

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

“ ____ ” _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

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

«Механізація вирощування кукурудзи з удосконаленням вальців
кукурудзозбиральної приставки»

Виконав здобувач вищої освіти IV курсу,
групи AI-23мб-1.2

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Чабанов Валентин Вікторович

« ____ » _____ 2026 р.

Керівник проекту

проф, канд.техн.наук

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2026 р.

Рецензент _____

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет: Агротехнічний

Кафедра: Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти: Бакалавр

Галузь знань: Аграрні науки і продовольство

Освітньо-професійна програма: Агроінженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2026 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Чабанов Валентин Вікторович

1. Тема роботи: Механізація вирощування кукурудзи з удосконаленням вальців кукурудзозбиральної приставки
2. Керівник роботи: Васильковський О.М., канд. техн. наук, професор
3. Строк подання студентом роботи до захисту: 10.06.2026 року
4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи: на основі аналізу технології вирощування, розробити операційну-технологію збирання кукурудзи на зерно, а також модернізувати вальці приставки КМС-6 для забезпечення подрібнення стебел в процесі протягування.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
	Васильковський О.М.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Пояснювальна записка	15.05.2026	
2	Графічна частина	25.05.2026	
3	Оформлення і зшивання роботи	01.06.2026	
4	Перевірка роботи на доброчесність	01-10.06.2026	
4	Захист роботи	10-30.06.2026	

Дата видачі завдання

«9» березня 2026 р.

Підпис керівника _____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

Завдання прийнято до виконання

«9» березня 2026 р.

Підпис здобувача _____ Валентин ЧАБАНОВ

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
				Документація загальна		
A4				Пояснювальна записка	1	
A1			ДП 00.001 ТЧ	Операційно-технологічна карта	1	
A1			ДП 00.001 С2	Схема технологічна КМС-6		
					1	
A1			ДП 00.010 СБ	Валець протягувальний	1	
A3			ДП 00.010.401	Ребро	1	
A3			ДП 00.010.402	Ніж	1	
A3			ДП 00.010.503	Корпус	1	
A3			ДП 00.010.604	Втулка	1	

ЗМІСТ

1. Вступ	6
2. Аналіз технології вирощування кукурудзи	8
3. Операційна технологія збирання кукурудзи на зерно	18
4. Інженерна частина	27
5. Охорона праці	45
6. Висновки	48
Список використаної літератури	50
Додатки	54

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						5
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

1. ВСТУП

Кукурудза належить до найважливіших сільськогосподарських культур світового та вітчизняного землеробства. Завдяки високій урожайності, універсальності використання та цінному хімічному складу зерна вона посідає одне з провідних місць у структурі посівних площ України. Зерно кукурудзи широко застосовують у харчовій і переробній промисловості, у виробництві комбікормів та концентрованих кормів для тваринництва, а також як сировину для одержання крохмалю, олії, спирту й біопалива. Постійне зростання попиту на цю культуру як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках зумовлює необхідність нарощування обсягів виробництва зерна за одночасного зниження його собівартості.

Досягнення високих і сталих урожаїв кукурудзи неможливе без механізації всіх етапів технологічного процесу її вирощування – від підготовки ґрунту й сівби до догляду за посівами та збирання врожаю. При цьому саме збирання залишається однією з найбільш відповідальних і енергоємних операцій, від якості виконання якої безпосередньо залежать величина втрат зерна, його чистота та подальша придатність до зберігання й переробки. Збирання кукурудзи на зерно здійснюють спеціальними кукурудзозбиральними приставками, що агрегуються із зернозбиральними комбайнами і забезпечують відокремлення качанів від стебел з наступним їх обмолотом.

Важливою складовою сучасних агротехнологій є раціональне поводження з рослинними рештками. Подрібнення стебел кукурудзи безпосередньо під час збирання дає змогу рівномірно розподілити подрібнену масу по полю, прискорити її розкладання, поліпшити

					ДП 00. 000 ПЗ								
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата									
Розроб	Чабанов				Пояснювальна записка				Літ.	Аркуш	Аркушів		
Перевір.	Васильковський										6	54	
									ЦНТУ, гр. АІ-23мб-1.2				
Н.контр.	Артеменко												
Затв.	Васильковський												

фітосанітарний стан ґрунту та підвищити його родючість завдяки поверненню органічної речовини. У конструкції більшості серійних кукурудзозбиральних приставок для цього передбачено окремі штатні подрібнювачі стебел, які, проте, ускладнюють будову машини, збільшують її металомісткість, енергоспоживання та витрати на технічне обслуговування. Зазначені обставини зумовлюють актуальність пошуку конструктивних рішень, спрямованих на спрощення приставки за одночасного збереження або підвищення якості виконання технологічного процесу.

Одним із перспективних напрямів удосконалення кукурудзозбиральних приставок є модернізація протягувальних вальців, які виконують функцію затягування стебел у робочу зону та відокремлення качанів. Надання вальцям додаткової функції подрібнення стебел дає змогу об'єднати в одному робочому органі дві технологічні операції й у такий спосіб відмовитися від застосування штатних подрібнювачів. Це дозволяє знизити масу та собівартість приставки, зменшити витрати енергії на привод робочих органів і підвищити надійність машини в цілому. Саме тому тема кваліфікаційної роботи, присвячена механізації вирощування кукурудзи з удосконаленням вальців кукурудзозбиральної приставки, є актуальною та має практичне значення.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		7

2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ

2.1. Вирощування кукурудзи на зерно

Вирощування кукурудзи на зерно має низку технологічних особливостей, що відрізняють його від вирощування культури на силос чи зелений корм. Якщо при вирощуванні на силос рослину збирають у фазі молочно-воскової стиглості з усією надземною масою, то при вирощуванні на зерно головною метою є одержання максимального врожаю фізіологічно дозрілого зерна з належними технологічними якостями та вологістю, придатною до зберігання. Це визначає підбір гібридів, особливості агротехніки та строки збирання.

Першочергове значення має правильний вибір гібрида за групою стиглості (ФАО). Для вирощування на зерно добирають гібриди, які встигають досягти повної стиглості й віддати вологу в межах безморозного періоду конкретної зони. У північних і центральних районах перевагу віддають ранньостиглим і середньоранім гібридам (ФАО 150–300), які забезпечують збирання зерна з прийнятною вологістю до настання осінніх дощів і заморозків. У південних, тепліших регіонах із більшою сумою активних температур можна вирощувати середньо- і пізньостиглі гібриди (ФАО 300–500 і вище), що мають вищий потенціал урожайності. Помилка у виборі групи стиглості призводить до того, що зерно не визріває або збирається з надмірною вологістю, що різко збільшує витрати на сушіння.

