

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2026 р.

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

«Механізація вирощування кукурудзи на зерно з
модернізацією транспортерів качанів комбайна».

Виконав здобувач вищої освіти IV курсу,
групи AI-22-1

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Селезень Богдан Миколайович

« ____ » _____ 2026 р.

Керівник проекту

доц., канд. техн. наук

_____ Руслан КІСІЛЬОВ

« ____ » _____ 2026 р.

Рецензент

доцент, канд. техн. наук

_____ Дмитро ГОЛУБ

« ____ » _____ 2026 р.

Кропивницький

Перв. примен.	№ строки	Формат	Обозначение	Наименование	Кол. листов	№ экз.	Примечание				
			1								
			2						Документация общая		
			3								
			4						Заново розроблена		
Справ. №	5										
	6	A4	КСКУ 00. 000 ПЗ	Пояснювальна записка	1						
	7										
	8			Документация по							
	9			технологічній частині							
	10										
	11			Заново розроблена							
	12										
	13	A1	КСКУ 00. 001 ТЧ	Технологічна карта	1						
	14										
Подп. и дата	15	A1	КСКУ 00. 002 ТЧ	Операційно-технологічна	1						
	16			карта збирання кукурудзи							
	17			на зерно							
	18										
Инв. № дубл.	19			Документация по							
	20			інженерній частині							
	21										
Взам. инв. №	22			Заново розроблена							
	23										
	24	A1	КСКУ 00. 000 С2	Комбайн самохідний	1						
Подп. и дата											
Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Відомість роботи					
	Разраб.	Селезень									
	Пров.	Кісільов									
	Н.контр.	Артеменко									
	Утв.	Василькобський									
Лит.		Лист	Листов								
		1	2								
				ЦНТУ, гр. АІ-22-1							

№ строки	Формат	Обозначение	Наименование	Кол. листов	№ экз.	Примечание
1			кукурудзозбиральний КСКУ-6			
2						
3	A1	КСКУ 00. 010 СБ	Транспортер	1		
4						
5			Документація по деталях			
6						
7			Заново розроблена			
8						
9						
10	A3	КСКУ 00. 010. 401	Корпус	1		
11						
12						
13	A3	КСКУ 00. 010. 502	Зірочка	1		
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
27						
28						
29						

Инд. № подл.

Подп. и дата

Взам. инд. №

Инд. № дцкл.

Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

БР 00. 000 ВП

Лист

2

ЗМІСТ

стор.

1. Вступ.....	
2. Характерний аналіз сучасної технології вирощування кукурудзи на зерно з встановленим напрямом удосконалення.....	
3. Операційна технологія збирання кукурудзи на зерно.....	
4. Інженерна частина.....	
5. Охорона праці.....	
6. Висновки.....	
Список літератури.....	
Додатки	

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

ВСТУП

Україна сьогодні залишається державою з потужним аграрним потенціалом. Саме тому впровадження сучасних, високоефективних технологій у процеси вирощування й обробітку основних сільськогосподарських культур, разом із раціональним використанням вітчизняної техніки, може суттєво підвищити обсяги валового національного доходу та сприяти зростанню добробуту населення.

В умовах економічної нестабільності особливої актуальності набуває розроблення й реалізація інноваційних рішень, що забезпечують максимально ефективне та рентабельне використання кожного гектара ріллі, кожного кілограма мінеральних добрив і кожної інвестованої гривні в аграрний сектор.

Досягнення високої врожайності можливе лише за умови повного забезпечення рослин необхідними факторами зовнішнього середовища. Це передбачає раціональне поєднання матеріальних, трудових і природно-кліматичних ресурсів, а також активне застосування інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур.

У зв'язку з цим у бакалаврській роботі поставлено завдання вдосконалити сам процес механізації вирощування такої культури як кукурудза на зерно шляхом модернізації комбайна марки КСКУ-6. Реалізація запропонованих рішень має забезпечити зменшення втрат зерна під час збирання врожаю цієї культури.

У результаті це сприятиме підвищенню рентабельності галузі рослинництва, а також поліпшенню кормової бази тваринництва за рахунок більш повного використання вирощеної продукції.

					БР 00.000 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вступ			Літ.	Арк.	Акрушіє
Розроб.		Селезень								
Перевір.		Кісільов								
Реценз.								ЦНТУ, гр. АІ-22-1		
Н. Контр.		Артеменко								
Затверд.		Васильковський								

2. Характерний аналіз сучасної технології вирощування кукурудзи на зерно з встановленим напрямом удосконалення

Відповідно до науково обґрунтованих рекомендацій [1], одним із головних напрямів підвищення продуктивності кукурудзи є впровадження комплексу взаємопов'язаних агротехнічних заходів, спрямованих на створення оптимальних умов для росту, розвитку та реалізації генетичного потенціалу культури. Для досягнення високих і стабільних показників урожайності необхідно забезпечити раціональне розміщення посівів у сівозміні після найбільш цінних попередників, які сприяють накопиченню вологи, покращенню структури ґрунту та зменшенню рівня його забур'яненості. Важливим елементом технології є також використання високопродуктивних гібридів різних груп стиглості, що дає змогу максимально адаптувати посіви до конкретних природно-кліматичних умов та ефективніше використовувати ресурси вегетаційного періоду. Особлива увага повинна приділятися системі живлення рослин, яка має забезпечувати їх необхідною кількістю макро- та мікроелементів відповідно до запланованого рівня врожайності. Не менш важливим є своєчасне та якісне виконання всіх технологічних операцій — від підготовки ґрунту і сівби до догляду за посівами та збирання врожаю. Дотримання оптимальних агротехнічних строків проведення робіт сприяє кращому використанню природних ресурсів і створює сприятливі умови для формування високої продуктивності рослин.

Вагомою складовою сучасної технології вирощування кукурудзи є застосування інтегрованої системи захисту посівів від бур'янів, шкідників та хвороб, яка поєднує агротехнічні, біологічні та хімічні методи контролю шкідливих організмів. Такий підхід дозволяє мінімізувати втрати врожаю та підвищити економічну ефективність виробництва. Загалом отримання високих урожаїв зерна можливе лише за умови неухильного дотримання всіх вимог технології вирощування та комплексного виконання передбачених агротехнічних заходів.

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

Разом із цим під час розроблення та впровадження технології вирощування кукурудзи необхідно враховувати конкретні природно-виробничі умови господарства. Значний вплив на ефективність окремих технологічних прийомів мають ґрунтово-кліматичні особливості регіону, рельєф місцевості, попередники в сівозміні, рівень забезпечення вологою, а також ступінь, видовий склад і характер забур'яненості полів. Урахування цих факторів дає можливість своєчасно коригувати технологічні рішення, оптимізувати використання матеріально-технічних ресурсів та створювати найбільш сприятливі умови для формування високого й якісного врожаю зерна кукурудзи.

Лушення

Лушіння стерні є важливим агротехнічним заходом у системі основного обробітку ґрунту, який виконують одночасно зі збиранням попередньої культури або безпосередньо після його завершення. Основною метою цієї операції є розпушення поверхневого шару ґрунту, створення сприятливих умов для накопичення та збереження продуктивної вологи, активізація мікробіологічних процесів і прискорення розкладання рослинних решток. Крім того, лушіння сприяє знищенню сходів бур'янів, зменшенню чисельності шкідників та збудників хвороб, а також покращує умови для якісного виконання наступних операцій основного обробітку, зокрема оранки.

Ефективність проведення лушіння значною мірою залежить від правильного вибору способу його виконання. При цьому враховують біологічні особливості культури-попередника, механічний склад і вологість ґрунту, ступінь його ущільнення, а також видовий склад та рівень забур'яненості поля. За наявності переважно однорічних бур'янів і великої кількості післяжнивних решток доцільним є використання дискових лушильників, які забезпечують інтенсивне подрібнення та часткове загортання рослинних залишків у ґрунт. У випадках, коли поле засмічене багаторічними коренепаростковими бур'янами або потребує більш глибокого

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

підрізання кореневої системи, перевагу надають лемішним лушпильникам, які ефективніше підрізають бур'яни та сприяють їх подальшому пригніченню.

Таким чином, своєчасне та якісне проведення лушпіння стерні забезпечує покращення агрофізичних властивостей ґрунту, сприяє збереженню його родючості, підвищує ефективність боротьби з бур'янами та створює оптимальні умови для виконання наступних технологічних операцій і формування високого врожаю сільськогосподарських культур.

Внесення добрив

Згідно з рекомендаціями [2], ефективна система удобрення кукурудзи повинна бути спрямована на створення та підтримання оптимального поживного режиму ґрунту, що забезпечує повноцінний ріст і розвиток рослин протягом усього періоду вегетації. Високий рівень урожайності та належна якість зерна досягаються завдяки комплексному застосуванню органічних і мінеральних добрив, норми внесення яких визначаються з урахуванням запланованої урожайності, агрохімічних показників ґрунту та біологічних особливостей культури. Найбільшої ефективності досягають за внесення добрив у розрахункових дозах під основний обробіток ґрунту, безпосередньо перед сівбою або під час її проведення. Кукурудза належить до культур із високою потребою в елементах мінерального живлення. Для формування однієї тони зерна разом із відповідною кількістю побічної продукції рослини в середньому використовують близько 24,6 кг азоту, 9,9 кг фосфору та 25,5 кг калію. Тому забезпечення посівів необхідною кількістю цих елементів є важливою умовою реалізації продуктивного потенціалу сучасних гібридів. Азот відіграє ключову роль у процесах росту та формування вегетативної маси. Його нестача, особливо на ранніх етапах розвитку рослин і в умовах знижених весняних температур, призводить до пригнічення ростових процесів, погіршення розвитку кореневої системи та зниження майбутньої продуктивності посівів. Найбільш інтенсивне засвоєння азоту відбувається в період активного росту рослин, формування качанів та наливу зерна, коли потреба культури в цьому елементі досягає максимального рівня.

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

Фосфор є важливим компонентом енергетичного обміну рослин і суттєво впливає на розвиток кореневої системи, прискорення проходження фенологічних фаз та формування генеративних органів. Хоча найбільша загальна потреба кукурудзи у фосфорі спостерігається під час молочно-воскової стиглості зерна, найбільш чутливими до його дефіциту рослини є на початкових етапах розвитку, зокрема у фазі двох-трьох листків. Недостатнє забезпечення фосфором у цей період спричиняє затримку росту, подовження вегетаційного періоду та негативно позначається на врожайності й якості зерна.

Калій бере активну участь у регулюванні водного режиму рослин, процесах фотосинтезу та синтезу вуглеводів. Значна його кількість засвоюється вже під час проростання насіння та на початкових стадіях розвитку культури. Максимальна інтенсивність споживання калію припадає на період приблизно за 10-12 діб до початку формування качанів. Після завершення цього етапу швидкість засвоєння поступово знижується, хоча потреба рослин у калійному живленні залишається важливою до кінця вегетації.

