратів дозволено застосовувати аж до стадії 10 листків, досвідчені фермери радять обмежуватися саме фазою 4

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

листіків. Це пояснюється тим, що саме на цій стадії у кукурудзи закладається кількість рядів у качані — показник, який не залежить від групи стиглості (ФАО). Формування розміру основного качана відбувається саме на етапі 4 листків, тому в цей критичний момент особливо важливо уникнути гербіцидного стресу шляхом вчасного внесення страхового гербіциду.

Формування качана кукурудзи завжди відбувається у певний період — між появою 4-го і 6-го листків. На фазі 4 листків закладається кількість рядів у качані, що визначає його ширину, тоді як на стадії 6 листків формується довжина качана. Тому обробка гербіцидами в цей період дуже небажана. Оптимально завершити застосування гербіцидів ще до фази 3 листків. Якщо з якихось причин вчасно обробити рослини не вдалося, обробку краще перенести на фазу 7-8 листків, коли відбувається розвиток первинної кореневої системи. Хоча цей процес також важливий, він менш чутливий до стресу порівняно з формуванням качана. Водночас у фазі 7-8 листків не рекомендується використовувати регулятори росту.

Якщо на полі спостерігається проблема з берізкою польовою, слід врахувати, що цей бур'ян активно відростає саме на стадії 7-8 листків кукурудзи. Тому обробка проти берізки на етапі 4 або 5-6 листків не дасть очікуваного ефекту. Найкращим рішенням буде внесення флуроксипіру в нормі 0,6 л/га у фазі 7-8 листків. Для максимальної ефективності варто використовувати препарат із високим вмістом діючої речовини (33%) без додавання інших гербіцидів.

### **Збирання зерна кукурудзи на силос**

Збирання кукурудзи на силос проводять у фазі молочно-воскової стиглості, коли вологість зеленої маси становить 70–75%. У цей період вміст цукру в рослині досягає близько 4%, що сприяє пришвидшенню процесу молочнокислого бродіння. Для виконання цієї операції використовують кормозбиральний комбайн КСК–100.

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### **3. Операційна технологія процесу збирання кукурудзи на силос**

#### **Агротехнічні вимоги збирання кукурудзи на силос.**

Збирання кукурудзи на силос потрібно здійснювати у максимально стислі агротехнічні строки. Це дозволяє мінімізувати втрати при роботі комбайнів, запобігти повному визріванню качанів та зберегти високу якість листостеблової маси, а також забезпечити своєчасне звільнення поля для посіву зернових культур.

Якість виконання операції визначається повнотою збирання, яка має становити 99%. Висота зрізу стебел повинна бути в межах 10–12 см. Довжина подрібнення листостеблової маси залежить від вологості рослин: при вологості 60–70% вона не повинна перевищувати 20–30 мм, а при вологості 75–80% і вище її збільшують до 40–50 мм.

#### **Організація праці при збиранні кукурудзи**

Найбільш сучасною формою організації потокового збирання кукурудзи на силос і ефективного використання техніки є створення комплексних збиральних загонів. Вони дозволяють підвищити середньодобову продуктивність одного комбайна у 1,2–1,5 рази, скоротити терміни збирання та зменшити втрати врожаю.

До складу комплексного збирального загону для потокового збирання і подальшого ущільнення маси входять такі ланки: комбайно-транспортна, підготовки полів до збирання, силосування і подрібнення маси, технічного обслуговування машин, внесення добрив і основного обробітку ґрунту, культурно-побутового забезпечення, а також група контролю якості виконання робіт.

До складу збирально-транспортної ланки входять один-два комбайни КСКУ–6 і відповідна кількість транспорту для перевезення подрібненої маси. Кількість комбайнів визначають, орієнтуючись на планове сезонне навантаження для кожної машини.

					<i>КСКУ 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зазвичай у кожному загоні працює не більше двох комбайнів. Транспортні засоби не закріплюють за окремими комбайнами, що дозволяє скоротити їхню потребу на 15–18%. Комбайни працюють у дві зміни.

Ланка підготовки полів до збирання здійснює розбиття полів на загони, прокошує гони та виконує обкоси. Кількість загонів на полі має бути рівною або кратною кількості комбайнів у ланці. Ширину загонів визначають так, щоб вона була на 6–12 разів меншою за довжину поля і кратною подвоєній ширині захвату збирального агрегату. Якщо довжина гону перевищує 100 метрів, через кожні 500–600 метрів організовують транспортно-розвантажувальні магістралі шириною 7–8 метрів.

Ланка силосування подрібненої маси, яку очолює спеціаліст із заготівлі та виробництва кормів, відповідає за правильне закладання і ущільнення листостеблової маси кукурудзи у силос.

#### **Підготовка поля до роботи**

Перед початком збирання поле розбивають на загінки, виконують обкоси, розмічають поворотні смуги та транспортно-розвантажувальні магістралі відповідно до схеми руху збиральних агрегатів.

Польові дороги та під'їзні шляхи до полів вирівнюють автогрейдером за 10–15 днів до початку робіт, що дозволяє підвищити ефективність транспортування качанів, зерна і подрібненої маси на 10–15%.