Кукурудза на зерно вимоглива до попередників і місця в сівозміні. Кращими попередниками є озимі та ярі зернові колосові, зернобобові, картопля, цукрові буряки. Завдяки потужній кореневій системі та порівняно високій стійкості до повторного вирощування кукурудзу на зерно у спеціалізованих господарствах допускають вирощувати беззмінно або в коротких ротаціях протягом кількох років, проте за умови належного захисту й удобрення. Не варто розміщувати її після культур із спільними шкідниками та хворобами, а також після суданської трави й сорго, що сильно висушують ґрунт.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		8

Особливістю мінерального живлення кукурудзи на зерно є висока потреба в елементах живлення, насамперед в азоті, оскільки формування зерна супроводжується значним виносом поживних речовин. Норми добрив розраховують на запланований урожай з урахуванням родючості ґрунту. Основну частину фосфорно-калійних добрив і частину азотних вносять під основний обробіток, а решту азоту – у вигляді підживлення під час вегетації, у фазі інтенсивного росту. Рациональна система удобрення є одним із ключових чинників, що визначають рівень урожайності зерна.

Важлива технологічна особливість вирощування кукурудзи на зерно – формування оптимальної густоти стояння рослин. На відміну від силосних посівів, де густота може бути вищою, на зерно її встановлюють меншою, щоб забезпечити кожному рослину достатньою площею живлення, освітленням і вологою для повноцінного формування й визрівання качанів. Загущення посівів призводить до подрібнення качанів, неповного їх озернення та підвищення вологості зерна. Оптимальна густота залежить від групи стиглості гібрида та вологозабезпеченості зони: у посушливих умовах її зменшують, у зонах достатнього зволоження – збільшують.

Окрему увагу при вирощуванні на зерно приділяють захисту посівів від бур'янів, шкідників і хвороб упродовж усієї вегетації, адже втрати врожаю зерна від цих чинників можуть бути значними. Система захисту поєднує агротехнічні заходи (обробіток ґрунту, боронування, міжрядні розпушування) з хімічними (внесення ґрунтових і страхових гербіцидів, за потреби – інсектицидів і фунгіцидів). Особливо небезпечними є кукурудзяний стебловий метелик, попелиці та хвороби качанів, що погіршують якість зерна.

Завершальною й найвідповідальнішою особливістю є строки та спосіб збирання. Кукурудзу на зерно збирають у фазі повної стиглості, коли зерно досягає максимальної маси, а його вологість знижується до рівня, придатного для механізованого обмолоту. Збирання починають за вологості зерна близько 30–35 %, а за прямого обмолоту зернозбиральним комбайном

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		9

– за вологості 25–30 %. Запізнення зі збиранням призводить до зростання втрат від обламування й вилягання стебел, осипання та пошкодження качанів шкідниками й хворобами, а збирання за надто високої вологості різко підвищує витрати на сушіння. Саме тому якість роботи збиральних машин, повнота відокремлення качанів від стебел, мінімальне травмування зерна та якісне подрібнення й розподіл стеблової маси по полю мають вирішальне значення для ефективності всієї технології – що безпосередньо пов'язано з темою цієї роботи, присвяченою вдосконаленню робочих органів кукурудзозбиральної приставки.

2.2. Технологія вирощування кукурудзи на зерно

Технологія вирощування кукурудзи на зерно – це комплекс послідовних операцій, зміст і показники яких мають наукове обґрунтування, дотримання яких дозволить одержувати прогнозовані врожаї якісної продукції з мінімальними втратами [2-5].

2.2.1. Луцення стерні попередника.

Призначення: провокування проростання насіння бур'янів і збереження вологи, подрібнення решток для їх кращого приорювання.

Агростроки: одразу після збирання попередника (зазвичай III декада липня – серпень).

Агровимоги: повне підрізання стерні та бур'янів, рівномірне кришення й часткове перемішування рослинних решток із ґрунтом, відсутність огріхів.

Склад агрегату: трактор класу 1,4–2,0 (МТЗ-1221, ХТЗ) + дискова борона (ЛДГ-10, БДТ-7).

Показники: глибина 6–8 см; швидкість 8–10 км/год; відхилення глибини ± 1 см; ступінь підрізання бур'янів не менше 98 %.

2.2.2. Внесення основного мінерального добрива [3-4]

Призначення: створення запасу елементів живлення на запланований урожай із заробкою добрив у кореневмісний шар.

Агростроки: під основний обробіток (вересень – жовтень).

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Агровимоги: рівномірний розподіл по поверхні поля, нерівномірність висіву не більше 10–15 %, відсутність пропусків і перекриттів понад норму.

Склад агрегату: трактор класу 1,4 + розкидач мінеральних добрив (МВУ-0,5, РУМ-5).

Показники: норма залежно від планованого врожаю та запасу елементів живлення (орієнтовно $N_{60-90}P_{60-90}K_{60-90}$ д.р./га); швидкість 8–10 км/год; відхилення фактичної норми від заданої ± 10 %.

2.2.3. Основний обробіток ґрунту (зблева оранка)

Призначення: створення глибокого розпушеного шару, накопичення вологи, заробка решток, добрив і бур'янів.

Агροстроки: вересень – жовтень, після внесення добрив.

Агровимоги: повне обертання скиби й заробка решток і добрив, прямолінійність борозен, відсутність огріхів і незаораних клинів, вирівняна поверхня.

Склад агрегату: трактор класу 3,0–5,0 (ХТЗ, К-700, John Deere) + плуг загального призначення або оборотний (ПЛН-5-35 та аналоги).

Показники: глибина 27–30 см; швидкість 7–9 км/год; відхилення глибини ± 2 см; гребенистість поверхні не більше 5 см.

2.2.4. Ранньовесняне закриття вологи (боронування)

Призначення: розрив ґрунтових капілярів для зменшення випаровування й збереження зимово-весняної вологи.

Агροстроки: рання весна, за настання фізичної стиглості ґрунту (березень – квітень).

Агровимоги: розпушення верхнього шару для розриву капілярів і збереження вологи, вирівняна поверхня, відсутність грудок понад 3–5 см.

Склад агрегату: трактор класу 1,4 + зчіпка з зубовими боронами (БЗТС-1,0, БЗСС-1,0).

Показники: глибина 4–5 см; швидкість 8–10 км/год; відхилення глибини ± 1 см.

2.2.5. Передпосівна культивування

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Призначення: підготовка вирівняного посівного ложа й знищення сходів бур'янів перед сівбою.

Агростроки: безпосередньо перед сівбою (кінець квітня – початок травня), при прогріванні ґрунту.

Агровимоги: розпушення на глибину загортання насіння, створення вирівняного ущільненого посівного ложа, повне знищення сходів бур'янів.

Склад агрегату: трактор класу 1,4–2,0 + культиватор для суцільного обробітку (КПС-4) або комбінований передпосівний агрегат.

Показники: глибина 5–6 см; швидкість 8–10 км/год; відхилення глибини ± 1 см; вирівняність поверхні з відхиленням до ± 2 см.

2.2.6. Внесення ґрунтового гербіциду

Призначення: створення гербіцидного екрана для пригнічення бур'янів у початковий період вегетації культури.

Агростроки: до сівби або одночасно з нею / до появи сходів.

Агровимоги: рівномірне покриття поверхні робочим розчином, дотримання норми витрати препарату та води, відсутність пропусків і подвійного перекриття.

Склад агрегату: трактор класу 1,4 + штанговий обприскувач (ОП-2000 або самохідний).