У системі удобрення кукурудзи особливе значення мають органічні добрива, які є важливим джерелом поживних речовин та сприяють покращенню агрофізичних, агрохімічних і біологічних властивостей ґрунту. У всіх ґрунтово-кліматичних зонах їх рекомендується вносити під основний обробіток ґрунту після проведення луцення стерні та перед виконанням оранки. На дерново-підзолистих ґрунтах оптимальна норма внесення органічних добрив становить 30-40 т/га, тоді як на вилужених чорноземах вона може бути зменшена до 15-20 т/га завдяки вищому природному рівню родючості цих ґрунтів. Для механізованого внесення органічних добрив доцільно використовувати розкидач ПРТ-10, який забезпечує рівномірний розподіл добрив по поверхні поля та високу продуктивність виконання технологічної операції.

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

Оранка

Оранка згідно [3] традиційно залишається одним із найбільш поширених і ефективних способів основної обробки ґрунту в технології вирощування кукурудзи. Її широко застосовують у різних ґрунтово-кліматичних зонах, насамперед на рівнинних територіях та на ґрунтах, які не зазнають інтенсивного впливу водної або вітрової ерозії. Проведення оранки забезпечує якісне розпушення орного шару, загортання рослинних решток, бур'янів і добрив, покращує водно-повітряний режим ґрунту та створює сприятливі умови для розвитку кореневої системи рослин. Глибину виконання основної обробки визначають залежно від ґрунтових умов, механічного складу ґрунту, ступеня його ущільнення та особливостей попередника. На чорноземах звичайних і південних, які характеризуються значною потужністю гумусового горизонту та високою природною родючістю, оранку, як правило, виконують плугами з передплужниками на глибину 27–30 см. Такий обробіток сприяє ефективному розпушенню ґрунту, покращенню його структури та створенню оптимальних умов для накопичення й збереження вологи. Важливе значення оранка має і як один із заходів боротьби з ерозійними процесами. На полях з односторонніми схилами крутизною до 2° її рекомендується проводити впоперек схилу, що сприяє затриманню поверхневого стоку води та зменшенню втрат родючого шару ґрунту. За умови своєчасного та якісного виконання такого агротехнічного прийому створюються сприятливі умови для додаткового накопичення в ґрунті 80–100 м³/га талих вод, які є важливим джерелом вологи для рослин у початковий період вегетації.

Завдяки покращенню водного режиму ґрунту та ефективнішому використанню запасів продуктивної вологи підвищується забезпеченість рослин вологою в критичні фази розвитку, що позитивно впливає на формування врожаю. Практичні результати свідчать, що застосування оранки як протиерозійного заходу може забезпечити приріст урожайності зерна кукурудзи в межах 1,0–1,5 ц/га, а також сприяє підвищенню стабільності виробництва культури в умовах недостатнього та нестійкого зволоження.

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

Ранньовесняне боронування

Отже, цю операцію виконують з метою розпушення верхнього шару ґрунту та формування на поверхні ріллі суцільного дрібногрудочкуватого шару, який зменшує втрати вологи, знищує проростаючі бур'яни й створює сприятливі та гарні умови для досягання ґрунту в зоні активного загортання насіння.

Глибина обробітку не перевищує 3 см. Основними вимогами є інтенсивне кришіння ґрунту та повне знищення бур'янів. Роботу виконують відповідним енергетичним засобом за допомогою зчіпки та зубових борін, наприклад ЗБЗСС-1,0.

Передпосівний обробіток ґрунту

Відповідно до рекомендацій [4], передпосівний обробіток ґрунту є одним із найважливіших елементів технології вирощування кукурудзи, оскільки саме від якості його виконання значною мірою залежать умови проростання насіння, рівномірність формування сходів та подальший розвиток рослин. Правильно підготовлений посівний шар забезпечує оптимальне розміщення насіння на заданій глибині, створює сприятливий водно-повітряний режим і сприяє швидкому утворенню потужної кореневої системи. У результаті рослини отримують кращі умови для росту, що позитивно впливає на формування врожаю та підвищення його якісних показників. Особливого значення передпосівний обробіток набуває в забезпеченні дружної та рівномірної появи сходів. Вирівняна поверхня поля, дрібногрудочкувата структура верхнього шару ґрунту та достатня кількість доступної вологи створюють оптимальні умови для одночасного проростання насіння. Це сприяє вирівнюванню посівів за фазами розвитку, покращує ефективність подальших технологічних операцій і забезпечує більш повне використання рослинами поживних речовин, вологи та сонячної енергії.

Способи виконання передпосівного обробітку та вибір відповідних ґрунтообробних машин визначаються конкретними погодними умовами, що склалися перед сівбою, а також фізичним станом ґрунту. Основним завданням

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

є збереження накопиченої вологи, знищення проростків бур'янів і створення якісного посівного ложа. Для виконання цієї операції широко застосовують культиватори типу КПСП-4, які забезпечують ефективне розпушення верхнього шару ґрунту, вирівнювання поверхні поля та підготовку його до проведення сівби.

У разі необхідності під час передпосівної культивації одночасно виконують внесення гербіцидів, що дозволяє поєднати декілька технологічних операцій за один прохід агрегату. Такий підхід сприяє скороченню витрат пального, зменшенню ущільнення ґрунту технікою та підвищенню загальної ефективності технологічного процесу. Своєчасне застосування гербіцидів забезпечує надійний контроль бур'янової рослинності на початкових етапах розвитку культури, що є важливою передумовою формування високого та стабільного врожаю кукурудзи.

Сівба кукурудзи

Згідно рекомендацій [5], сівба кукурудзи належить до найбільш відповідальних технологічних операцій, оскільки саме на цьому етапі закладаються передумови для формування майбутнього врожаю. Від якості проведення сівби значною мірою залежить ефективність подальших агротехнічних заходів, рівномірність розвитку рослин, їх продуктивність та здатність максимально реалізувати свій генетичний потенціал. Технологія сівби включає низку взаємопов'язаних елементів, серед яких особливе значення мають вибір оптимальних строків проведення робіт, спосіб сівби, якість підготовки насіннєвого матеріалу, встановлення раціональної норми висіву, визначення глибини загортання насіння та забезпечення рослин стартовим живленням. До проведення сівби приступають лише після створення сприятливих температурних умов для проростання насіння. Оптимальним вважається період, коли температура ґрунту на глибині 10 см у денні години стабільно досягає 10–12 °С. За нижчих температурних показників процес проростання сповільнюється, підвищується ризик ураження насіння та проростків збудниками хвороб, а також знижується

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

польова схожість, що може негативно вплинути на формування необхідної густоти посіву. Саме тому дотримання оптимальних строків сівби є важливою умовою отримання дружних і рівномірних сходів.

Під час виконання посівних робіт особливу увагу приділяють правильній організації руху посівних агрегатів по полю. Зазвичай перший прохід агрегату здійснюють від лівого краю поля, що забезпечує раціональне виконання технологічної операції та сприяє дотриманню необхідної прямолінійності рядків. Для висіву кукурудзи широко використовують просапні пневматичні сівалки типу СУПН-8А, УПС-8 та інші аналогічні машини, які забезпечують точне дозування насіння та його рівномірне розміщення в рядку при ширині міжрядь 70 см. Така схема розміщення рослин створює сприятливі умови для їх живлення, освітлення та механізованого догляду за посівами.

Важливим технологічним параметром є норма висіву насіння, яка встановлюється залежно від ґрунтово-кліматичних умов зони вирощування, особливостей гібрида та запланованої густоти стояння рослин. При вирощуванні кукурудзи на зерно вона, як правило, становить від 12 до 24 кг/га. З метою компенсації можливих втрат рослин унаслідок несприятливих умов проростання, пошкодження шкідниками або інших факторів норму висіву встановлюють дещо вищою за заплановану густоту перед збиранням урожаю. У північних районах Степу перевищення становить 20-25 %, тоді як у центральній та південній частинах степової зони - 15-20 %.

Сучасна технологія вирощування кукурудзи на зерно передбачає формування необхідної густоти рослин без проведення післясходового проріджування. Тобто насіння висівають одразу з розрахунком на кінцеву густоту стояння посівів. Оптимальна кількість рослин на одиниці площі визначається рівнем вологозабезпечення та природно-кліматичними умовами регіону. Так, у найбільш посушливих районах рекомендується формувати густоту на рівні 20-25 тис. рослин на гектар, у степових умовах із недостатнім зволоженням - 30-40 тис. рослин/га, а на зрошуваних землях цей показник

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

може досягати 50-55 тис. рослин/га. Такий підхід забезпечує найбільш ефективне використання вологи, поживних речовин і сонячної енергії.

Не менш важливим фактором є правильне визначення глибини загортання насіння. За наявності достатньої кількості вологи в посівному шарі ґрунту насіння загортають на глибину 5-7 см, що забезпечує швидке та рівномірне проростання. У разі пересихання верхнього шару ґрунту глибину загортання збільшують до 12-13 см, розміщуючи насіння у вологішому горизонті. Одночасно з висівом доцільно вносити стартові дози мінеральних добрив, зокрема гранульований суперфосфат у кількості 9-12 кг/га діючої речовини. Таке локальне внесення фосфорних добрив сприяє інтенсивнішому розвитку кореневої системи молодих рослин, підвищує їх стійкість до несприятливих умов навколишнього середовища та створює передумови для формування високого врожаю зерна кукурудзи.

Прикочування посівів

Після завершення сівби важливим елементом технології вирощування кукурудзи є прикочування посівів, яке, згідно з даними [6], сприяє створенню сприятливих умов для проростання насіння та формування рівномірних сходів. Проведення цієї операції забезпечує ущільнення верхнього шару ґрунту навколо насіння, завдяки чому покращується його контакт із ґрунтовими частинками, активізується надходження вологи до насінини та прискорюються процеси набухання і проростання. Крім того, прикочування зменшує непродуктивні втрати вологи через випаровування, що має особливе значення в умовах недостатнього зволоження. Одночасно з ущільненням посівного шару покращуються його теплові властивості. Внаслідок більш щільного прилягання ґрунтових частинок підвищується теплопровідність верхнього шару ґрунту, що сприяє його швидшому прогріванню. Це створює більш сприятливі умови для розвитку проростків та забезпечує появу дружних, вирівняних і життєздатних сходів. Рівномірність сходів є важливою передумовою формування однорідного агрофітоценозу, що в подальшому позитивно впливає на ріст рослин і величину майбутнього врожаю.