Ширина прокосів між загінками та транспортних магістралей має становити 6–8 метрів, а поворотних смуг — 20–30 метрів. Загінки формують так, щоб їхня ширина була у 8–12 разів меншою за довжину та кратною подвоєній ширині захвату збирального агрегату.

Кількість загінок повинна бути рівною або кратною числу збиральних агрегатів, які працюють одночасно на полі. При цьому необхідно уникати потрапляння стикового міжряддя в робочу ширину комбайна.

Якщо довжина гонів перевищує 600–1000 метрів, через кожні 400–500 метрів додатково прокошують транспортні магістралі.

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Розрахунок поворотних смуг

Спосіб руху вибраного нами збирального агрегату на полі встановлюємо загінковий склад, а по краях загінок залишаємо звичайні смуги для розвороту даного агрегату.

Саме такий спосіб руху характерним для петльового повороту, а всі інші є безпетльовими.

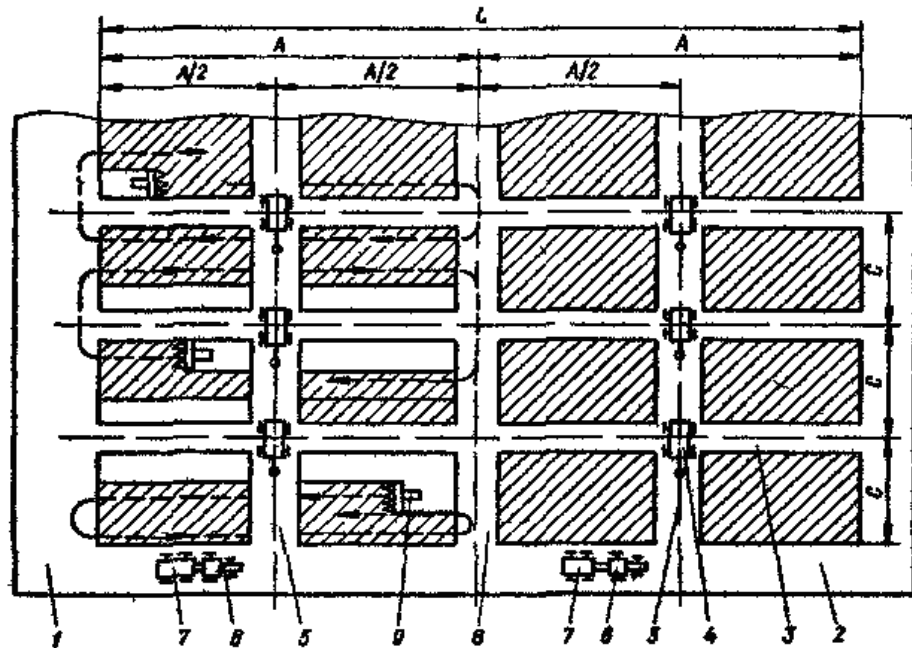


Рис. 3.1. Схема підготовки та руху по полю запропонованих комбайно-транспортних агрегатів на операції збирання кукурудзи на силос

1 – поворотна визначена смуга; 2 – обкіс країв поля; 3 – прокіс; 4 – додатковий тракторний причіп; 5 – транспортно-розвантажувальна задіяна магістраль; 6 – трактор; 7 – причіп додатковий; 8 – поворотна магістраль; 9 – визначений збиральний агрегат

Проводимо певні розрахунки, а саме обчислюємо орієнтовну величину поворотної смуги при проведенні повороту, тобто (рис. 3.1):

– безпетльовому:

$$T \approx 1,5R_{\min}, \quad (3.1)$$

де:  $R_{\min}$  – чинник, що характеризує мінімальний радіус повороту,  
 $R_{\min}=8,92$  м;

					БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T = 1,5 \cdot 8,92 = 13,38 \text{ м};$$

– петльовому грушоподібному:

$$T = 3R_{\min} + Z_a, \quad (3.2)$$

де:  $Z_a$  – чинник кінематичної довжина даного агрегату, м.

Згідно виразу обчислюємо кінематичну довжину такого агрегату:

$$Z_a = Z_{\text{комб}} + Z_{\text{пр}}, \quad (3.3)$$

де:  $Z_{\text{комб}}$  – чинник кінематичної довжини збирального комбайна на силос,  
 $Z_{\text{комб}}=3,73$  м;

$Z_{\text{пр}}$  – чинник кінематичної довжини запропонованого агрегату,  
 $Z_{\text{пр}}=1,97$  м.

Таким чином, підставляємо значення та отримуємо:

$$Z_a = 3,73 + 1,97 = 5,7 \text{ м.}$$

Отримані чисельні значення показників підставляємо до виразів (3.2) і (3.3) та отримуємо таке:

$$T_{\text{петл}} = 3 \cdot 8,92 + 5,7 = 32,46 \text{ м.}$$

Отже, приймаємо ширину поворотної смуги лише кратним значенням до значення ширини захвату даного збирального агрегату, щоб при проходженні послідуєчого агрегату ми мали ціле число проходів:

$$T = K \cdot B_p, \quad (3.4)$$

де:  $K = \frac{T}{B_p}$ .