Показники: норма робочого розчину 200–300 л/га; швидкість 6–10 км/год; відхилення норми витрати ± 5 %.

2.2.7. Сівба

Призначення: точне розміщення насіння для формування оптимальної густоти та рівномірних дружних сходів.

Агростроки: при стійкому прогріванні ґрунту на глибині 10 см до 10–12 °С (друга половина квітня – перша декада травня).

Агровимоги: пунктирний спосіб сівби, ширина міжрядь 70 см, рівномірне розміщення насіння у рядку, однакова глибина загортання, прямолінійність рядків.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Склад агрегату: трактор класу 1,4 + сівалка точного висіву (СУПН-8, «Веста» та аналоги).

Показники: норма висіву 55–85 тис. схожих насінин/га (залежно від групи ФАО та зони зволоження); глибина загортання 5–7 см; швидкість 6–8 км/год; відхилення глибини ± 1 см.

2.2.8. Прикочування після сівби

Призначення: покращення контакту насіння з ґрунтом і підтягування вологи до висіяного шару для дружного проростання.

Агростроки: услід за сівбою.

Агровимоги: ущільнення посівного ложа для покращення контакту насіння з ґрунтом і підтоку вологи, рівномірне прикочування без огріхів.

Склад агрегату: трактор класу 1,4 + кільчасто-шпорові котки (ЗККШ-6).

Показники: швидкість 6–8 км/год; рівномірність ущільнення по ширині захвату.

2.2.9. Досходове боронування

Призначення: руйнування ґрунтової кірки та знищення бур'янів у фазі проростків до появи сходів культури.

Агростроки: через 4–6 днів після сівби, до появи сходів кукурудзи.

Агровимоги: знищення проростків бур'янів і ґрунтової кірки без пошкодження насіння та паростків культури.

Склад агрегату: трактор класу 1,4 + легкі або середні зубові борони.

Показники: глибина 3–4 см (менше глибини загортання насіння); швидкість 5–7 км/год; робота поперек або під кутом до рядків.

2.2.10. Післясходове боронування

Призначення: знищення сходів бур'янів і розпушення ґрунту в рядках з мінімальним пошкодженням культури

Агростроки: у фазі 3–5 листків культури.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Агровимоги: знищення бур'янів у фазі «білої ниточки» з мінімальним пошкодженням рослин кукурудзи (загибель культурних рослин не більше 3–5 %).

Склад агрегату: трактор класу 1,4 + середні зубові борони (зниженою швидкістю, поперек рядків).

Показники: глибина 3–4 см; швидкість 4–5 км/год.

2.2.11. Міжрядний обробіток (1–2 рази)

Призначення: знищення бур'янів у міжряддях, поліпшення аерації ґрунту та водно-повітряного режиму коренів.

Агροстроки: від фази 5–7 листків до змикання рядків.

Агровимоги: розпушення міжрядь, знищення бур'янів, формування захисної зони рядка, відсутність підрізання та присипання рослин культури.

Склад агрегату: трактор класу 1,4 + культиватор-рослинопідживлювач (КРН-5,6).

Показники: глибина 8–10 см (перший обробіток) із зменшенням до 6 см у наступних; ширина захисної зони 12–15 см; швидкість 6–8 км/год; відхилення глибини ± 1 см.

2.2.12. Підживлення посівів

Призначення: додаткове забезпечення рослин азотом у період інтенсивного росту для підвищення продуктивності.

Агροстроки: поєднують з міжрядним обробітком, у фазі 5–8 листків.

Агровимоги: внесення добрив у зону рядка на задану глибину, рівномірність по довжині гону, дотримання норми.

Склад агрегату: трактор класу 1,4 + культиватор-рослинопідживлювач із туковисівними апаратами (КРН-5,6).

Показники: норма N_{30-45} д.р./га; глибина закладання 8–10 см; швидкість 6–8 км/год; відхилення норми ± 10 %.

2.2.13. Захист від шкідників і хвороб

Призначення: захист посівів від шкідників і хвороб для збереження врожаю та якості зерна

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Агростроки: за порогом шкідливості, у відповідні фази розвитку культури.

Агровимоги: рівномірне нанесення робочого розчину, дотримання норм і регламентів застосування, відсутність зносу препарату за межі поля.

Склад агрегату: трактор класу 1,4 + штанговий або самохідний обприскувач.

Показники: норма робочого розчину 200–300 л/га; швидкість 6–10 км/год; відхилення норми витрати $\pm 5\%$.

2.2.14. Збирання кукурудзи на зерно

Призначення: збирання врожаю з відокремленням та обмолотом качанів і одночасним подрібненням і розподілом стебел по полю.

Агростроки: при вологості зерна 30–35 % (для прямого обмолоту 25–30 %), вересень – жовтень.

Агровимоги: повне відокремлення качанів від стебел, мінімальні втрати й травмування зерна, якісне подрібнення та рівномірний розподіл стебел по полю.

Склад агрегату: зернозбиральний комбайн + кукурудзозбиральна приставка (зокрема з удосконаленими протягувальню-подрібнювальними вальцями).

Показники: швидкість 6–8 км/год; втрати зерна не більше 1,0–1,5 %; пошкодження (травмування) зерна не більше 1–2 %; рівномірність подрібнення стебел згідно з агровимогами.

Слушне доповнення – після збирання зерно кукурудзи з вологістю 25–35 % не придатне до тривалого зберігання, тому потоково за збиранням ідуть операції очищення та сушіння.

2.2.15. Транспортування зерна від комбайна на тік (зерноочисно-сушильний комплекс)

Призначення: безперебійне відведення зернового вороху від комбайна для забезпечення безперервності збирання та своєчасного надходження вологого зерна на обробку.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Агροстроки: потоково, одночасно зі збиранням (вересень – жовтень).

Агровимоги: мінімальні втрати й травмування зерна під час перевезення, відсутність засмічення сторонніми домішками, своєчасне розвантаження без простоїв комбайна.

Склад агрегату: трактор класу 1,4 + тракторні причеи (2ПТС-4, 2ПТС-9) або вантажні автомобілі-самоскиди.

Показники: швидкість руху по полю 10–15 км/год, по дорозі – до 25–30 км/год; втрати під час транспортування не більше 0,5 %; вантажопідйомність відповідно до продуктивності комбайна.

2.2.16. Попереднє очищення зернового вороху

Призначення: видалення з вологого вороху великих, легких і дрібних домішок одразу після надходження, що покращує сипкість маси, знижує її самозігрівання та готує зерно до сушіння.

Агροстроки: негайно після надходження вороху на тік, до закладання на сушіння або тимчасове зберігання.

Агровимоги: виділення основної маси грубих і легких домішок, недопущення підвищеного вмісту повноцінного зерна у відходах, забезпечення пропускну здатності, узгодженої з надходженням вороху.

Склад агрегату: машини попереднього очищення ворохоочисники (МПО-50, МПУ-70) у складі зерноочисно-сушильного комплексу.

Показники: продуктивність 50–70 т/год; повнота виділення домішок не менше 50 %; втрати повноцінного зерна у відходах не більше 0,05 %; вміст домішок у зерні після очищення знижується до 8–10 %.