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

Особливо високу ефективність прикочування демонструє в посушливі роки та за дефіциту вологи в посівному шарі ґрунту. У таких умовах цей агротехнічний прийом дозволяє максимально зберегти наявні запаси ґрунтової вологи та підвищити польову схожість насіння. Багаторічна виробнича практика свідчить, що застосування прикочування забезпечує позитивний ефект у різних ґрунтово-кліматичних зонах незалежно від попередника, як після парових, так і після непарових культур.

Для виконання цієї технологічної операції використовують спеціальні агрегати, до складу яких входять кільчасто-коткові котки типу ЗКК-6А. Дані машини забезпечують рівномірне ущільнення поверхневого шару ґрунту без надмірного його переущільнення, що дозволяє одночасно зберегти оптимальний водно-повітряний режим та створити найкращі умови для проростання насіння. Завдяки цьому прикочування після сівби є важливим заходом, який сприяє підвищенню польової схожості, покращенню розвитку рослин у початковий період вегетації та створенню передумов для отримання високого й стабільного врожаю кукурудзи.

Підживлення рослин

Відповідно до рекомендацій [7], важливою складовою технології вирощування кукурудзи є проведення підживлення посівів мінеральними добривами в період вегетації. Цей агротехнічний захід спрямований на забезпечення рослин необхідними елементами живлення в найбільш відповідальні фази їх росту та розвитку, коли потреба в поживних речовинах значно зростає. Для виконання підживлення, як правило, використовують культиватори-рослинопідживлювачі, які дозволяють одночасно здійснювати міжрядний обробіток ґрунту та локальне внесення добрив у зону розташування кореневої системи. Перше підживлення зазвичай поєднують із проведенням міжрядного обробітку посівів. У цей період вносять комплексні мінеральні добрива в нормі $N_{30-40}P_{20-30}K_{20-30}$, що забезпечує рослини збалансованим живленням основними макроелементами. Азот сприяє інтенсивному наростанню вегетативної маси, фосфор стимулює розвиток

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

кореневої системи та енергетичний обмін, а калій покращує водний режим рослин і підвищує їх стійкість до несприятливих факторів зовнішнього середовища. Поєднання підживлення з міжрядним обробітком дозволяє підвищити ефективність використання добрив та одночасно покращити фізичний стан ґрунту. На наступних етапах органогенезу, коли рослини досягають фази 6–7 листків, відбувається активне формування генеративних органів, зокрема закладаються основні елементи майбутнього качана та інтенсивно збільшується площа листкової поверхні. У цей період значно зростає потреба кукурудзи в азотному живленні, оскільки саме азот забезпечує синтез білків, хлорофілу та інших органічних сполук, необхідних для інтенсивного росту рослин. Тому під час другого підживлення перевагу надають азотним добривам, які сприяють формуванню потужного фотосинтетичного апарату та створюють передумови для отримання високого врожаю зерна.

Водночас ефективність застосування фосфорних добрив на пізніших стадіях розвитку культури є значно нижчою. Це пояснюється тим, що найбільша потреба рослин у фосфорі припадає на ранні фази росту, коли відбувається інтенсивний розвиток кореневої системи та закладаються основи майбутньої продуктивності. Саме тому внесення фосфорних добрив у фазі 6–7 листків не забезпечує такого відчутного ефекту, як їх застосування під час основного або припосівного удобрення.

Таким чином, своєчасне проведення підживлення кукурудзи з урахуванням фізіологічних потреб рослин у різні періоди вегетації дозволяє оптимізувати поживний режим посівів, підвищити ефективність використання мінеральних добрив, покращити ріст і розвиток культури та забезпечити формування високого й якісного врожаю зерна.

Догляд за посівами

Відповідно до рекомендацій [8], одним із найважливіших завдань технології вирощування кукурудзи є ефективний контроль бур'янової рослинності протягом усього періоду вегетації. Використання сучасних

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

високоєфективних гербіцидів дозволяє значно зменшити потребу в додаткових механічних заходах догляду за посівами, скоротити витрати праці та матеріально-технічних ресурсів, а також забезпечити належний фітосанітарний стан посівів. Однак навіть за застосування хімічних засобів захисту в окремих випадках виникає потреба у проведенні післясходового боронування, внесенні страхових гербіцидів та виконанні міжрядних культивацій, спрямованих на знищення бур'янів і підтримання оптимального фізичного стану ґрунту. Особливо критичним для формування майбутнього врожаю є період від появи сходів до досягнення рослинами висоти близько 15 см. Саме в цей час кукурудза характеризується відносно повільними темпами росту і не здатна ефективно конкурувати з бур'янами за вологу, поживні речовини та сонячне світло. Дослідження показують, що за умови надійного захисту посівів від бур'янової рослинності протягом перших 30 діб після появи сходів подальше забур'янення поля практично не має істотного впливу на рівень урожайності культури. Ефективним механічним способом боротьби з бур'янами є післясходове боронування. Проведення цієї операції у фазі двох–трьох листків забезпечує знищення до 80 % сходів бур'янів, хоча при цьому можливі втрати близько 10 % рослин кукурудзи. У фазі чотирьох–п'яти листків культура стає більш стійкою до механічного впливу, тому ризик її пошкодження значно зменшується. Для виконання боронування рекомендується використовувати легкі або середні борони, які забезпечують ефективне розпушування поверхневого шару ґрунту при мінімальному травмуванні культурних рослин.

Найкращих результатів досягають за проведення боронування у найтеплішу частину дня. У цей період вирвані або підрізані бур'яни швидко втрачають вологу та гинуть, тоді як рослини кукурудзи через часткове зниження тургору стають менш крихкими і краще витримують механічний вплив робочих органів. Під час налаштування агрегату необхідно забезпечити чіткий слід кожного зуба борони, підтримуючи глибину обробітку в межах 2–4 см і швидкість руху агрегату на рівні 4,5–5 км/год.

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

Перший міжрядний обробіток виконують у фазі двох-трьох листків кукурудзи. Основною його метою є знищення молодих бур'янів, руйнування ґрунтової кірки та покращення аерації верхнього шару ґрунту. Глибина розпушування при цьому становить 10-12 см. Для запобігання засипанню молодих рослин ґрунтом роботи проводять на зниженій швидкості, яка зазвичай не перевищує 5-6 км/год.

У разі повторного забур'янення посівів виконують другий міжрядний обробіток. Його глибина становить 6-8 см, тоді як наступні культивації проводять на глибину не більше 5-6 см. Таке поступове зменшення глибини розпушування дозволяє уникнути пошкодження кореневої системи кукурудзи, яка в процесі росту все більше концентрується у верхніх шарах ґрунту. Для підтримання міжрядь у чистому від бур'янів та добре розпушеному стані зазвичай здійснюють не менше трьох міжрядних обробітків протягом вегетаційного періоду.

Важливою умовою якісного виконання міжрядних культивацій є правильне налаштування просапного агрегату. Робочий слід культиватора повинен точно збігатися зі стиковими міжряддями посіву, що забезпечує мінімальні пошкодження рослин та високу якість обробітку. Так, посіви кукурудзи, висіяні сівалками типу УПС-8, доцільно обробляти культиватором-рослинопідживлювачем КРН-5,6, який забезпечує ефективне розпушування міжрядь і, за необхідності, одночасне внесення добрив.

Не менш важливим є правильний вибір робочих органів культиватора залежно від стану ґрунту та рівня забур'яненості посівів. На відносно пухких ґрунтах найкращі результати забезпечує комплект, до складу якого входить універсальна стрілчаста лапа шириною захвату 220 або 270 мм, розташована по центру міжряддя, та полільні лапи шириною 165 мм, встановлені по його краях. Для забезпечення суцільного підрізання бур'янів перекриття лап повинно становити не менше 3-4 см. Стрілчасті лапи ефективно знищують бур'яни шляхом підрізання їх кореневої системи, проте за глибокого обробітку недостатньо якісно подрібнюють і перемішують ґрунт. На ущільнених

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

ділянках вони можуть утворювати грудкувату поверхню, яка швидко втрачає вологу. Полільні лапи, у свою чергу, забезпечують якісне розпушування міжрядь на глибину до 6 см та підтримання поверхні ґрунту в дрібногрудочкуватому стані.

На чистих від бур'янів посівах доцільним є застосування долітоподібних робочих органів. Порівняно зі стрілчастими лапами вони не утворюють великих брил і борозен та забезпечують більш рівномірне розпушування ґрунту. За встановлення в центральній частині міжряддя долота здатні розпушувати ґрунт на глибину 12-14 см, покращуючи його водно-повітряний режим і сприяючи накопиченню вологи. Проте через невисоку ефективність у боротьбі з бур'янами їх використання є доцільним переважно на добре очищених від небажаної рослинності посівах кукурудзи.

Важливою умовою якісного виконання міжрядних обробітків кукурудзи є дотримання оптимальної ширини захисної зони вздовж рядків рослин. Захисна зона призначена для запобігання механічному пошкодженню надземної частини рослин та їхньої кореневої системи робочими органами культиватора. Особливої уваги цей показник потребує під час першого міжрядного обробітку, коли рослини ще недостатньо розвинені та найбільш чутливі до механічного впливу. Як правило, ширина захисної зони при першій культивації становить 10-12 см з кожного боку рядка, а під час наступних обробітків її збільшують до 15-20 см відповідно до розростання кореневої системи та надземної маси рослин.

Для ефективного розпушування ґрунту в межах захисних зон і одночасного знищення молодих сходів бур'янів під час першого міжрядного обробітку на культиватор додатково встановлюють спеціальні робочі органи - голчасті диски типу КЛТ-28 або дротові борінки КЛТ-38. Їх застосування є найбільш результативним на ранніх стадіях розвитку бур'янової рослинності, коли бур'яни перебувають у фазі проростків або ниткоподібних сходів. Важливо враховувати, що навіть незначне запізнення з проведенням обробітку на 2-3 доби може суттєво знизити ефективність роботи цих пристроїв, оскільки

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

бур'яни встигають сформувати міцнішу кореневу систему і стають менш уразливими до механічного впливу.

На кожному рядку зазвичай встановлюють по дві пари голчастих дисків - з правого та лівого боку рослин. Найкращих результатів досягають при їх використанні в комплексі з полільними лапами. При цьому в центральній частині міжряддя перед полільними лапами монтують універсальну стрілчасту лапу, яка забезпечує суцільне підрізання бур'янів. Спарені ротаційні голчасті диски, закріплені за допомогою спеціальних скоб на стійках однобічних полільних лап, під час руху агрегату перекочуються по поверхні захисної зони. Вони ефективно руйнують ґрунтову кірку, розпушують поверхневий шар ґрунту на глибину роботи полільних лап та знищують проростки однорічних бур'янів. Ширина смуги, що обробляється голчастими дисками, становить у середньому 13-14 см. Використання таких робочих органів допускається практично до моменту, коли висота рослин кукурудзи досягне 50-60 см.