Отже, робимо обчислення:

$$K_{\text{петл}} = \frac{32,46}{4,2} = 7,73;$$

$$K_{\text{безпетл}} = \frac{13,38}{4,2} = 3,18.$$

Ми приймаємо:  $K_{\text{петл}}=8$ ,  $K_{\text{безпетл}}=3$ .

					БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





Отже, приймаємо на даному полі чотирнадцять загінок зі значенням ширини  $C_{1-14}=71,4$  м.

Показник, що наявно характеризує спосіб руху збирального агрегату в загінці є коефіцієнт кількості встановлених робочих ходів та обчислюється за таким виразом:

$$K_p = \frac{Z_p}{Z_p + Z_x}, \quad (3.8)$$

де:  $Z_p, Z_x$  – середнє значення для робочої довжини загінки та, відповідно, холостого ходу машини.

Обчислюємо робочу довжину загінки:

$$Z_p = Z - 4,5 \cdot R_{\min} - Z_a \quad (3.9)$$

$$Z_x = 4,5 \cdot R + 4 \cdot Z_a, \quad (3.10)$$

$$Z_p = 900 - 4,5 \cdot 8,92 - 5,7 = 854 \text{ м};$$

$$Z_x = 4,5 \cdot 8,92 + 4 \cdot 5,7 = 62,94 \text{ м}.$$

І нарешті:

$$K_p = \frac{854}{854 + 62,94} = 0,93.$$

Отримане значення досить близьке до одиниці, що вказує на активне використання робочого часу при збиранні кукурудзи на силос.

### Розрахунок показників організації виконання операції

Обчислюємо тривалість одного циклу використовуючи наступний вираз:

$$W_u = \frac{12 \cdot Z_p}{10^2 \cdot g_p} + 2 \cdot t_n, \quad (3.11)$$

де:  $t_n$  – показник часу на поворот нашого агрегату,  $t_n=1,52$  хв.

$$W_u = \frac{12 \cdot 854}{10^2 \cdot 7,5} + 2 \cdot 1,52 = 16,7 \text{ хв} \approx 0,27 \text{ год}.$$

Обчислюємо технологічну продуктивність за вибраний цикл:

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{\text{ц}} = 0,1 \cdot B_p \cdot \mathcal{G}_p \cdot W_{\text{ц}} \cdot \delta, \quad (3.12)$$

де:  $\delta$  – показник використання робочого часу для встановленого циклу,  
 $\delta = 0,83$ .

$$P_{\text{зм}} = 0,1 \cdot 4,2 \cdot 7,5 \cdot 0,27 \cdot 0,83 = 0,7 \text{ га/цикл.}$$

І нарешті, кількість циклів за зміну встановлюємо використовуючи вираз:

$$m_{\text{ц}} = \frac{P_{\text{ц}}}{P_{\text{зм}}}, \quad (3.13)$$

$$n_{\text{ц}} = \frac{23,4}{0,7} = 33,42 \text{ цикл/зм.}$$

На основі проведених обчислень заповнюємо операційну карту.

### **Підготовка агрегату до роботи**

Під час підготовки до збирання слід особливу увагу приділити технічному стану робочих органів кукурудзозбиральних комбайнів: різальному апарату, шнеку для стебел, подрібнювачу, а також механізмам передач.

Підготовка комбайна передбачає перекриття транспортерів качанів і демонтаж пристрою для очищення качанів від обгорток. У жатці необхідно зняти відривні пластини, відрегулювати висоту мисів, встановити правильні зазори між протягувальними вальцями качановідривного апарата, натяг подавальних ланцюгів, а також зазори у різальному та подрібнюючому апаратах і шнеку листостеблової маси.

Щоб зменшити втрати врожаю, миси налаштовують так, щоб їхні носки під час роботи ефективно підхоплювали полегли або похилі стебла кукурудзи. Для цього пересувають опорні кронштейни мисів в овальних отворах самих кронштейнів.

Рахується так, що миси встановлені досить правильно тоді, коли відстані між нижньою кромкою ножа роторного різального апарата самої машини і

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



при цьому пересуваючи закріплені корпуси опорних підшипників самого барабану на конструкції рами комбайна. Зазор є 2-3 мм. За допомогою прокладок між корпусами підшипників та рамою регулюють потрібний зазор між нижнім кожухом подрібнювача та закріпленими ножами. Він є 4-6 мм.

Вищерблені або деформовані ножі обов'язково потрібно замінити на нові. При цьому важливо пам'ятати та чітко виконувати, що замінюючи один ніж, необхідно замінити і протилежний. Такі заміни не порушують балансування конструкції барабана.

### **Контроль якості збирання**

Головні вимоги: на полі не мають залишатись не зрізані стебла кукурудзи. Висоту зрізання чітко перевіряють декількома замірами, при цьому враховують також ширину захвату агрегату на довжині проходу тільки у 1 м.

Потім, довжина подрібнених часток має бути у межах 20–50 мм. Кількість подібних часток такої фракції повинна бути більшою за 50%.

І в заключенні, у подрібненій масі не повинно бути часток ґрунту.