2.2.17. Сушіння зерна

Призначення: зниження вологості зерна до кондиційної (14 %) для забезпечення тривалого зберігання без самозігрівання, пліснявіння та втрати схожості й товарних якостей.

Агροстроки: безпосередньо після попереднього очищення; вологе зерно не повинне лежати без обробки понад допустимий термін.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Агровимоги: рівномірне просушування всієї маси, недопущення перегрівання та розтріскування зерна, зниження вологості за один пропуск не більше ніж на 4–6 % (для насіннєвого зерна – м'якші режими), збереження схожості насіннєвого матеріалу.

Склад агрегату: шахтні або барабанні зерносушарки (типу ДСП-32, СЗШ, мобільні модульні сушарки) у складі комплексу.

Показники: кінцева вологість 14 %; температура нагрівання зерна для продовольчого/фуражного – до 45–50 °С, для насіннєвого – до 40–45 °С; зниження вологості за пропуск 4–6 %; нерівномірність просушування в межах допуску за агровимогами.

2.2.18. Первинне (основне) очищення зерна

Призначення: доведення просушеного зерна до кондицій за чистотою через виділення решти домішок, що відрізняються від зерна за розмірами та аеродинамічними властивостями, перед закладанням на зберігання.

Агροстроки: після сушіння, перед засипанням на зберігання (для насіннєвого матеріалу доповнюється вторинним очищенням і сортуванням).

Агровимоги: доведення чистоти зерна до базисних кондицій, мінімальні втрати повноцінного зерна у відходах, виділення дрібної, щуплої та битої фракцій.

Склад агрегату: зерноочисні машини первинного очищення (ЗВС-20, ЗАВ у складі агрегату), за потреби – пневмосортувальні столи для насіннєвого зерна.

Показники: продуктивність 10–20 т/год; чистота зерна після очищення не менше 99 % (продовольче/фуражне); втрати повноцінного зерна у відходах не більше 1,5 %; для насіння – доведення до вимог відповідного класу.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

3. ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗБИРАННЯ КУКУРУДЗИ НА ЗЕРНО

3.1. Попередній вибір засобу агрегування

Кукурудзозбиральна приставка (адаптер) КМС-6 не є самостійною збиральною машиною – вона виконує лише операції відокремлення качанів від стебел та подрібнення стеблової маси, тоді як обмолот качанів, виділення, очищення й накопичення зерна здійснює базова машина. Тому правильний вибір засобу агрегування є визначальним для забезпечення працездатності та ефективності всього збирального агрегату. Під засобом агрегування в цьому випадку розуміють зернозбиральний комбайн, на який націпляється приставка замість зернової жниварки.

Вибір комбайна обґрунтовується сукупністю технічних, технологічних та експлуатаційних чинників, головними з яких є конструктивна сумісність приставки з похилою камерою комбайна, відповідність енергетичних та пропускних характеристик комбайна параметрам приставки, а також наявність відповідної техніки в господарстві.

Вихідні характеристики приставки

За даними виробника [6], приставка КМС-6 призначена для збирання шести рядків кукурудзи з шириною міжрядь 70 см, що відповідає ширині захвату 4,2 м. Робоча швидкість становить близько 7 км/год, а максимальна продуктивність – до 3 га/год. Маса приставки в одному з виконань (КМС-6-18) становить близько 2250 кг, виробник – Херсонський машинобудівний завод. Приставка пристосована до збирання як прямостоячих, так і полеглих рослин і конструктивно поєднує відокремлення качанів з подрібненням та розкиданням листостеблової маси по полю. Саме ці параметри – ширина захвату, маса, продуктивність і характер технологічного процесу – задають вимоги, яким повинен відповідати засіб агрегування.

Вимоги до засобу агрегування

Під час обґрунтування вибору комбайна враховують такі вимоги.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Конструктивна сумісність. Комбайн повинен мати похилу камеру з типорозміром приєднувального вікна, до якого може під'єднуватися приставка через відповідну перехідну рамку (адаптер). Для приставок типу КМС такі адаптери виготовляють під поширені вітчизняні та закордонні комбайни, що розширює коло можливих базових машин.

Енергетична відповідність. Потужність двигуна комбайна має бути достатньою як для приводу робочих органів самої приставки (протягувальні вальці, відривні пластини, подрібнювальний апарат), так і для обмолоту й транспортування зернового вороху. У запропонованій конструкції протягувальні вальці додатково виконують функцію подрібнення стебел, що дещо підвищує енергоспоживання приставки порівняно зі штатним виконанням; цей чинник обов'язково враховують під час вибору комбайна, віддаючи перевагу машинам із певним запасом потужності.

Пропускна здатність молотарки. Продуктивність приставки за качанами повинна узгоджуватися з пропускнуою здатністю молотарки комбайна за зерном і незерновою частиною. Завищена пропускна здатність приставки відносно можливостей комбайна призводить до перевантаження молотарки, підвищення втрат і травмування зерна; занижена – до неповного використання потенціалу машини.

Зрівноваженість та керованість агрегату. Маса приставки близько 2,2–2,3 т створює значне навантаження на передній міст і похилу камеру комбайна, тому базова машина повинна мати відповідну вантажопідйомність начипного механізму та забезпечувати стійкість і керованість агрегату під час роботи й транспортування.

Експлуатаційна доцільність. За інших рівних умов перевагу віддають комбайнам, які вже є в господарстві або широко представлені в регіоні, що спрощує постачання запасних частин, технічне обслуговування й підготовку механізаторів та знижує експлуатаційні витрати.

З урахуванням наведених вимог приставку КМС-6 доцільно агрегувати із зернозбиральним комбайном середнього класу пропускнуої

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

здатності, що має сумісну похилу камеру та достатню потужність двигуна для приводу модернізованих робочих органів. Приставки цього типорозміру серійно експлуатуються з вітчизняними комбайнами класу КЗС «Славутич» та з машинами провідних закордонних виробників за наявності відповідного адаптера, тому базова машина обирається передусім із числа наявних у господарстві.

Шестирядне виконання приставки (ширина захвату 4,2 м) добре узгоджується з пропускною здатністю комбайнів середнього класу: за робочої швидкості до 7 км/год і продуктивності до 3 га/год потік зернового вороху не перевищує можливостей молотарки, що забезпечує мінімальні втрати та травмування зерна. Водночас така ширина захвату дає прийнятну продуктивність за помірних вимог до потужності двигуна, що особливо важливо з огляду на додаткове енергоспоживання модернізованих протягувально-подрібнювальних вальців.

Отже, обраний засіб агрегування забезпечує конструктивну сумісність із приставкою КМС-6, узгодженість енергетичних і пропускних характеристик, стійкість і керованість агрегату, а також економічну доцільність експлуатації. Це дає підстави вважати вибір обґрунтованим і таким, що відповідає завданням кваліфікаційної роботи з удосконалення робочих органів приставки.