На легких і добре розпушених ґрунтах високу ефективність демонструють полільні борінки з пружинними зубами. Завдяки своїй конструкції вони забезпечують якісне поверхнєве розпушування ґрунту та знищення молодих бур'янів без істотного пошкодження культурних рослин. Такі борінки встановлюють у задніх тримачах секцій культиватора, а глибину їх роботи підтримують у межах 4-6 см, що дозволяє ефективно руйнувати поверхнєву кірку та покращувати аерацію верхнього шару ґрунту.

На завершальних етапах догляду за посівами, за наявності відповідної потреби, під час останнього міжрядного обробітку застосовують полицеві підгортальники. Їх встановлюють на глибину 5-6 см на відстані 20-25 см від рядка рослин. Для виконання цієї операції використовують праві лапи-полиці КРН-53 та ліві КРН-52, які працюють у поєднанні зі стрілчастими лапами. Ефективне використання підгортальників можливе тоді, коли висота рослин кукурудзи становить не менше 30-40 см і вони вже достатньо стійкі до часткового присипання ґрунтом.

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

У процесі роботи лапи-полиці підрізають бур'яни в міжряддях, розпушують ґрунт і переміщують тонкий шар землі до основи рядка. Такий прийом сприяє додатковому пригніченню бур'янової рослинності безпосередньо біля культурних рослин. Стрілчасті лапи, розташовані позаду підгортальників, виконують додаткове розпушування центральної частини міжряддя, остаточно підрізають бур'яни та присипають їх шаром ґрунту. Для забезпечення якісної роботи глибина ходу стрілчастих лап повинна перевищувати глибину роботи лап-полиць на 2-3 см. Культиватор, обладнаний присипними полицями, забезпечує стабільне виконання технологічного процесу при робочій швидкості близько 5 км/год. За умови своєчасного проведення операції, коли висота однорічних бур'янів не перевищує 9-10 см, ефективність їх механічного знищення досягає 90-95 %. Завдяки цьому міжрядний обробіток із застосуванням спеціалізованих робочих органів є важливим елементом інтегрованої системи догляду за посівами кукурудзи, який забезпечує підтримання поля в чистому стані, покращення фізичних властивостей ґрунту та створення сприятливих умов для формування високого врожаю.

Збирання кукурудзи на зерно

Згідно [9], перехідна стадія, від так званої , молочної до воскової стиглості зерна може тривати десь 10-12 діб і визначається, як молочно-воскова фаза. Саме, в цей період приблизно 30% зерен у сформованій середній частині качана досягають воскової стиглості. Далі вже настає фаза воскової стиглості, що триває десь 10-15 днів. Звісно, що в цей час зерно набуває характерної воскової консистенції, разом з тим його вологість знижується до показника у 38-40%. За подальшого зменшення вологості до 25% зерно починає активно тверднути, саме це свідчить про настання фази повної стиглості. Оптимальним строком початку збирання вважають період, коли у 65-70% качанів зерно досягає воскової стиглості. Збирання кукурудзи здійснюють двома відповідними способами: у качанах або з одночасним їх

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

обмолотом на зерно. Тобто, у першому випадку роботи розпочинають за показника вологості зерна близько 40%, у другому - десь при 32% і вище.

Операція-збирання кукурудзи в качанах проводять комбайном марки КСКУ-6, а з метою виконання очищення, а також тимчасового зберігання качанів без обгорток і різних рослинних домішок та подальшого їх завантаження у змонтоване сховище місткістю до 600 т використовують механізований пункт типу ПП-10.

Отже, для збирання з одночасним процесом обмолоту качанів застосовують як правило закордонні комбайни різних марок. Сушіння зерна здійснюють в очищувально-сушильних комплексах; вони призначені для доробки зерна колосових культур.

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

3. Операційна технологія збирання кукурудзи на зерно

3.1. Існуючі агротехнічні вимоги стосовно збирання кукурудзи на зерно

Відповідно до рекомендацій [10], збирання врожаю кукурудзи на зерно слід проводити у максимально стислі агротехнічні строки, оскільки своєчасність виконання цієї операції є одним із ключових чинників зменшення втрат урожаю. Оптимальна організація збиральних робіт дає змогу істотно скоротити втрати зерна під час роботи збиральної техніки, запобігти пониканню та виляганню качанів, а також забезпечити збереження достатньої кількості якісної листостеблової маси, яка може бути використана для заготівлі силосу. Крім того, швидке звільнення полів після збирання створює сприятливі умови для своєчасного проведення основного обробітку ґрунту та підготовки площ під посів озимих зернових культур.

До збирання кукурудзи на зерно приступають, як правило, наприкінці фази воскової стиглості та на початку повної стиглості зерна, коли рослини досягають оптимальних показників для механізованого збирання. У цей період зерно вже завершує основні процеси наливу, однак ще зберігає допустимий рівень вологості, що забезпечує відносно легке його відокремлення та подальшу післязбиральну обробку.

Під час збирання качанами допустимий рівень вологості зерна може становити до 40 %, що забезпечує можливість його якісного зберігання за умови подальшого сушіння. У випадку застосування технології збирання із одночасним обмолотом качанів оптимальна вологість зерна повинна бути нижчою — близько 30 %, що дозволяє зменшити витрати на післязбиральну доробку та підвищити ефективність усього технологічного процесу. Таким чином, правильне визначення строків і способу збирання є важливою передумовою отримання високоякісної продукції та мінімізації втрат зерна кукурудзи.

Під час виконання збиральних робіт необхідно забезпечити такі технічні показники:

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

- показник повноти збирання качанів, що має становити не менше десь 97-98%;
- далі, показник пошкодження, а також показник вилущування зерна з качанів - не більше 2,5%;
- значення висота зрізу самих стебел має бути до 15 см;
- чинник довжини подрібнення всієї листостеблової маси - 20–45 мм;
- ступінь повнот збирання зерна – має бути не менше 98,5%;
- потім, втрати повноцінного зерна в листостебловій масі – має складати не більше 2%;
- далі, ступінь очищення зібраних качанів має бути не меншим 90%;
- потім, повнота збирання саме незернової частини врожаю - щонайменше 80%;
- і нарешті, чистота зерна після закінчення процесу збирання - не нижче 95%.

3.2. Обґрунтування запропонованих технічних засобів для здійснення агрегатування.

Добір енергетичних засобів для агрегатування сільськогосподарських машин здійснюють з урахуванням таких основних критеріїв:

- величини тягового опору, який створюють робочі органи під час виконання технологічної операції;
- наявності необхідних технічних елементів (вал відбору потужності, гідросистема, причіпний або навісний пристрій тощо);
- величини крутного моменту на ВВП;
- номінальної потужності двигуна;
- відповідності ширини колії ходової частини умовам роботи.

Кукурудзозбиральна приставка ППК-4 призначена для агрегатування з комбайнами СК-5 «Нива». Комбайн обладнаний триступінчастою коробкою передач, перемикання яких здійснюється після короткочасної зупинки машини. Робочий діапазон швидкостей

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

становить 1,04-7,2 км/год. Номінальна потужність двигуна дорівнює 103,6 кВт, а витрати палива в межах 18-25 кг/га.

Кукурудзозбиральний комбайн КСКУ-6 застосовують для збирання кукурудзи на зерно з очищенням качанів від обгорток або їх обмолотом із одночасним подрібненням листостеблової маси, а також для збирання культури на силос. Діапазон його робочих швидкостей становить 1,04-9,2 км/год. Номінальна потужність двигуна складає 147,6 кВт, а витрати палива знаходяться в межах 28-32 кг/га.

3.3. Встановлення та розрахунок складу машинно-тракторного агрегату на збиранні кукурудзи

Насамперед, ми маємо провести обґрунтування складу кукурудзозбирального агрегату. Задаємося показником врожайності, кукурудзи - 80 ц/га, далі величина підйому - 3%. Збиральний агрегат, що використовується нами за базовою технологією, а саме комбайн СК-5 "Нива" (вага його є $G_k=66570$ Н) і кукурудзозбиральної приставки марки ППК-4 (вага $G_{np}=27800$ Н). В такому випадку, чинник опору коченню - 0,12, робоча швидкість на операції є в межах 6...8 км/год; ефект буксування с/г машини характеризується $\delta=13,8\%$, потім питоме значення для потужності на встановлений привід самих робочих органів $N_n=4,68$ кВт·с/кг. Тепер обґрунтуємо склад агрегату, що пропонується використовувати за проектною технологією. По-перше, він створений із самохідного кукурудзозбирального комбайна КСКУ-6 "Херсонець-200". По-друге, його вага є $G=77930$ Н).

Для правильної оцінки стосовно комплектування запропонованого агрегату слід обчислити коефіцієнт використання тягового зусилля.

Тому загальний опір для будь якого агрегату визначається з виразу:

$$C_{agr} = C_{коч} + C_{під} + C_{\delta} \quad (3.1)$$

де: $C_{коч}$, $C_{під}$ – відповідно, потрібні значення опору агрегату стосовно перекочуванню та руху на підйом, кН.

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

$$C_{\text{коч}} = G_{\text{агр}} \cdot \varepsilon, \quad (3.2)$$

$$C_{\text{коч}}^{\delta} = G_{\text{агр}} \cdot \varepsilon = (73,8 + 27,6) \cdot 0,12 = 12,16 \text{ кН};$$

$$C_{\text{коч}}^{\text{нр}} = (77,73 + 24,33) \cdot 0,12 = 12,24 \text{ кН};$$

$$C_{\text{нід}} = G_{\text{агр}} \cdot i, \quad (3.3)$$

де: C_{δ} – додатковий показник для значення опору, що чинять робочі органи обчислюємо за наступним виразом:

$$C_{\delta} = \frac{3600 N_{\text{нр}} U_{\text{нр}}}{g_p U_{\delta}}, \quad (3.4)$$

де: $N_{\text{нр}}$ – потужність для ефективного приведення в дію потрібних механізмів машини, кВт, яка обчислюється за наступною формулою:

$$N_{\text{нр.}} = N_n \cdot \beta, \quad (3.5)$$

де: N_n – встановлене значення для питомої потужності для активної роботи елементів, $N_n = 3,23 \text{ кВт} \cdot \text{с/кг}$;

β – це секундна подача підготовленої маси до збирального комбайна, кг/с.

$$\beta = z \cdot \beta_p, \quad (3.6)$$

де: z – кількість сконструйованих русел для машини $z^{\delta} = 4$, $z^{\text{нр}} = 6$;

β_p – показник стосовно секундної подачі качанів до одного русла збирального комбайна, що є $\beta_p = 2,1 \text{ кг/с}$

$$\beta^{\delta} = 4 \cdot 2,1 = 8,41 \text{ кг/с};$$

$$\beta^{\text{нр}} = 6 \cdot 2,1 = 12,58 \text{ кг/с}.$$

Таким чином, потужність для приведення в дію механізмів запропонованих нами машини будуть становити:

$$N_{\text{нр}}^{\delta} = 3,23 \cdot 8,41 = 27,16 \text{ кВт};$$

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

$$N_{np}^{np} = 3,23 \cdot 12,58 = 40,63 \text{ кВт};$$

Далі, з виразу 3.7 встановлюємо значення робочої швидкості вибраних нами агрегатів:

$$g_p = \frac{C_\delta}{\lambda_\delta C_{\text{коч}} + \lambda_\delta N_{mnp}}, \quad (3.7)$$

де: C_δ – характерна потужність двигуна вибраного нами енергетичного засобу;

N_{mnp} – потужність, що забезпечує виконання операції збирання кукурудзи;

λ_δ – дієвий коефіцієнт, що враховує кількісне завантаження двигуна.