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		





Вздовж кожного з вальців встановлений чистик кутового профілю. Кожен вал оснащений направляючим конусом із гвинтовими ребрами, робочою частиною з поздовжніми рифленнями та сполучною чашкою з пазами. Пара вальців, розміщених поруч, обертається у протилежних напрямках. Між зовнішніми сторонами вальців утворюється проміжок, у який подаються стебла кукурудзи. Зазор між ними завжди менший за діаметр стебла, тому потрапивши туди, стебло стискається. Через значне тертя, що виникає в місці стиснення, стебла протягуються крізь вальці й викидаються з протилежного боку. Оскільки качан має значно більший діаметр, ніж стебло, він не проходить між вальцями і відділяється.

Випробування показали, що в зоні між направляючим конусом вальців качановідокремлюючого вузла і захисною пластиною накопичуються рослинні залишки.

Шнек для стебел розташований горизонтально, поперек машини, одразу за русловими апаратами. У його центральній частині знаходяться лопаті, які спрямовують стебла до притискного бітера, а звідти — до подрібнювального механізму. Шнек приводиться в рух за допомогою ланцюгової передачі. Для рівномірного і стабільного транспортування маси крізь систему бітерів, їхні ребра виготовляються різної висоти, що сприяє якісній подачі листостеблової маси до подрібнювального барабана.

## **4.2. Технологічний розрахунок.**

### **4.2.1. Обґрунтування конструктивних параметрів відривних вальців.**

Обсяг виконуваної роботи та продуктивність відривних вальців визначаються низкою факторів.

Пропускна здатність цих механізмів у першу чергу залежить від їх спроможності захоплювати, стискати й втягувати стебло в зазор між вальцями. На ефективність також впливають діаметр вальців, швидкість їх обертання, матеріал і конфігурація робочих поверхонь, а також розмір зазору між ними.

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Зусилля, що діє на стебло в процесі його прокачування вальцями (рис. 4.3), чітко показують, що умова прокачування стебла може бути виражена наступним чином:

$$2F_{bx} \geq 2Q_{bx}.$$

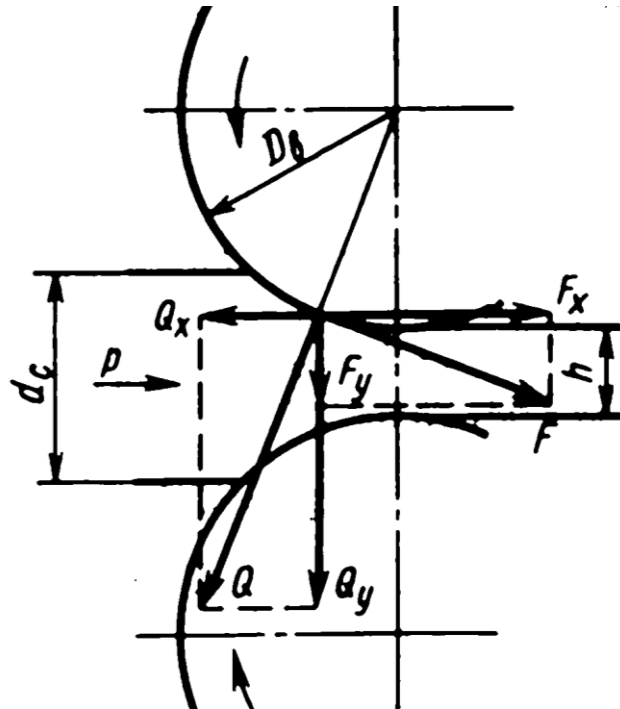


Рис. 4.3. Зусилля, що активно діють на стебло кукурудзи в процесі прокачування його відривними вальцями

Таким чином, кут напрямку рівнодіючої нормального тиску знаходиться з виразу 4.3:

$$\gamma_b = \frac{\alpha_{ob}}{4} = \frac{1}{2} \arcsin \sqrt{\frac{d_y \cdot v}{2D_b}}, \quad (4.3)$$

де:  $d_y$  – показник діаметру вузлової частини самого стебла,  $d_y=48$  мм;

$\alpha_{ob}$  – кут контакту вальця і зрізаних стебел,  $\alpha=0,626^\circ$ ;

$v$  – ступінь процесу деформації стебла,  $v=96$  мм.

Ступінь деформації стебла обчислюється за формулою:

$$v = \frac{\alpha - h_b}{d} \quad (4.4)$$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР 00.000 ПЗ				



Чинник проковзування стебла у вальцях суттєво залежить від стану та стиглості кукурудзи, а також від стану поверхні самих вальців, від значення їх обертів:

$$\lambda_c = \frac{g_b}{\xi_{cm}},$$

де:  $g_b$  – колова швидкість встановлених вальців, м/с;

$\xi_{cm}$  – швидкість прокачування стебла конструкцією валець, м/с.

При прокачуванні стебла кукурудзи вальцями без ковзання  $\xi_{cm} = g_b$  і  $\lambda_c = 1$ .

Коли такі вальці ковзають по стеблу і не прокочують його, то тоді  $\xi_{cm} = 0$ , а  $\lambda_c = \infty$ .

На практиці прокачування стебел завжди супроводжується певним ступенем проковзування. За експериментальними спостереженнями, для сухих стебел кукурудзи коефіцієнт проковзування ( $\lambda_c$ ) зазвичай перебуває в межах 1,25–1,45. Однак, зважаючи на необхідність ефективної роботи відривних вальців також із зеленими стеблами, які мають підвищений рівень проковзування, у розрахунках доцільно приймати  $\lambda_c = 2$ .