За даними виробника [7], комбайн КЗС-9-1 «Славутич» має такі основні параметри: пропускна здатність молотарки 9 кг/с, продуктивність не менше 11 т/год, номінальна потужність двигуна 235 к.с., ширина молотарки 1500 мм, діаметр молотильного барабана 700 мм, об'єм бункера 6,7 м³, об'єм паливного бака 500 л. Пропускна здатність молотарки залежно від умов становить 9–11 кг/с, а потужність двигуна – 235 к.с. На комбайн встановлюють дизельний двигун ЯМЗ-238 з рідинним охолодженням, який вирізняється надійністю та запасом потужності для стабільної роботи у важких умовах.

Перевірка узгодженості пропускної здатності

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Ключовою умовою працездатності агрегату є відповідність потоку маси, що надходить у молотарку, її пропускній здатності. Особливістю збирання кукурудзи кукурудзяною приставкою є те, що в молотарку надходять лише качани, тоді як стебла відокремлюються, подрібнюються й залишаються на полі. Тому розрахунковий потік визначається масою качанів.

Теоретичну продуктивність агрегату за площею визначаємо за робочою шириною захвату та швидкістю:

$$W = 0,1 \cdot B \cdot v = 0,1 \cdot 4,2 \cdot 7 \approx 2,94 \text{ га/год},$$

що узгоджується з паспортною продуктивністю приставки до 3 га/год.

Приймаємо розрахункову врожайність зерна $U = 7 \text{ т/га}$.

Оскільки зерно становить близько 80 % маси качана, масова врожайність качанів складає:

$$U_{\text{кач}} = U / 0,8 = 7000 / 0,8 \approx 8750 \text{ кг/га}.$$

Тоді секундний потік качанів у молотарку за безперервної роботи становитиме:

$$q = (U_{\text{кач}} \cdot W) / 3600 = (8750 \cdot 2,94) / 3600 \approx 7,1 \text{ кг/с}.$$

Одержане значення ($\approx 7,1 \text{ кг/с}$) менше за паспортну пропускну здатність молотарки комбайна «Славутич» (9 кг/с), тобто молотарка працює із запасом близько 20 %. Це гарантує відсутність перевантаження, мінімальні втрати та травмування зерна навіть за підвищеної врожайності або робочої швидкості, а також забезпечує стабільність технологічного процесу обмолоту.

Енергетична відповідність та експлуатаційна доцільність

Номінальної потужності двигуна 235 к.с. ($\approx 173 \text{ кВт}$) достатньо як для приводу робочих органів приставки, так і для обмолоту, сепарації та

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

самопересування комбайна. Це особливо важливо з огляду на запропоновану модернізацію, за якою протягувальні вальці додатково виконують функцію подрібнення стебел: певне зростання енергоспоживання приставки повністю покривається наявним запасом потужності двигуна, тому встановлення штатного подрібнювача стає непотрібним без ризику перевантаження машини.

Маса приставки близько 2,25 т відповідає вантажопідйомності похилої камери та начіпного механізму комбайна цього класу, що забезпечує стійкість і керованість агрегату під час роботи й транспортування. Додатковими перевагами є вітчизняне виробництво комбайна й приставки одним заводом, доступність запасних частин, простота технічного обслуговування та поширеність машини в господарствах України, що знижує експлуатаційні витрати.

3.2. Розрахунок агрегату.

Робоча швидкість агрегату [8]

$$V_p = \frac{N}{\kappa \cdot R_{\kappa} + \kappa \cdot R_x},$$

де $N = 173$ кВт – потужність двигуна комбайна «Славутич»;

$\kappa = 0,8-0,85$ – оптимальний коефіцієнт використання потужності;

R_{κ} - потужність двигуна, що необхідна для руху по полю, кВт;

R_x - потужність холостого ходу, кВт.

Потужність двигуна, що необхідна для руху по полю

$$R_{\kappa} = \frac{f_m \cdot G_m}{270 \cdot \eta}$$

де $f_m = 0,08 \dots 0,12$ - коефіцієнт кочення агрегату;

$G_m = 14100$ кг – маса комбайна з приставкою;

$\eta = 0,82$ – к.к.д гідростатичної трансмісії Славутич.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Тобто, потужність на перекочування буде

$$R_k = \frac{0,09 \cdot 14100}{270 \cdot 0,82} = 5,7 \text{ кВт}$$

Потужність, що витрачається для збирання кукурудзи:

$$R_x = \frac{\kappa \cdot B \cdot U}{360},$$

де $\kappa = 8 \dots 12$ кВт·с/кг – орієнтовна питома енергоємність збирання;

$B = 2,8$ м - ширина захвату агрегат;

$U = 140$ ц/га – прийнята загальна урожайність (разом з листостебловою масою).

Потужність, що витрачається для збирання кукурудзи

$$R_x = \frac{10 \cdot 4,2 \cdot 140}{360} = 16,3 \text{ кВт}$$

Гранична швидкість буде:

$$V_p = \frac{173}{0,82 \cdot 5,7 + 0,82 \cdot 16,3} = 9,59 \text{ км/год.}$$

Гранична швидкість агрегату більша ніж рекомендована швидкість руху приставки (7,0 км/год), що говорить про можливість розкриття всього її потенціалу при прийнятій у розрахунках врожайності.

Збільшення швидкості збирання понад рекомендоване значення збільшить втрати качанів, тому приймемо для роботи $V_p = 7,0$ км/год. і будемо використовувати це значення під час проведення подальших технологічних розрахунків

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Найбільша теоретична продуктивність комбайну:

$$W_r = 0,1 \cdot B \cdot V_p = 0,1 \cdot 4,2 \cdot 7,0 = 2,94 \text{ га/год.}$$

Продуктивність, з урахуванням допоміжних витрат часу на проведення операції:

$$W_o = W_r \cdot \tau,$$

де τ - коефіцієнт операційної продуктивності.

Коефіцієнт операційної продуктивності:

$$\tau = \frac{1}{1 + 0,1 \cdot t_d \cdot V_p \cdot B}$$

де t_d - час, що використовується для здійснення допоміжних операцій.

Розрахункове значення t_d :

$$t_d = \frac{100 \cdot t_n}{B \cdot L \cdot U}$$

де t_n – час повороту, год. (прийmemo $t_n = 1,0 \text{ хв.} = 0,068 \text{ год.}$);

L – довжина гонів, км (прийmemo $L = 860 \text{ м} = 0,86 \text{ км}$);

U – прогнозована врожайність качанів (прийmemo $U = 70,0 \text{ ц/га}$);

ρ – процентний вміст зерна у качанах ($\rho = 80\%$).

Час виконання допоміжних операцій

$$t_d = \frac{100 \cdot 0,068}{4,2 \cdot 0,86 \cdot 70} = 0,027 \text{ год.}$$

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		24

Коефіцієнт операційної продуктивності:

$$\tau = \frac{1}{1 + 0,1 \cdot 0,027 \cdot 7,0 \cdot 4,2} = 0,93.$$

Операційна продуктивність збирального агрегату становитиме

$$W_{оп} = 2,94 \cdot 0,93 = 2,73 \text{ га/год.}$$

Розрахуємо граничне число русел (для прийнятного коефіцієнту продуктивності $\eta \geq 0,7$)

$$z_r = \frac{1 - \eta}{3,6 \cdot \eta \cdot q' \cdot t_d},$$

де q' - подача на одне русло.