І нарешті, потужність, що має витратитися на виконання операції збирання кукурудзи знаходимо за наступною формулою:

$$N_{mnp} = \frac{\tau \cdot B \cdot U}{360}, \quad (3.8)$$

де: τ – питомий показник для встановлення енергоємності робочого процесу, що виконує обраний нами комбайн при переробці одного кілограма всієї маси, він є $\tau = 4,59 \text{ кВт} \cdot \text{с/кг}$.

Тепер ширина захвату наших агрегатів, як базового та проектного, становитиме:

$$B^\delta = b \cdot z = 0,7 \cdot 4 = 2,8 \text{ м};$$

$$B^{np} = 0,7 \cdot 6 = 4,2 \text{ м};$$

U – значення загальної врожайності кукурудзи, що збирається вибраним нами самохідним комбайном:

$$U = U_k + U_l = 65 + 2 \cdot 65 = 195 \text{ ц/га}.$$

Таким чином, маємо наступне:

$$N_{mnp}^\delta = \frac{4,59 \cdot 2,8 \cdot 195}{360} = 6,9 \text{ кВт}.$$

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

$$N_{mnp}^{np} = \frac{4,59 \cdot 4,2 \cdot 195}{360} = 10,4 \text{ кВт},$$

Тепер підставляючи до вищевказаного виразу (3.7) отримані значення показників і далі вже встановлюємо робочу швидкість для обох комбайнів за умови забезпечення повного балансу потужності, тобто:

$$g_p^{\delta} = \frac{103,6}{0,85 \cdot 12,16 + 0,85 \cdot 6,9} = 6,24 \text{ км/год};$$

$$g_p^{np} = \frac{147,6}{0,85 \cdot 12,24 + 0,85 \cdot 10,4} = 7,67 \text{ км/год}.$$

Далі, ми можемо встановити значення опорів:

$$C_{\delta}^{\delta} = \frac{3,6 \cdot 27,16 \cdot 0,94}{6,24 \cdot 0,87} = 16,92 \text{ кН};$$

$$C_{\delta}^{np} = \frac{3,6 \cdot 40,63 \cdot 0,94}{7,67 \cdot 0,87} = 20,6 \text{ кН};$$

$$C_{n\delta}^{\delta} = (73,8 + 27,6) \cdot 0,04 = 4,05 \text{ кН};$$

$$C_{n\delta}^{np} = (77,73 + 24,33) \cdot 0,04 = 4,08 \text{ кН},$$

Так як ми вже визначили складові чинники, тепер обчислюємо загальний опір:

$$C_{agr}^{\delta} = 12,16 + 4,05 + 16,92 = 33,13 \text{ кН};$$

$$C_{agr}^{np} = 12,24 + 4,08 + 20,6 = 36,92 \text{ кН}.$$

Далі, коефіцієнт завантаження двигуна для обраного нами комбайна використовуючи таку формулу:

$$\eta_{mз} = \frac{C_{agr}}{N_{\delta}}, \quad (3.9)$$

$$\eta_{mз}^{\delta} = \frac{33,13}{103,6} = 0,32;$$

$$\eta_{mз}^{np} = \frac{36,92}{147,6} = 0,25.$$

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

Отримані за формулою (3.9) результати свідчать про те, що сформований агрегат функціонуватиме достатньо ефективно в заданих умовах експлуатації.

Проведені розрахунки показують, що визначені значення робочої швидкості - за умови забезпечення додатного балансу потужності як для базового, так і для проєктного варіанта агрегату - не перевищують допустимих меж.

Отже, у подальших розрахунках доцільно використовувати встановлені значення робочих швидкостей руху для обраних агрегатів.

Використовуючи наступну формулу (3.10) ми маємо визначити технологічну продуктивність збирального комбайну:

$$Y_m = 0,1 \cdot \mathcal{G}_a \cdot B \quad (3.10)$$

$$Y_m^{\phi} = 0,1 \cdot 6,24 \cdot 2,8 = 1,75 \text{ га/год};$$

$$Y_m^{np} = 0,1 \cdot 7,67 \cdot 4,2 = 3,22 \text{ га/год}.$$

Для визначення оперативної продуктивності застосовуємо вираз 3.11:

$$Y_{on} = Y_m \cdot \theta, \quad (3.11)$$

де: θ – показник, що характеризує оперативну продуктивність, що встановлюється з такої формул:

$$\theta = \frac{1}{1 + 0,1 \cdot z_{\phi on} \cdot \mathcal{G}_a \cdot B}, \quad (3.12)$$

де: $z_{\phi on}$ – допоміжний час, що обчислюється з виразу 3.13:

$$z_{\phi on} = \frac{100 \cdot z_{nov}}{n \cdot b \cdot L \cdot Y_n} + \frac{S}{G_3} z_{p3}, \quad (3.13)$$

де: z_{nov} – час, що так потрібний для виконання повороту збирального агрегату, $t_{nov}=0,024$ год;

b – ширина потрібних міжрядь для кукурудзи, що становить $b=0,7$ м;

L – довжина оброблених гонів, $L=0,88$ км;

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

Y_n – середній показник врожайності при збиранні кукурудзи, $Y_n=95$ ц/га;

S – вихід якісного та повноцінного зерна з качанів, $S=75\%$;

G_3 – маса зібраного комбайном зерна до причепа, що рухається поряд з машиною $G_3=2,49$ т;

Z_{p3} – відведений час на операцію розвантажування колісного причепа, приймаємо таке значення $Z_{p3}=0,045$.

Отже, обчислюємо:

$$Z_{don}^{\delta} = \frac{100 \cdot 0,024}{4 \cdot 0,7 \cdot 0,88 \cdot 95} + \frac{0,75}{2,49} \cdot 0,045 = 0,023 \text{ год};$$

$$Z_{don}^{np} = \frac{100 \cdot 0,024}{6 \cdot 0,7 \cdot 0,88 \cdot 95} + \frac{0,75}{2,49} \cdot 0,045 = 0,014 \text{ год}.$$

Таким чином, ми можемо встановити значення для оперативної продуктивності використавши при цьому відомі вже значення:

$$\theta^{\delta} = \frac{1}{1 + 0,1 \cdot 0,023 \cdot 6,24 \cdot 2,8} = 0,96;$$

$$\theta^{np} = \frac{1}{1 + 0,1 \cdot 0,014 \cdot 7,67 \cdot 4,2} = 0,95.$$

Потім нам потрібно встановити значення для оперативної продуктивності, що має становити наступне:

$$Y_{on}^{\delta} = 1,75 \cdot 0,96 = 1,68 \text{ га/год};$$

$$Y_{on}^{np} = 3,22 \cdot 0,95 = 3,06 \text{ га/год}.$$

Тепер встановлюємо граничну кількість русел, що забезпечують коефіцієнт показника продуктивності $\eta \geq 0,7$, використовуючи при цьому наступний вираз:

$$m_{zp} = (1 - \eta) / (3,6 \cdot \eta \cdot q_p \cdot Z_{don}); \quad (3.14)$$

де: q_p – допустима подача матеріалу тільки на одне русло.

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

Отже, обчислюємо розрахункову подачу матеріалу на одне русло за таким виразом:

$$q_p = q_{nc} / \delta = 2,2 / 1,96 = 1,11 \text{ кг/с}, \quad (3.15)$$

де: q – прогнозована (згідно літературних джерел) пропускна здатність для русла збиральної машини, яка є $q=2,2$ кг/с;

δ – показник запасу подачі для значення ймовірності 0,99. Такий коефіцієнт запасу подачі для вірогідності 0,99 встановлюємо з наступного виразу:

$$\delta = 1 + 0,0235\nu = 1 + 0,0235 \cdot 40 = 1,96, \quad (3.16)$$

де: ν – коефіцієнт варіації, що враховує врожайність культури кукурудзи, він є $\nu=40\%$.

$$m_{ep}^{\delta} = \frac{1 - 0,7}{3,6 \cdot 0,7 \cdot 1,11 \cdot 0,023} = 3,91;$$

$$m_{ep}^{np} = \frac{1 - 0,7}{3,6 \cdot 0,7 \cdot 1,11 \cdot 0,014} = 5,82.$$

Стосовно ефективного використання ширини захвату запропонованого нами агрегату можна зробити висновок проте, що воно забезпечується, так як виконується дана умова $m_{ep} > m$.

Встановлюємо змінну продуктивність для кожного з агрегатів, використовуючи вираз 3.17:

$$V_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot g_p \cdot K_p, \quad (3.17)$$

$$V_{зм}^{\delta} = 0,1 \cdot 2,8 \cdot 6,24 \cdot 7,52 = 13,1 \text{ га/зм};$$

$$V_{зм}^{np} = 0,1 \cdot 4,2 \cdot 7,67 \cdot 7,52 = 24,2 \text{ га/зм}.$$

Далі встановлюємо показник витрати палива стосовно обробітку ґрунту на 1 га під сівбу кукурудзи, кг/га, при цьому нами пропонується використовувати таку формулу:

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

$$U_{\text{га}} = \frac{U_{\text{зм}}}{V_{\text{зм}}}, \quad (3.18)$$

де: $U_{\text{зм}}$ – значення витрат палива, що використані агрегатом за одну зміну, кг/зм. і записуємо таку формулу:

$$U_{\text{зм}} = U_p \cdot T_p + U_x \cdot T_x + U_z \cdot T_z, \quad (3.19)$$

де: U_p , U_x , U_z – відповідно потрібні значення чинників для встановлення годинних витрат палива, а саме при виконанні основної роботи, потім коли працює двигун на холостому ході, а також на потрібних зупинках. Так, для збирального комбайна СК–5 «Нива» $U_p=16,8$; $U_x=12,2$; $U_z=3,48$ кг/год. А для проектної технології : збиральний самохідний комбайн марки КСКУ–6 або "Херсонець–200." Його наступні показники: $U_p=33$ кг/год; $U_x=15$ кг/год; $U_z=3,45$ кг/год;

T_p , T_x , T_z – відповідно фіксований час при роботі агрегату на робочих і холостих рухах та при потрібних зупинках, год.