Для пікерних вальців час прокачування одного стебла може бути охарактеризований такою залежністю:

$$\tau = \frac{H_o \cdot \cos \beta_H}{g_{комб}} + \frac{L - H_o \cdot \sin \beta_H}{g_b} \cdot \lambda_c, \quad (4.5)$$

де:  $H_o$  – довжина ділянки вальців, на якій стає обчислення качанів із зрізаного стебла,  $H_o = 0,757$  м;

$L$  – довжина стебла, що зрізається,  $L = 3,35$  м;

$g_{комб}$  – робоча швидкість збирального агрегату,  $g_{комб} = 2,6$  м/с;

$g_b$  – колова швидкість вальців, що становить  $g_b = 4,57$  м/с;

$\lambda_c$  – коефіцієнт проковзування самого стебла у вальцях  $\lambda_c = 3$

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	БР 00.000 ПЗ				

Явище обчісування качанів зі стебел характерне для пікерних вальців і виникає тоді, коли діаметр стебла менший за робочий зазор між відривними вальцями.

Оскільки в пікерних вальцях регулювання зазору здійснюється лише у передній (вхідній) частині, зазор поступово зменшується в напрямку до задньої частини вальців.

Через це ефект обчісування, залежно від налаштувань зазору та товщини стебел, проявляється тільки у передній частині вальців на певній довжині  $H_0$ , яка враховується у розрахункових формулах.

Відтоді:

$$\tau = \frac{0,757 \cdot \cos 33^\circ}{2,5} + \frac{3,35 - 0,757 \cdot \sin 33^\circ}{4,57} \cdot 3 = 2,9 \text{ с.}$$

Приймаємо:  $\tau=3$  с.

Довжина вальців обчислюється в залежності від вибраної схеми машини. При цьому мають бути забезпечені показники їх міцності і жорсткості.

Довжина самих вальців повинна бути чітко пов'язана з можливістю їх повного завантаження по всій їхній довжині.

Таким чином, тоді:

$$H_p = \frac{g_{\text{комб}} \cdot \tau \cdot k_{\text{дс}} \cdot F_c}{L_c \cdot h_{\text{вср}} \cdot k_{\text{щ}}}, \quad (4.6)$$

де:  $F_c$  – середня площа перетину даного стебла, що є зім'ятим вальцями до максимального допустимого ступеня,  $F_c=0,0016 \text{ м}^2$ ;

$h_{\text{вср}}$  – значення середнього робочого зазору між відривними вальцями,  $h_{\text{вср}}=0,015 \text{ м}$ ;

$L_c$  – відстань між стеблами в рядах,  $L_c=0,7 \text{ м}$ ;

$k_{\text{щ}}$  – коефіцієнт, що характеризує заповнення щілини стеблами. Також він характеризує ступінь заповнення робочої щілини вальців одночасно

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

БР 00.000 ПЗ

прокачуваними стеблами кеукурудзи. Значення його на підставі проведених експериментальних даних можуть прийматися в обчисленнях в межах 0,6–0,8.

Згідно виразу (4.6) довжина вальців становить:

$$H_p = \frac{2,6 \cdot 3 \cdot 0,785 \cdot 0,040^2}{0,7 \cdot 0,015 \cdot 0,7} = 1,11 \text{ м.}$$

Приймаємо:  $H_p = 1 \text{ м.}$

Тепер знаходимо кількість одночасно прокачуваних стебел кукурудзи:

$$n_c = \frac{h_{всп} \cdot H_p \cdot k_{ш}}{k_{дс} \cdot F_c}, \quad (4.7)$$

де:  $h_{всп}$  – зазор між встановленими вальцями,  $h_{всп}=0,015 \text{ м.}$

$H_p$  – довжина вальців,  $H_p=1 \text{ м.}$

$$n_c = \frac{0,015 \cdot 1 \cdot 0,7}{0,785 \cdot 0,040^2} = 8,3 \text{ стебла.}$$

Приймаємо для обчислень 8 стебел.

Якщо вважати, що відривні вальці допускають тільки одночасне прокачування  $n_c$  стебел, то тоді пропускну спроможність обчислюється із залежності:

$$Q_{ом} = \frac{n_c \cdot q_c}{\tau}, \quad (4.8)$$

де:  $q_c$  – середнє значення ваги тільки одного стебла,  $q_c=1,15 \text{ кг.}$

$$Q_{ом} = \frac{8 \cdot 1,15}{3} = 3,06 \text{ кг/с.}$$

Робоча швидкість пересування даного збирального агрегату залежить від пропускну спроможності конструкції відривних вальців. Практично доказано, що відривні вальці в польових умовах, як правило, повністю не завантажєні.

Таким чином, величина подачі стебел в відривні вальці досить залежна від показника робочої швидкості пересування вибраного нами агрегату:

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_{om} = \frac{g_{mp} \cdot q_c \cdot k}{3,6 \cdot L_c}, \quad (4.9)$$

де:  $k$  – кількість рядків, з яких стебла потрапляють в одну пару відривних вальців,  $k=1$ .

$$G_{om} = \frac{2,6 \cdot 1,15 \cdot 1}{3,6 \cdot 0,7} = 1,18 \text{ кг/с.}$$

Умова забезпечення якісної роботи відривних вальців наполягає на тому, що подача не повинна перевищувати пропускної спроможності конструкції вальців. Як видно, дана умова виконується.