Подача на одне русло:

$$q' = \frac{Q}{\psi \cdot z}$$

де Q - 9 кг/с – максимальна продуктивність агрегату (по пропускній здатності молотарки комбайну КЗС-9 «Славутич»);

ψ - коефіцієнт подачі (із запасом);

$z = 6$ – число русел.

Коефіцієнт подачі (із запасом)

$$\psi = 1 + 0,0235 \cdot v$$

де $v = 15 - 30\%$ - коефіцієнт можливої нерівномірності урожайності кукурудзи.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Тоді коефіцієнт подачі:

$$\psi = 1 + 0,0235 \cdot 20 = 1,47$$

Подача на одне русло:

$$q' = \frac{9}{1,47 \cdot 6} = 1,02 \text{ кг/с}$$

Граничне розрахункове число русел (для прийнятного коефіцієнту продуктивності $\eta \geq 0,7$)

$$z_r = \frac{1 - 0,7}{3,6 \cdot 0,7 \cdot 1,02 \cdot 0,027} = 4,3.$$

Для прийнятих у розрахунках умов, кількість русел є достатньою для ефективної роботи збирального агрегату, оскільки дійсна кількість русел більша розрахункової.

3.3. Кінематичні розрахунки збирального агрегату

Розрахунковий радіус розвороту [8]

$$\rho_y = \rho_{\min} + \frac{K_{\pi}}{\pi \cdot \rho_{\min}},$$

де $\rho_{\min} = 8,1 \text{ м}$ – довідковий мінімальний радіус розвороту по зовнішнім колесам;

K_{π} - коефіцієнт поворотливості збирального агрегату.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

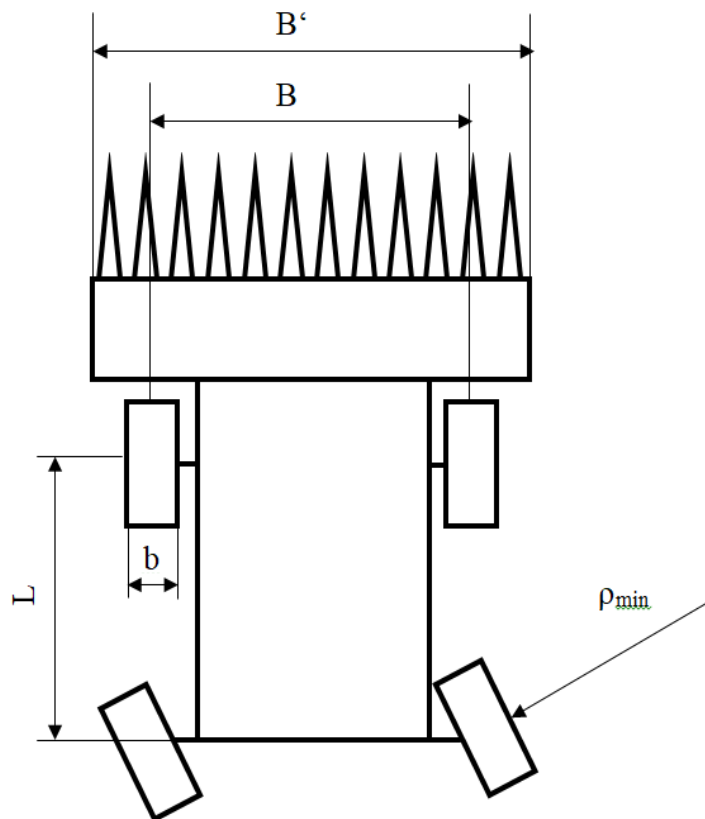


Рис.3.1. Схема повороту кукурудзозбирального агрегату у складі комбайну КЗС-9 «Славутич» і приставки КМС-6

Коефіцієнт поворотливості збирального агрегату:

$$K_n = \frac{L \cdot V_n}{\omega},$$

де $L=3,66$ м – база збирального агрегату (з комбайном КЗС-9);

$V_n=4$ км/год= $1,1$ м/с – безпечна швидкість повороту;

ω - кутова швидкість коліс під час повороту.

кутова швидкість коліс під час повороту:

$$\omega = \frac{V_n}{\rho_{\min}} = \frac{1,1}{8,1} = 0,136 \text{ с}^{-1}.$$

Коефіцієнт поворотливості збирального агрегату:

$$K_{\pi} = \frac{3,66 \cdot 1,1}{0,136} = 29,6$$

Розрахунковий радіус розвороту:

$$\rho_y = 8,1 + \frac{29,6}{3,14 \cdot 8,1} = 9,26 \text{ м.}$$

3.4. Розрахунок параметрів поворотних смуг на полі

Поворотні смуги потрібні для забезпечення розвороту агрегатів в кінці поля [8]. Їх розраховують і збільшують кратно до ширини збирального агрегату. Перед початком збиральних робіт, забезпечують збирання кукурудзи з поворотних смуг.

Розрахункова ширина поворотних смуг становить:

$$E = 1,5 \cdot R + L_a \cdot$$

де R – радіус повороту, м;

L_a 10,6-11 м – кінематична довжина збирального агрегату (КЗС-9 «Славутич+КМС-6).

Радіус повороту:

$$R = 1,7 \cdot B$$

де $B = 4,2$ м – ширина приставки КМС-6.

Радіус повороту:

$$R_{\min} = 1,7 \cdot 4,2 = 7,14 \text{ м}$$

Розрахункова ширина поворотних смуг:

$$E = 1,5 \cdot 7,14 + 4,2 = 14,91 \text{ м.}$$

Узгодимо отриману величину з шириною захвату приставки:

$$\kappa = \frac{E}{B}$$

Розрахована кратність буде

$$\kappa = \frac{14,91}{4,2} = 3,55$$

Округляємо: $\kappa=4$.

Фактична ширина поворотної смуги, яка забезпечить розвертання збирального агрегату:

$$E = 4 \cdot 4,2 = 16,8 \text{ м.}$$

3.5. Обґрунтування способу руху агрегату по полю

Спосіб руху агрегату по полю визначає витрати часу і паливно-мастильних матеріалів на проведення робіт [8]. Оскільки, у нашому випадку, збиральний агрегат із приставкою є відносно симетричним – не передбачає постійного вивантаження подрібненої на одну сторону, а зернову масу може вивантажувати періодично, то можемо обрати найбільш продуктивний спосіб руху – гоновий (човником). При цьому необхідно здійснювати постійний контроль за заповненням бункера і вивантаженням зернової маси лише тоді, коли збиральний агрегат рухається вивантажувальним шнеком убік зібраного поля.