T_p – чистий робочий час, що використовується агрегатом на операціях. Він становить $T_p=7,58$ год.

$$T_x = T_z = \frac{T_{\text{зм}} - T_p}{2} = \frac{8 - 7,58}{2} = 0,21 \text{ год.}$$

$$U_{\text{зм}}^{\text{б}} = 16,8 \cdot 7,58 + 12,2 \cdot 0,21 + 3,48 \cdot 0,21 = 129,4 \text{ кг/зм.}$$

$$U_{\text{зм}} = 33 \cdot 7,58 + 15 \cdot 0,21 + 3,45 \cdot 0,21 = 256,2 \text{ кг/зм.}$$

Тепер встановлюємо витрати палива на 1 га обох агрегатів. Вони будуть наступні:

$$U_{\text{га}}^{\text{б}} = \frac{129,4}{13,1} = 9,87 \text{ кг/га;}$$

$$U_{\text{га}}^{\text{пр}} = \frac{256,2}{24,2} = 10,58 \text{ кг/га.}$$

Проведені нами обчислення підкреслили можливість порівняння базової та проектної технології щодо збирання кукурудзи. Безумовно

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

показник витрат палива стосовно проектної технології дещо перевищує базовий варіант. Але незважаючи на це, все ж доцільно буде збирати кукурудзу комбайном КСКУ-6 "Херсонець–200". Так як він, по-перше, має в 1,5 рази більшу продуктивність, а по-друге, значно менші втрати качанів.

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

4. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

4.1. Технологічний розрахунок

4.1.1. Обчислення параметрів подавальних ланцюгів жатки комбайна

Обчислюємо кут, що миттєво фіксує початок дії самого ланцюга на стебло використовуючи вираз 4.1:

$$\cos \alpha = \frac{D + p}{D + d} \quad (4.1)$$

де: D - чисельне значення діаметру для встановленої зірочки подавальних ланцюгів;

$p = 34$ мм – чинник, що вказує на відстань між ланцюгами;

$d = 46$ мм - максимально допустимий показник діаметру самого стебла кукурудзи. Наведемо рисунок 4.1, який відображає схематичну конструкцію подавальних ланцюгів.

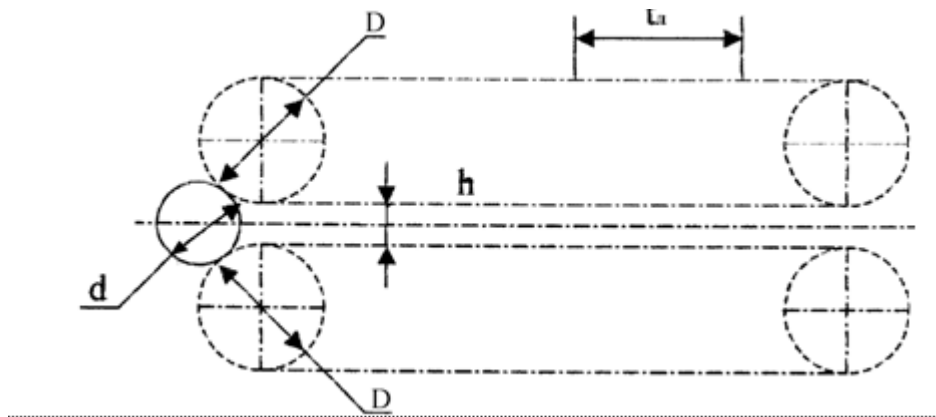


Рис. 4.1. Схема конструкції подавальних ланцюгів жатки.

Отже, аналіз літературних джерел чітко вказує на те, що для якісної роботи цього вузла має виконуватися наступна умова, яка підкреслює процес захоплення стебла:

$$\zeta \geq \operatorname{tg} \alpha \quad (4.2)$$

де: $\zeta = 0,42$ - це чинник, що характеризує тертя стебла по металу, а саме по сталі.

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

Тепер спробуємо виконати деякі перетворення, тобто підставляємо до виразу (4.2) значення коефіцієнту тертя, і тим самим, визначаємо кут захвату стебел просапної культури:

$$\alpha \leq \arctg \zeta = \arctg 0,42 = 22,8^\circ$$

Далі проводимо підставлення кута захоплення стебел до попередньої формули (4.1), і встановлюємо, так би мовити, умовні діаметри зірочок.

Отже:

$$D \geq \frac{d \cdot \cos 22,8 - p}{1 - \cos 22,8} = \frac{46 \cdot \cos 22,8 - 34}{1 - \cos 22,8} = 106,5 \text{ мм}$$

Враховуючи отриманий результат приймаємо умовний діаметр зірочок 110 мм.

Тепер ми обчислюємо крок лапок, що закріплені в конструкції подавальних ланцюгів. Цей параметр - крок лапок повинен бути пропорційним до параметра кроку подавального ланцюга. І далі, аналізуючи існуючі рекомендації, приймаємо такий вираз - $x_0 = (10...20) \cdot x$,

де: x - показник, який якісно враховує значення для кроку ланцюга.

Приймаємо конструктивно крок ланцюга наступний: $x = 38,8$ мм.

Отже, виконуємо наступні обчислення:

$$x_0 = (10...20) \cdot x = 15 \cdot 38,8 = 582 \text{ мм}$$

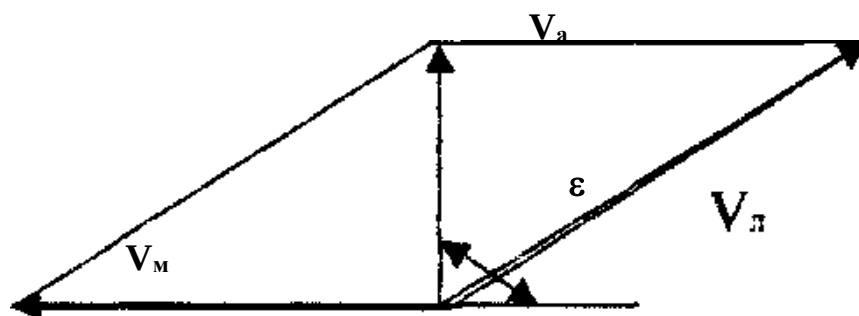


Рис. 4.2. Схема напрямків швидкості подавальних ланцюгів жатки.

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

Аналізуючи вище приведену схему ми маємо встановити швидкості подавальних ланцюгів, при цьому виникає певна умова щодо не завалювання самих стебел.

Тепер нам потрібно встановити кут, що чітко характеризує напрямок руху абсолютної швидкості стебла та інший показник, це поступальну швидкість. Цю залежність характеризує рівняння 4.3:

$$tg \varepsilon = \frac{\psi \cdot \sin \alpha}{\psi \cdot \cos \alpha - 1} \quad (4.3)$$

де: ψ - показник відношення швидкості ланцюгів до швидкості збиральної машини.

$\alpha = 32^\circ$ - значення кута нахилу конструкції подавальних ланцюгів до горизонтальної складової.

Таким чином, ми маємо випадок, коли значення $\varepsilon < 90^\circ$. Відтоді спостерігатиметься завалювання стебел по ходу руху збирального агрегату. Отже, обчислимо потрібну швидкість самих ланцюгів за умови не завалювання стебел кукурудзи.

Діапазон потрібних нам швидкостей ланцюгів буде визначатися наступним чином:

$$g_{л. \min} = \frac{g_{м. \min}}{\cos \alpha} = \frac{0,827}{\cos 32} = 0,97 \text{ м/с.}$$

$$g_{л. \max} = \frac{g_{м. \max}}{\cos \alpha} = \frac{2,45}{\cos 32} = 2,88 \text{ м/с}$$

Якщо ми будемо знижувати обчислені значення швидкості, то буде спостерігатись заломлювання стебел кукурудзи по ходу руху збиральної машини.

Отже, з метою забезпечення гарантованої якості збирання качанів кукурудзи фактичне значення швидкості ланцюгів має бути дещо більшим ніж обчислене, так як у конструкції апарата можливе явище пробуксовування.

Тому, ми приймаємо значення швидкості ланцюгів наступним: $g_{л.} = 3 \text{ м/с.}$

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

Надалі обчислимо діапазон частот обертання зірочок подавальних ланцюгів за використання наступного виразу:

$$u_{з\min} = \frac{60 \cdot g_{л\min}}{\pi \cdot d_з} = \frac{60 \cdot 0,97}{3,14 \cdot 0,11} = 168,5 \text{ об/хв.}$$

$$u_{з\max} = \frac{60 \cdot g_{л\max}}{\pi \cdot d_з} = \frac{60 \cdot 2,88}{3,14 \cdot 0,11} = 499,8 \text{ об/хв.}$$

Таким чином, в подальших обчисленнях ми можемо застосовувати максимальне значення частоти обертання подавальних ланцюгів жатки збиральної машини, яке приймаємо 500 об/хв.

4.1.2. Обчислення обох повздовжніх транспортерів для переміщення качанів.

В конструкції збирального комбайна з обох боків встановлені повздовжні скребкові транспортери неочищених качанів. Їхня функція полягає у переміщенні цих неочищених качанів від гвинтового шнека до очисного пристрою. На рисунку 4.3 нами представлено конструктивну схему транспортерів.

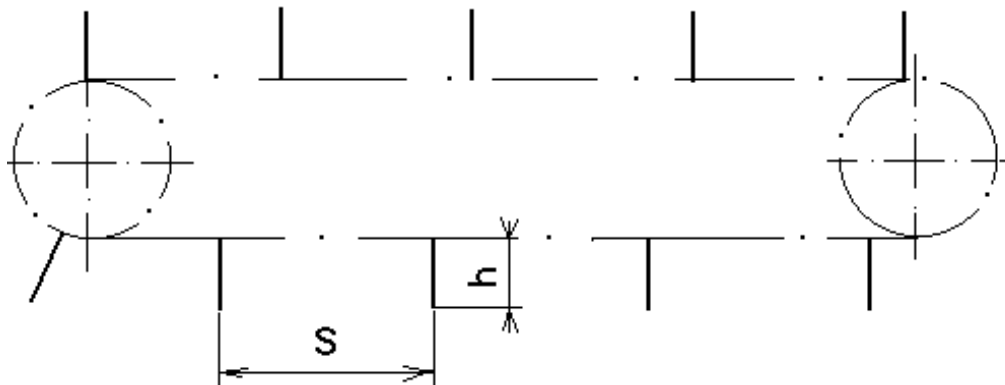


Рис. 4.3. Схема повздовжнього транспортера для переміщення неочищених качанів.