### 4.3 Кінематичний розрахунок.

#### 4.3.1. Визначення кінематичних параметрів приводу відривних вальців.

Обчислимо загальне передавальне число при передачі обертання вальцями:

$$i_{zag} = \frac{n_{вал.}}{n_{ов.}}, \quad (4.10)$$

$$i_{zag} = \frac{943,4}{2100} = 0,449.$$

Згідно розробленої кінематичної схеми, так само загальне передавальне число має бути виражено наступною залежністю:

$$i_{zag.} = i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot i_4 \cdot i_5, \quad (4.11)$$

де:  $i_1, i_2$  – значення передавальних чисел клинопасових передач;

$i_3, i_4$  – значення передавальних чисел ланцюгових передач;

$i_5$  – значення передавального числа конічної зубчатої передачі.

Приймаємо значення передавального числа першої пасової передачі, що є рівною 0,75 і діаметр малого шківів – 0,358 м.

Відтоді, діаметр великого шківів першої пасової передачі буде становити:

					БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_2 = \frac{D_1}{i_1}, \quad (4.12)$$

$$D_2 = \frac{0,358}{0,75} = 0,477 \text{ м.}$$

Приймаємо:  $D_2=0,47$  м.

Обчислимо дійсне передавальне число передачі:

$$i_1 = \frac{D_1}{D_2} = \frac{0,358}{0,47} = 0,76.$$

Частота обертання для першої пасової передачі становитиме:

$$n_1 = n_{об} \cdot i_1,$$
$$n_1 = 2100 \cdot 0,76 = 1599,5 \text{ хв}^{-1}.$$

Таким чином, приймаємо передаточне число для другої пасової передачі, рівним 0,5 м та діаметр малого шківа, рівним 0,225 м.

Тоді, діаметр великого шківа для другої пасової передачі має становити:

$$D_4 = \frac{D_3}{i_2},$$
$$D_4 = \frac{0,225}{0,5} = 0,45 \text{ м.}$$

Приймаємо:  $D_4=0,45$  м.

Далі, дійсне передавальне число передачі становитиме:

$$i_2 = \frac{D_3}{D_4} = \frac{0,225}{0,45} = 0,5.$$

Частота обертання для пасової передачі буде становити:

$$n_2 = n_1 \cdot i_2,$$
$$n_2 = 1599,4 \cdot 0,5 = 799 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо значення передавального числа для першої ланцюгової передачі рівним 0,75 та кількість зубів ведучої зірочки 21.

Тоді, обчислимо кількість зубів веденої зірочки за формулою:

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$z_2 = \frac{z_1}{i_3}, \quad (4.13)$$

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

Визначаємо частоту обертання для першої ланцюгової передачі:

$$n_3 = n_2 \cdot i_3,$$

$$n_3 = 799 \cdot 0,75 = 599,2 \text{ хв}^{-1}.$$

Приймаємо значення передавального числа для конічної зубчатої передачі рівним 2,25 та число зубів ведучої шестерні рівним 28.

Тоді, кількість зубів веденої шестерні буде становити:

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

$$z_6 = \frac{28}{2,25} = 12.$$

Відтоді, обчислюємо частоту обертання для конічної зубчатої передачі:

$$n_5 = \frac{n_6}{i_5},$$

$$n_5 = \frac{943,4}{2,25} = 419,2 \text{ хв}^{-1}.$$

Отже, значення передавального числа для другої ланцюгової передачі, яка передає обертання до качановідокремлюючих валець, 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,  $i_{заг}=0,449$ ;

$$i_4 = \frac{0,449}{0,76 \cdot 0,5 \cdot 0,75 \cdot 2,25} = 0,7.$$

Приймаємо кількість зубів для ведучої зірочки рівним 26.

Тоді, кількість зубів для веденої зірочки становитиме:

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$z_4 = \frac{26}{0,7} = 37,1.$$

Приймаємо:  $z_7=36$ . Тоді дійсне значення передавального відношення для другої ланцюгової передачі і загальне будуть дорівнювати:

$$i_4 = \frac{26}{36} = 0,72.$$

$$i_{заг} = 0,76 \cdot 0,5 \cdot 0,75 \cdot 0,72 \cdot 2,25 = 0,461.$$

І нарешті, обчислюємо частоту обертання відривних вальців з врахуванням остаточного значення загального передавального відношення використовуючи вираз:

$$n_6 = 2100 \cdot 0,461 = 968,1 \text{ хв}^{-1}.$$

#### 4.4. Розрахунки на міцність деталей і вузлів.

##### 4.4.1. Розрахунок на міцність відривних вальців.

Використовуємо вираз для межі витривалості при симетричному циклі:

$$\sigma_{-1} = 0,42 \cdot \sigma_B,$$

де:  $\sigma_B$  – значення для межі міцності легованої сталі матеріалу валу при розтягуванні становить  $\sigma_B=650$  МПа.