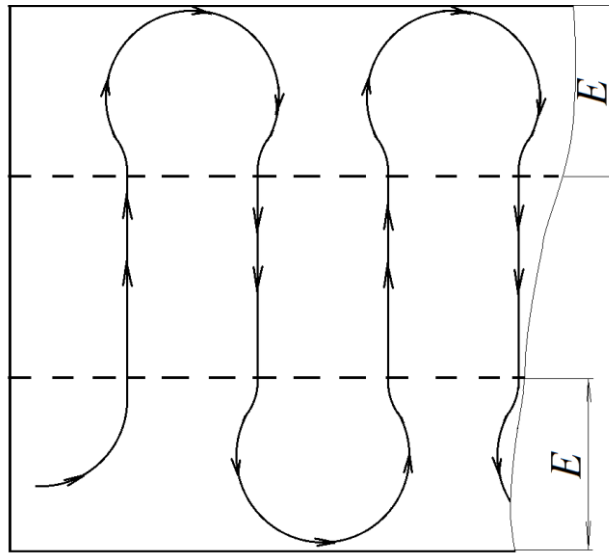


Рис. 3.2. Схема обраного – гонового руху збирального агрегату

Човниковий спосіб руху обрано для збирального агрегату як найбільш раціональний для полів прямокутної конфігурації з достатньою довжиною гону. За цього способу агрегат виконує робочий хід уздовж загінки, на кінці поля здійснює неробочий поворот на поворотній смузі й рухається у зворотному напрямку паралельно попередньому проходу, послідовно зміщуючись на ширину захвату. Така схема забезпечує найпростішу організацію руху, не потребує попереднього розбивання поля на велику кількість загінок і добре узгоджується з фронтальним розташуванням робочих органів збирального агрегату, для якого важливо заходити в незібраний масив завжди з одного боку.

Перевагою човникового руху є висока питома частка робочих ходів у загальному шляху агрегату та, відповідно, високий коефіцієнт використання робочого часу, оскільки повороти виконуються переважно простими петльовими або беззагінними способами без зайвих переїздів полем. Це зменшує непродуктивні витрати палива та часу, знижує ущільнення ґрунту повторними проходами й спрощує роботу механізатора. З урахуванням розмірів і форми оброблюваної ділянки, ширини захвату агрегату та допустимого радіуса повороту човниковий спосіб дає найкоротший сумарний шлях холостих ходів порівняно з круговим чи діагональним рухом, що й обґрунтовує його вибір для виконання збиральних робіт.

3.6. Обґрунтування операційної технології збирання кукурудзи на зерно

Час одного повного робочого циклу [8]:

$$T_{\text{ц}} = \frac{12 \cdot L_p}{10^2 \cdot V_p} + 2t_n,$$

де L_p – розрахункова довжина гону до розворотних смуг, м;

$t_n = 1$ хв. – прийнятий час розвороту агрегату.

Розрахункова довжина гону:

$$L_p = L - 2 \cdot E$$

де $L = 860$ м – загальна довжина поля.

Розрахункова довжина гону

$$L_p = 860 - 2 \cdot 16,8 = 826,4 \text{ м},$$

Час одного повного робочого циклу:

$$T_{\text{ц}} = \frac{12 \cdot 826,4}{100 \cdot 7,0} + 2 \cdot 1 = 16,16 \text{ хв.} = 0,24 \text{ год.}$$

Технічна продуктивність:

$$W_{\text{ц}} = 0,1 \cdot B \cdot V_p \cdot T_{\text{ц}} \cdot \tau$$

Підставивши розраховані вище значення отримаємо:

$$W_{\text{ц}} = 0,1 \cdot 4,2 \cdot 7,0 \cdot 0,24 \cdot 0,93 = 0,645 \text{ га/цикл}$$

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Кількість циклів протягом 1 зміни:

$$n_{\text{ц}} = \frac{W_o \cdot T_p}{W_{\text{ц}}},$$

де T_p – чистий робочий час.

Чистий робочий час визначимо як

$$T_p = T \cdot \tau$$

де $T = 8$ год. – час зміни.

Чистий робочий час:

$$T_p = 8 \cdot 0,93 = 7,44 \text{ год.}$$

Кількість циклів протягом 1 зміни:

$$n_{\text{ц}} = \frac{2,73 \cdot 7,44}{0,645} = 31,5$$

Приймемо $n_{\text{ц}} = 32$ цикл./зм.

Проведемо орієнтовні розрахунки питомих витрат палива збиральним агрегатом.

Питомі витрати палива на гектар:

$$Q_{\text{га}} = \frac{Q_{\text{зм}}}{W_{\text{зм}}},$$

де $Q_{\text{зм}}$ – витрати палива протягом 1 зміни, кг/зм;

$W_{\text{зм}}$ - продуктивність змінна, га/зм.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		32

Витрати палива протягом 1 зміни [8]:

$$Q_{зм} = Q_p \cdot T_p + Q_x \cdot t_x + Q_z \cdot t_z,$$

де $Q_p = 35,5-41,5$ л/год – витрати палива збиральним агрегатом Славутич+КМС-6 під час роботи;

$Q_x = 21,3-26,0$ л/год – витрати палива збиральним агрегатом при холостому русі – переїздах і розворотах;

$Q_z = 5,3 - 8,8$ л/год – витрати палива збиральним агрегатом на зупинках.

$$t_x = t_z = \frac{8-7,44}{2} = 0,28 \text{ год.}$$

Підставимо отримані результати до формули і розрахуємо витрати палива протягом 1 зміни:

$$Q_{зм} = 38 \cdot 7,44 + 23 \cdot 0,28 + 7 \cdot 0,28 = 291,12 \text{ л/зм.}$$

Внесемо всі розраховані параметри до операційно-технологічної карти збирання кукурудзи на зерно.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		33

4. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

4.1. Опис удосконаленого кукурудзозбирального агрегату

На основі аналізу праць [9-22] нами окреслено можливості до удосконалення робочих органів агрегату для підвищення ефективності і зниження енергоємності роботи приставки.

Кукурудзозбиральний агрегат (рис. 4.1) компонується на основі самохідного зернозбирального комбайна КЗС-9 «Славутич», до похилої камери якого замість зернової жатки приєднано шестирядну качанозбиральну приставку КМС-6. Енергозасобом і технологічним центром агрегату слугує сам комбайн: він забезпечує привод робочих органів приставки від гідросистеми та карданно-ланцюгових передач, переміщення агрегату полем, а також виконує обмолот зірваних качанів, сепарацію та очищення зерна з накопиченням його в бункері. Приставка ж відповідає за зрізання, спрямування, відрив качанів від стебел і за подрібнення листостеблової маси, що залишається після відриву.