Найбільш вагомим критерієм стосовно оцінки роботи транспортера, це є обчислення його продуктивності. Тому при цьому ми використовуємо наступний вираз:

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

$$Q = \frac{3,6 \cdot 10^6 \cdot \chi \cdot q \cdot g}{c}, \text{ кг/год.} \quad (4.4)$$

де: $\chi = 2...4$ - це кількість неочищених качанів, що мають розташовуватися між скребками для дволанцюгових повздовжніх транспортерів у залежності від кута нахилу, тобто нижнє значення для кутів нахилу є більшим 60° . Отже, приймаємо $\chi = 4$, оскільки цей кут нахилу транспортера становить значення у 37° ;

$q = 0,24$ кг – чинник маси тільки одного качана, кг;

g - значення лінійної швидкості кожного з повздовжніх транспортерів, м/с;

$c = 320...430$ мм – показник кроку скребків. Конструктивно приймається - пропорційним кроку самого ланцюга.

Обчислюємо кількісний чинник щодо встановлення ланок ланцюга використовуючи таку формулу:

$$i = \frac{c}{x} = \frac{320}{38,8} = 8,2$$

де: $x = 38,8$ мм – чинник для кроку ланцюга.

Нарешті, приймаємо крок $i = 9$.

Отже, крок скребків розташування їх на транспортері має бути таким:

$$c = i \cdot x = 9 \cdot 38,8 = 349,2 \text{ мм}$$

З вище вказаного виразу 4.4 після певних перетворень ми можемо обчислити швидкість транспортера, тобто:

$$g = \frac{Q \cdot c}{3,6 \cdot 10^6 \cdot \chi \cdot q} = \frac{12600 \cdot 349,2}{3,6 \cdot 10^6 \cdot 4 \cdot 0,24} = 1,25 \text{ м/с}$$

Висновок наступний, з конструктивних міркувань параметр ширини повздовжніх приймаємо $B=400$ мм, що є доцільним в процесі експлуатації.

4.2. Енергетичний розрахунок протягувальних вальців.

Для встановлення потужності приводу пари вальців ми можемо використовувати таку формулу:

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

$$P_1 = \frac{P_{\text{нм}} \cdot c^{(1)}}{\eta} \quad (4.5)$$

де: $P_{\text{нм}} = 620 \dots 680 \text{ Вт} \cdot \text{с/кг}$ – дієві межі для питомої потужності на привід конструкції пари вальців, при визначенні таких значень ми задіяли метод тензометрування;

$c^{(1)}$ – кількісна подача стебел кукурудзи до конструкції одного русла жатки;

η - значення ККД конструкції пари вальців.

Далі проводимо обчислення подачі стебел тільки до одного русла жатки комбайну:

$$q^{(1)} = \frac{Q_{\text{л}}}{4} = \frac{8,16}{4} = 2,04 \text{ кг/с} \quad (4.6)$$

Скориставшись формулою 4.7 ми встановлюємо значення коефіцієнту корисної дії приводу для конструкції протягувальних вальців:

$$\eta = \eta_{\text{л}}^3 \cdot \eta_{\text{кз}}^4 \cdot \eta_{\text{пк}}^6 \cdot \eta_{\text{м}}^2 = 0,84^3 \cdot 0,85^4 \cdot 0,994^6 \cdot 0,996^2 = 0,31 \quad (4.7)$$

де: $\eta_{\text{л}}=0,84$ – значення чинника корисної дії для ланцюгової передачі;

$\eta_{\text{кз}}=0,85$ – чинник ККД для механізму з зубчастою передачею;

$\eta_{\text{пк}}=0,994$ – чинник ККД пари встановлених підшипників кочення;

$\eta_{\text{м}}= 0,996$ - чинник ККД для конструкції обгінної муфти.

Таким чином, ми обчислюємо потужність для приводу тільки пари вальців підставивши при цьому відомі параметри:

$$P_1 = \frac{680 \cdot 2,04}{0,31} = 4474 \text{ Вт}$$

І нарешті, ми тепер можемо обчислити потужність, що витрачається на привід чотирьох пар вальців, використавши формулу 4.8:

$$P_{\text{заг}} = P_1 \cdot 4 = 4474 \cdot 4 = 17899 \text{ Вт} = 17,9 \text{ кВт} \quad (4.8)$$

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

4.3. Розрахунки на міцність

4.3.1. Обчислення на міцність ланцюгової передачі

Задіємо для розрахунків такі дані, а саме:

- показник потужності на ведучому валу складає $P = 4,402$ кВт.
- чинник передаточного відношення складає $i = 0,33$.
- потім цикл роботи – двохзмінний;
- отже, приймаємо навантаження спокійне.

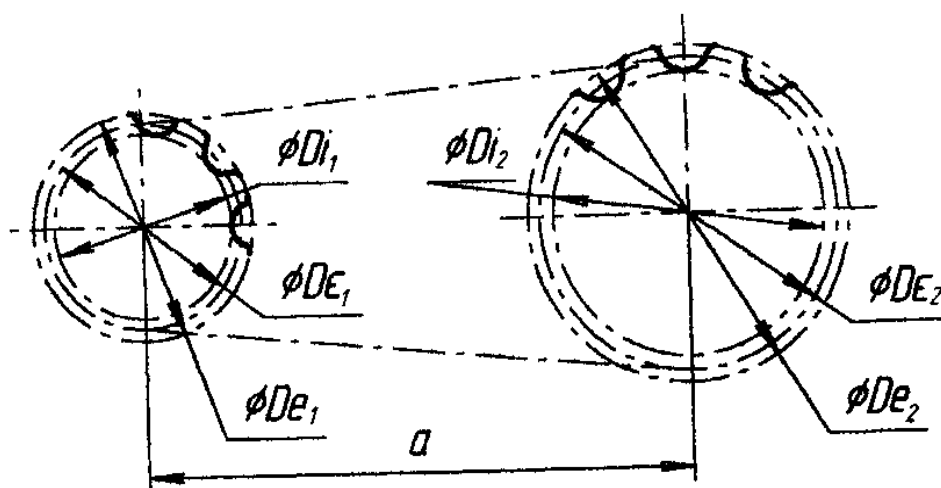


Рис. 4.4. Запропонована схема ланцюгової передачі з відповідними параметрами.

Провівши попередньо аналіз, при цьому використавши літературні джерела, нами прийнято таке рішення, а саме: ланцюг привідний роликівий наступної марки ПР-31,75-88,5 ГОСТ 13568-75 з кроком $t = 31,65$ мм. Отже, для такого ланцюга руйнівне навантаження складає 88,3 кН.

Далі, ми встановлюємо крутний момент, який виникає від ланцюгової передачі та становить наступне:

$$M = \frac{9550 \cdot P}{x_1} = \frac{9550 \cdot 4,402}{855} = 49,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Отже, числа зубців встановленої передачі обчислимо з наступного рівняння:

$$n_2 = \frac{n_1}{i} = \frac{9}{0,33} = 27,7$$

Таким чином, приймаємо таке: $n_2=28$.

Тепер ми можемо обчислити міжосьову відстань між зірочками використовуючи такий вираз:

$$s = (30...50) \cdot t = (30...50) \cdot 31,65 = 949,5...1582,5 \text{ мм.}$$

Далі обчислюємо мінімальну міжосьову відстань. Для цього застосовуємо таку формулу:

$$\gamma_{\min} = 0,5(D_1 + D_2) + (30...50)$$

де: D_1 і D_2 – відповідно чинники, що характеризують діаметри кіл виступів обох зірочок та можуть знаходитися за таким виразом:

$$D_i = t(\xi_{зуб} + \text{ctg}180^\circ / 2)$$

де: $\xi_{зуб}$ – характерний показник, що вказує на висоту зуба встановленої зірочки.

Якщо $n < 11$, то чисельне значення має бути таким $\xi_{зуб} = 0,57$;

Якщо $n = 21...28$, то тоді чисельне значення $\xi_{зуб} = 0,54$.

Далі підставляємо відомі числа та робимо розрахунок:

$$D_2 = 31,85 \cdot (0,55 + \text{ctg}180^\circ / 25) = 296,5 \text{ мм}$$

$$D_1 = 31,65 \cdot (0,54 + \text{ctg}180^\circ / 9) = 152 \text{ мм}$$

$$s_{\min} = 0,5 \cdot (296,5 + 152) + (30...50) = 254...274 \text{ мм}$$

Таким чином, оптимальний показник для міжосьової відстані більше мінімального значення, що є допустимим.

Тепер переходимо до встановлення значень діаметрів стосовно додаткових окружностей, при цьому використовуємо такий вираз:

$$D_i = \frac{t}{\sin \frac{180^\circ}{n}};$$

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

$$D_2 = \frac{31,65}{\sin \frac{180}{28}} = 285_{\text{мм}}$$

$$D_1 = \frac{31,65}{\sin \frac{180}{9}} = 94_{\text{мм}}$$

Потім обчислюємо діаметр кола впадин, тобто:

$$D_n = D_i - 2 \cdot K$$

де: показник радіуса має становити таке: $K = 0,5028 \cdot (D + 0,05) \text{ мм}$;

$D = 10,45 \text{ мм}$ – значення діаметру встановленого напрямного ролика.

Отже, підставляємо значення та проводимо певні обчислення відповідних діаметрів:

$$D_n = D_i - 2 \cdot (0,5028 \cdot (10,45 + 0,05)) = D_i - 10,56$$

$$D_2 = 285 - 10,56 = 274,4_{\text{мм}};$$

$$D_1 = 94 - 10,56 = 83,4_{\text{мм}}$$

Далі ширина зірочки має становити: $B = 8 \pm 0,5 \text{ мм}$. Отже, радіус виготовлених закруглень торцевих площин зуба в такому випадку буде таким, а саме:

$$s = B = 8 \text{ мм}.$$

Таким чином, колова швидкість ланцюга обчислюється за встановленою формулою:

$$g = \frac{n_1 \cdot x_1 \cdot t}{60 \cdot 1000} = \frac{9 \cdot 855 \cdot 31,65}{60 \cdot 1000} = 4_{\text{м/с}}$$

Потім обчислюємо окружне зусилля, яке діє від ланцюга і має бути таким:

$$F_t = \frac{1000 \cdot P}{g} = \frac{1000 \cdot 4,402}{4} = 1100,5 \text{ Н}$$

Далі обчислюємо середній питомий тиск у шарнірах конструкції

комбайна:

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

$$R = \frac{F_t}{S_{on}} = \frac{1100,5}{262,2} = 4,19 \text{ МПа},$$

Таким чином, ми маємо умову в якій $4,11 \text{ МПа} < 12 \text{ МПа}$. Така умова виконується з певним запасом міцності.