$$\sigma_{-1} = 0,42 \cdot 650 = 273 \text{ МПа.}$$

Визначаємо межу витривалості при пульсуючому циклі:

$$\sigma_0 = 70 + 1,4\sigma_{-1},$$

де:  $\sigma_{-1}$  – значення межі витривалості при симетричному циклі, що становить  $\sigma_{-1}=273$  МПа.

$$\sigma_0 = 70 + 1,4 \cdot 273 = 452,2 \text{ МПа.}$$

Обчислюємо коефіцієнт чутливості при асиметрії циклу за наступним виразом:

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\zeta = \frac{2\sigma_B - \sigma_0}{\sigma_0},$$

де:  $\sigma_B$  – значення межі міцності матеріалу валу при розтягуванні, що є  $\sigma_B=650$  МПа.

$$\zeta = \frac{2 \cdot 650 - 452,2}{452,2} = 1,87.$$

Встановлюємо постійні складові напруги кручення в конкретному перетині:

$$\tau_m = \frac{M_{кр}}{W_{кр}},$$

де:  $M_{кр}$  – значення максимального крутного моменту, що є  $M_{кр}=52,88$  Н·м;

$W$  – момент опору встановленого перетину згідно джерел,  $W=18,78 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>;

Підставляємо значення до формули:

$$\tau_m = \frac{52,88}{18,78 \cdot 10^{-6}} = 2,81 \text{ МПа.}$$

Тепер розрахуємо змінну напругу циклу за такою формулою:

$$\tau_a = 0,5 \cdot \tau_m,$$

$$\tau_a = 0,5 \cdot 2,81 = 1,41 \text{ МПа.}$$

Встановлюємо згідно виразу коефіцієнт запасу міцності по дотичних напругах:

$$n_\tau = \frac{\tau_\sigma}{\zeta \cdot \frac{k_\tau}{\varepsilon_n \cdot \varepsilon_\mu} \cdot \tau_a + \tau_m},$$

де:  $\tau_\sigma$  – значення межі міцності по дотичних напругах, що становить  $\tau_\sigma=35$  МПа;

$\xi$  – чинник чутливості при асиметрії циклу  $\xi=1,5$ ;

					БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\varepsilon_n$  – чинник, що враховує якість механічної обробки та становить  $\varepsilon_n=1$ ;

$k_\tau$  – коефіцієнт, що визначає концентрацію напруг в перетині при крученні, він є  $k_\tau=3,15$ ;

$\varepsilon_\mu$  – чинник, що враховує вплив абсолютних розмірів,  $\varepsilon_\mu=1$ .

Підставляємо до формули відомі чинники та отримуємо значення коефіцієнту міцності по дотичних напругах:

$$n_\tau = \frac{35}{1,5 \cdot \frac{3,15}{1 \cdot 1} \cdot 1,41 + 2,81} = 3,69.$$

Обчислюємо постійні складові напруг вигину в перетині використовуючи наступну формулу:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{z2 \max}}{W_{z2}},$$

де:  $M_{z2 \max}$  – значення максимального згинаючого моменту,  $M_{z2 \max}=82,65$  Н·м;

$W_{z2}$  – значення моменту опору вигину,  $W_{z2}=10,99 \cdot 10^{-6}$  м<sup>3</sup>;

Встановлюємо коефіцієнт запасу міцності по нормальних напругах:

$$\sigma_{\max} = \frac{82,65}{10,99 \cdot 10^{-6}} = 7,52 \text{ МПа.}$$

Обчислюємо коефіцієнт запасу міцності по нормальних напругах:

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_\sigma}{\varepsilon_{\mu\sigma} \cdot \varepsilon_n} \cdot \sigma_{\max}}$$

де:  $K_\sigma$  – коефіцієнт, що враховує концентрацію напруг,  $K_\sigma=2,35$ ;

$\varepsilon_{\mu\sigma}$  – чинник впливу абсолютних розмірів при вигині,  $\varepsilon_{\mu\sigma}=0,76$ ;

$\varepsilon_n$  – чинник, що враховує чистоту поверхні,  $\varepsilon_n=1$ ;

$\sigma_{-1}$  – значення межі витривалості при симетричному циклі,  $\sigma_{-1}=25$  МПа;

$\sigma_{\max}$  – постійні складові напруг в зоні вигину,  $\sigma_{\max}=7,58$  МПа.

					БР 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n_{\sigma} = \frac{25}{\frac{2,35}{0,76 \cdot 1} \cdot 7,58} = 1,07.$$

І нарешті, обчислюємо запас міцності:

$$n = \frac{n_{\sigma} \cdot n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 + n_{\tau}^2}},$$

$$n = \frac{1,07 \cdot 3,69}{\sqrt{1,07^2 + 3,69^2}} = 1,03.$$

#### 4.5. Висновок по розділу

В інженерному розділі обґрунтовано потребу у внесенні змін до конструкції бітерів кукурудзозбирального комбайна КСКУ–6 з метою усунення наявних недоліків у його роботі, а також запропоновано нові конструктивні рішення для окремих вузлів, що перебувають у розробці.

Під час технологічного розрахунку були визначені оптимальні режими функціонування качановідокремлюючих вальців і бітерної системи подачі листостеблової маси.