І в завершені, користуючись виразом встановлюємо строк служби ланцюга:

$$W = 5200 \frac{\Delta t \cdot \zeta_3 \cdot \sqrt[3]{e_t \cdot i} \cdot \sqrt{n_1}}{R \cdot \sqrt[3]{V} \cdot \zeta_e},$$

де: $\Delta t = 3\%$ - чинник, що враховує відносне видовження встановленого ланцюга;

$\zeta_3 = 0,99$ – чинник, що підкреслює ефективність процесу змащення;

$e_t = 40$ – крок між встановленими центрами;

ζ_e – чисто експлуатаційний показник та становить $\zeta_e = \zeta_1 \cdot \zeta_2 \cdot \zeta_3$,

$\zeta_1; \zeta_2; \zeta_3$ – коефіцієнти, що підкреслюють стабільність роботи вузла.

$\zeta_1 = 1,1; \zeta_2 = 1,2; \zeta_3 = 1,1; \gamma_e = 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,1 = 1,34$

Тепер підставляємо до виразу всі відомі значення:

$$T = 5200 \cdot \frac{3 \cdot 0,99 \cdot \sqrt[3]{40 \cdot 0,35} \cdot \sqrt{9}}{4,19 \cdot \sqrt[3]{4} \cdot 1,34} = 14786 \text{ год.},$$

Користуючись довідниками встановлюємо очікуваний термін служби ланцюга, він є $T_{оч} = 10000$ год.

Таким чином, умова коли $14786 > 10000$ виконується. При цьому спостерігається досить солідний запас служби встановленого ланцюгами. Все це є гарантією надійної роботи вузла в цілому.

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

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Особливості умов праці при вирощуванні кукурудзи.

Згідно рекомендацій [11, 12], в наслідок зношування техніки, неправильного її використання, конструктивних недоліків, виникнення несправностей або незадовільного технічного стану машин можуть формуватися шкідливі й небезпечні умови праці для механізаторів, що підвищує ризик виникнення виробничого травматизму. Мікроклімат виробничого середовища суттєво впливає на працездатність людини, її уважність та інші фізіологічні функції. Підвищена температура повітря може спричиняти перегрівання організму, що проявляється загальною слабкістю, головним болем і погіршенням самопочуття. За таких умов продуктивність праці зменшується приблизно на 10-15 %. Коли відносна вологість повітря досягає 70-90 %, виконання робіт значно ускладнюються, а продуктивність праці може знизитися майже на третину. Крім того, надмірний вміст виробничого пилу в робочій зоні негативно впливає на органи дихання, легені та очі. Виробничий шум виникає під час роботи тракторів і різних сільськогосподарських машин. Підвищений рівень шуму спричиняє втому, знижує чутливість слухового апарату та негативно впливає на функціонування нервової системи. Сильний шум ускладнює правильне визначення відстані й часу, перешкоджає розпізнаванню кольорових сигналів, знижує продуктивність праці на 5-12 % та підвищує ризик виникнення виробничих травм. Вібрація, подібно до шуму, також чинить шкідливий вплив на організм людини. За тривалої та постійної дії вона може стати причиною розвитку вібраційної хвороби. Під час виконання трудових обов'язків тракторист-машиніст зазнає впливу відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згоряння, а також пестицидів і мінеральних добрив. Пестициди, мінеральні добрива та інші токсичні речовини можуть потрапляти до організму людини через органи дихання та шкірні покриви. Крім того, значний вплив на стан організму мають фізіологічні фактори, зокрема динамічні та статичні фізичні навантаження.

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

Під час вирощування кукурудзи на зерно виконують низку технологічних операцій, перелік яких наведено у технологічній частині роботи. Розглянемо основні вимоги техніки безпеки, яких необхідно дотримуватися під час виконання цих операцій. Під час обробітку ґрунту перед початком роботи слід перевірити справність і комплектність машинно-тракторного агрегату. На рівному горизонтальному майданчику підтягують гайки кріплення робочих органів плуга, а також перевіряють і затягують інші різьбові з'єднання.

У процесі підготовки до роботи дискових борін і лушильників контролюють надійність кріплень та регулюють положення чистиків. Під час налаштування дисків, щоб уникнути травмування рук їх гострими краями, необхідно обов'язково користуватися захисними рукавицями.

Для проведення регулювання або заміни робочих органів культиватор встановлюють на рівному майданчику. Це спрощує процес налаштування та підвищує безпеку виконання робіт.

Перед початком польових робіт поле обов'язково оглядають і, за потреби, проводять підготовчі заходи: засипають канави та ями. Поблизу ярів і схилів встановлюють попереджувальні знаки для забезпечення безпечної роботи техніки. Під час виконання робіт в умовах підвищеної запиленості, зокрема під час заправлення туковисівних апаратів або під час заточування робочих органів, необхідно використовувати засоби індивідуального захисту - захисні окуляри та рукавиці. Перед початком сівби слід перевірити комплектність і справність усіх механізмів та вузлів посівної машини, а також переконатися у надійності різьбових з'єднань і, за потреби, виконати їх підтягування.

Рух причіпного агрегату дозволяється розпочинати лише після подачі сигналу трактористом і отримання відповідного сигналу від старшого на посівному агрегаті. Під час завантаження сухих порошкоподібних добрив необхідно знаходитися з підвітряного боку та обов'язково користуватися респіратором для захисту органів дихання.

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

Перед початком сівби протруєного насіння працівники повинні пройти інструктаж з техніки безпеки. Під час виконання таких робіт обов'язково слід користуватися засобами індивідуального захисту: респіраторами, рукавицями та захисними окулярами для запобігання потраплянню пилу в очі.

У разі виникнення грози роботу необхідно негайно припинити: агрегат слід зупинити, двигун вимкнути, а працівникам відійти від трактора на відстань не менше 15 м.

Перед початком збиральних робіт, після отримання завдання від бригадира та проходження інструктажу з техніки безпеки, комбайнер повинен ознайомитися з маршрутом руху, вивчити рельєф поля та визначити місця для виконання поворотів.

Керування комбайном дозволяється лише працівникам, які закріплені за цією машиною відповідним наказом по господарству. Під час роботи в загінці комбайнер повинен постійно контролювати, щоб на обертові вузли жатки не намотувалися стебла рослин, оскільки внаслідок тертя може виникнути пожежа. Очищення таких вузлів слід проводити в рукавицях, використовуючи спеціальний гачок.

Перед виконанням поворотів і під час розворотів швидкість руху комбайна не повинна перевищувати 0,8-1,1 м/с.

Під час вивантаження зерна забороняється перебувати у кузові транспортного засобу або стояти під вивантажувальним шнеком. У випадку грози роботу необхідно припинити, вимкнути двигун комбайна та відійти від машини на відстань не менше 15 м. Перед початком роботи в нічний час обов'язково перевіряють надійність кріплення та справність електрообладнання.

Заправлення комбайна паливом рекомендується виконувати у світлий час доби. У виняткових випадках, коли виникає потреба у заправленні вночі, необхідно користуватися переносною електричною лампою або освітленням від іншого комбайна.

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

6. ВИСНОВКИ

У даній бакалаврській роботі розглянуто питання механізації процесу вирощування кукурудзи на зерно з удосконаленням конструкції транспортерів качанів.

У технологічній частині розроблено технологічну карту, в якій наведено перелік усіх операцій, необхідних для вирощування кукурудзи. Крім того, складено операційно-технологічну карту для окремої операції - збирання кукурудзи на зерно.

В інженерній частині, на основі проведеного аналізу, виявлено недоліки у роботі транспортерів качанів. Для підвищення надійності цього вузла запропоновано застосування самоустановлювальних підшипників, що забезпечують стабільну роботу навіть за наявності незначних перекосів валів до 2°. Виконано технологічні та енергетичні розрахунки, у результаті яких визначено раціональні параметри машини. Під час розрахунку деталей на міцність також проведено оцінку довговічності ланцюгової передачі. Отримані результати підтвердили доцільність запропонованих конструктивних змін у транспортерах качанів.

У розділі з охорони праці розглянуто основні фактори, що негативно впливають на умови праці комбайнера, а також запропоновано заходи щодо їх усунення та підвищення безпеки роботи.

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бендера І. М. Проектування сільськогосподарських машин : навч.-метод. посіб. для викон. курс. проектів з розробки с.-г. техніки при підготов. фахівців напряму "Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва" / І. М. Бендера, А. В. Рудь, Я. В. Козій, Д. Г. Войтюк, П. В. Сисолін; Поділ. держ. аграр.-техн. ун-т, Борщів. аграр. коледж. - Кам'янець-Поділ. : Сисин О.В. : Абетка, 2011. - 639 с.
2. Боженко В.О. Сільськогосподарські машини та їх використання: Навчальний посібник. Київ: Аграрна освіта, 2009. 420 с.
3. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини / Д.Г. Войтюк, Г.Р. Гаврилюк. - К.: Каравела, 2004. - 552 с.
4. Гапоненко В.С., Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини.- 6-е вид., перероб. і допов.- К.: Урожай, 1992. - 448 с.
5. Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Павх І.І. Машини сільськогосподарського виробництва. Тернопіль, 2005. 228 с.
6. Сисолін П. В., Сало В. М., Рибак Т. І. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування : Підручник для студентів вищих навчальних закладів із спец. «Машини та обладн. с.-г. вир-ва». Кн. 2. Машини для рільництва. – К. : Урожай, 2002. - 364 с.
7. Сичов О.І. Удосконалення різального апарата приставки кукурудзозбиральної КДМ-6/ О.І. Сичов, О.М. Васильковський // IX Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки» Ч.2. – Кіровоград: КНТУ, – 2013. С. 33-35.
8. Сільськогосподарські машини : навч. посіб. / Войтюк Д.Г. та ін. Київ : "Агроосвіта", 2017. 180 с.
9. Сільськогосподарські машини : підручник / Войтюк Д.Г. та ін. К.: "Агроосвіта", 2015. 679 с.

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

10. Сільськогосподарські машини. Навчальний посібник / П.В. Сисолін, В.М. Сало, М.О. Свірень [та ін.] за ред. М.І. Черновола // Кропивницький: видавець Лисенко В.Ф., 2017 – 156 с.

11. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. — 464 с.

12. Шавкун В.О. Визначення параметрів ведених зірочок подавальних ланцюгів кукурудзозбирального комбайну [Електронний ресурс] / В.О. Шавкун, І.О. Савченко, О.М. Васильковський // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Досягнення та перспективи галузі виробництва, переробки і зберігання сільськогосподарської продукції», Кропивницький: ЦНТУ, 2019. С. 32-33.

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

ДОДАТКИ