На основі аналізу встановлено навантаження та зусилля, що впливають на робочі органи та деталі, а також визначено розрахункові значення для перевірки їхньої міцності, включаючи коефіцієнт запасу.

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5. Охорона праці

### 5.1.1. Особливості потрібних умов праці при вирощуванні кукурудзи

Під час вирощування кукурудзи виконується низка технологічних операцій, перелік яких наведено у відповідному розділі. Розглянемо основні вимоги щодо безпеки праці під час їх здійснення.

Шкідливі та небезпечні умови для механізаторів можуть виникати внаслідок зношування техніки, її неправильної експлуатації, конструктивних недоліків, несправностей або незадовільного технічного стану машин. Такі фактори підвищують ризик виникнення виробничого травматизму.

Кліматичні умови робочого середовища істотно впливають на ефективність роботи людини. Висока температура повітря може спричинити перегрівання організму, що проявляється загальною слабкістю, головним болем і зменшенням продуктивності праці на 10–15%.

За умов високої відносної вологості повітря (70–90%) працювати стає значно важче, а продуктивність може знижуватись на третину.

Крім того, підвищена концентрація пилу у повітрі робочої зони негативно впливає на органи дихання, легені та очі працівників.

Під час роботи тракторів і сільськогосподарської техніки утворюється виробничий шум, який справляє шкідливий вплив на організм людини. Надмірна інтенсивність шуму спричиняє втому, знижує слухову чутливість, негативно впливає на нервову систему. Крім того, сильний шум ускладнює орієнтацію в просторі та часі, заважає розпізнаванню світлових сигналів, знижує продуктивність праці на 5–12% та підвищує ризик виробничого травматизму.

Подібний вплив має і вібрація, яка при тривалому впливі може стати причиною розвитку вібраційної хвороби.

Під час роботи тракториста-машиніста на нього впливають відпрацьовані гази двигунів внутрішнього згорання, пестициди та мінеральні добрива. Ці токсичні речовини проникають в організм через дихальні шляхи та шкіру, що може викликати різні порушення здоров'я.

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Крім хімічного та фізичного впливу, важливе значення мають і фізіологічні чинники, зокрема, динамічне та статичне навантаження під час виконання роботи.

### **5.5.2. Аналіз небезпечних і шкідливих всіх факторів, що можуть виникнути під час роботи на комбайні КСКУ-6**

До основних небезпечних і шкідливих факторів, що впливають на безпеку експлуатації кукурудзозбирального комбайна КСКУ-6, належать:

- рухомі частини – до них належать транспортні механізми, очисний пристрій, а також сам агрегат у русі;
- обертові вузли – зокрема, елементи приводу очисного пристрою, транспортерів, двигуна і ходової системи;
- підвищений шумовий фон, що виникає внаслідок роботи двигуна і транспортерів, негативно впливає на слух і нервову систему оператора;
- вібраційний вплив – спричиняється роботою двигуна, молотильного апарату й системи очищення; при тривалій дії може викликати вібраційне навантаження на організм;
- висока запиленість повітря в зоні роботи механізатора, що шкідливо впливає на органи дихання;
- хімічний вплив паливно-мастильних матеріалів, зокрема моторного масла М-10Г2К, які можуть викликати подразнення шкіри й дихальних шляхів;
- пожежна небезпека, зумовлена можливими витокami паливно-мастильних речовин, перегрівом вузлів через тертя, коротким замиканням в електричній системі, а також роботою двигуна при високих навантаженнях;
- ризик ураження електричним струмом, що виникає під час роботи під повітряними лініями електропередач, а також у результаті накопичення статичної електрики;
- підвищена висота розташування робочого місця оператора, що створює додаткову небезпеку падіння;

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- гострі краї елементів конструкції, які становлять ризик порізів і травмування;

- змінні мікрокліматичні умови, які залежать від погодних умов під час збирання врожаю та можуть викликати перегрів або переохолодження;

- наявність гарячих поверхонь, зокрема на двигунах і в системах охолодження, що може призвести до опіків у разі необережного контакту;

- виконання польових робіт при недостатньому природному освітленні.

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 6. Висновки

У цій бакалаврській роботі запропоновано проєкт механізації процесу вирощування кукурудзи на силос, спрямований на отримання силосної маси з мінімальними витратами ручної праці.

Були вдосконалені технологічна та операційно-технологічна карти, що дало змогу завчасно та якісно підготувати машино-тракторний парк для виконання всіх операцій, пов'язаних із вирощуванням кукурудзи на силос.

У інженерному розділі з метою усунення намотування рослинних решток на вальці розроблено новий чистик і запропоновано конструкцію вальців із підвищеною жорсткістю. Проведено всі необхідні технологічні, кінематичні, енергетичні розрахунки, а також розрахунки на міцність конструктивних елементів.

У розділі з охорони праці розглянуто комплекс заходів щодо усунення шкідливих і небезпечних факторів, що можуть виникати під час експлуатації збирального агрегату.

Отримані результати підтверджують доцільність запропонованих технічних і технологічних удосконалень, обґрунтованих у відповідних розділах роботи.

					<i>БР 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



# ДОДАТКИ