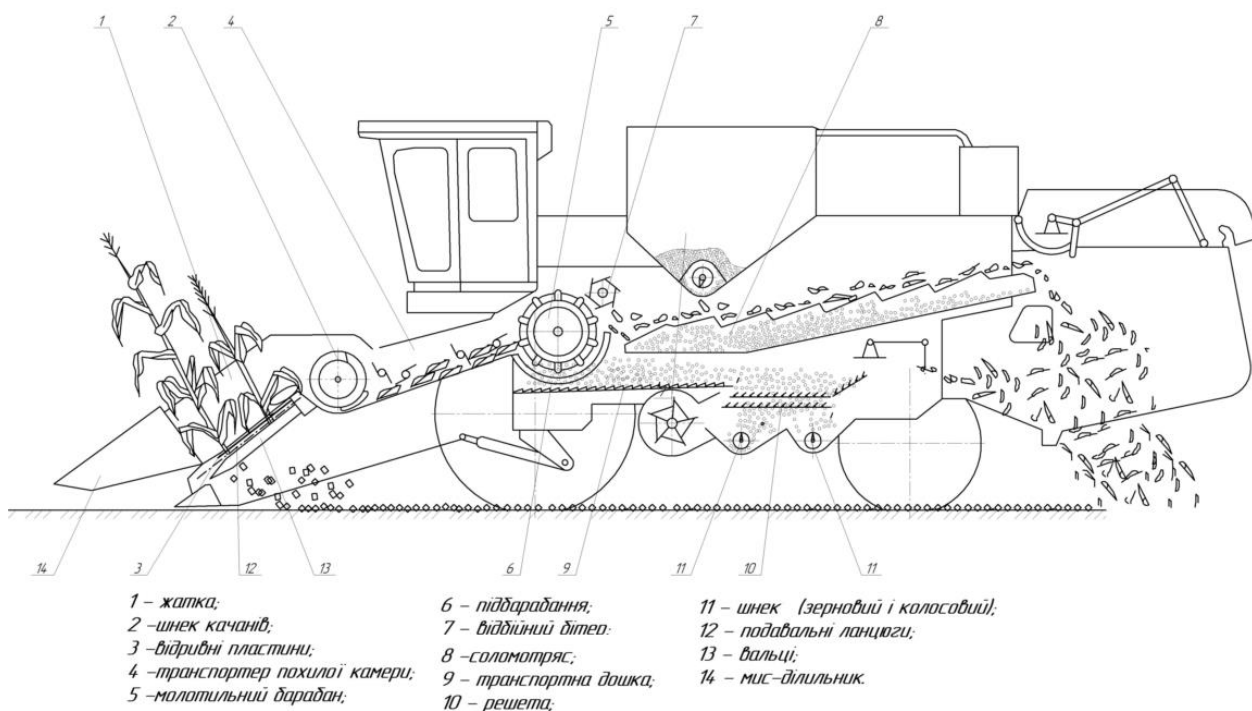


Рис. 4.1. Технологічна схема модернізованого кукурудзозбирального агрегату

Конструктивну основу приставки складають шість однотипних рядкових секцій, рознесених на міжряддя 70 см, спільний поперечний шнек, рама з механізмом начіпки на похилу камеру та системою приводів. Кожна секція має пасивні стеблопідвідні дільники з подавальними (живильними) ланцюгами, споряджені пальцями, які захоплюють стебла й протягують їх до робочої зони. Над зоною подачі розташовані качановідривні вальці з гвинтовими ребрами: вони втягують стебло вниз через вузьку щілину, а качан, не проходячи в неї за діаметром, відривається і пальцевими ланцюгами та полотном виноситься до центрального шнека. Шнек зводить потік качанів від усіх рядків до середини й подає його в похилу камеру комбайна.

Принципова особливість модернізованої приставки полягає в тому, що замість штатних дискових подрібнювальних апаратів під рядковими секціями встановлено оригінальні протягувальні ножові вальці. Це пара зустрічно-обертових вальців із гвинтово-розташованими ножами по периметру, що працюють у парі з качановідривними вальцями. Стебло, яке після відриву качана протягується ножовими вальцями вниз, активно зтягується в їхню робочу щілину, де ножі, заходячи у взаємний зацеп, розрізають і подрібнюють листостеблову масу на коротку січку безпосередньо в зоні зрізу. На відміну від дискових апаратів, що подрібнюють масу за рахунок удару й вимагають значної колової швидкості, протягувальні ножові вальці поєднують функцію примусового протягування стебла й функцію подрібнення, завдяки чому забезпечують стабільне захоплення навіть полеглих і неоднакових за товщиною стебел, рівномірну довжину різки та менші втрати качанів від збивання.

Робочий процес агрегату відбувається безперервно під час руху комбайна по полю. Дільники секцій розділяють рядки, подавальні ланцюги підводять стебла до качановідривних вальців, які відривають качани й передають їх через шнек і похилу камеру в молотарку, а звільнені від качанів стебла одночасно протягуються вниз ножовими вальцями й подрібнюються.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

У молотарці комбайна КЗС-9 качани обмолочуються в просторі між барабаном і декою, зернова частина проходить сепарацію та багатоступеневе очищення на решетах із потоком повітря від вентилятора, чисте зерно елеватором подається в бункер, а стрижні, обгортки та домішки виводяться з молотарки у валок або розкидаються по полю. Подрібнена ножовими вальцями листостеблова маса рівномірно розподіляється по поверхні поля, що покращує її загортання в ґрунт під час подальшого обробітку й сприяє накопиченню органіки. Таким чином, агрегат за один прохід виконує повний цикл збирання кукурудзи на зерно з одночасним подрібненням нетоварної частини врожаю.

4.2. Розрахунки жатної частини приставки

Розрахунок контурних ланцюгів.

Контурні ланцюги (рис. 4.2) слугують для захоплення стебел, подачі їх до качановідокремлювальних апаратів і транспортування відокремлених качанів.

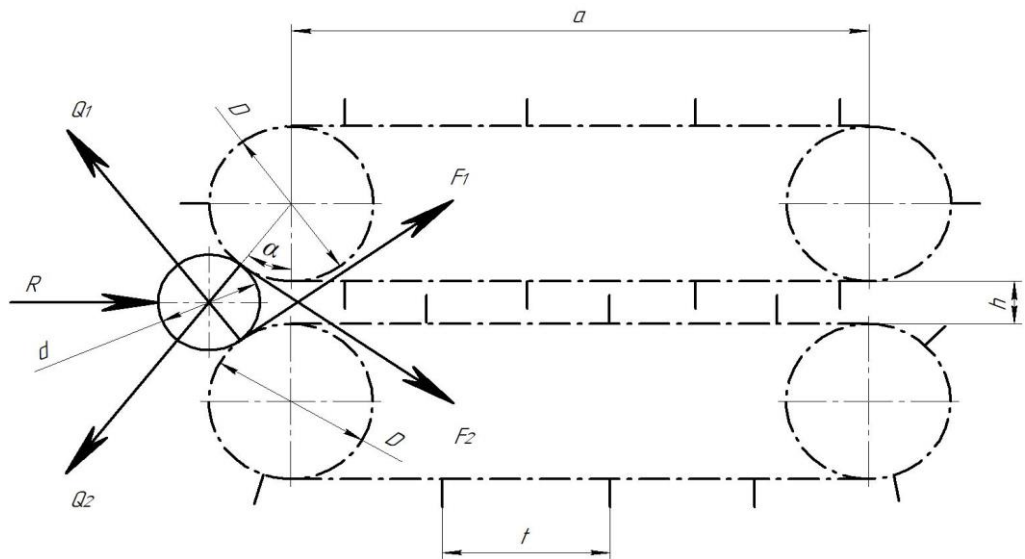


Рис. 4.2. Схема подавальних ланцюгів.

Контурні ланцюги повинні надійно захоплювати стебла між веденими зірочками у передній частині машини. Розрахунки параметрів контурних ланцюгів проводимо за методикою [9-11].

Параметри контурних ланцюгів, що забезпечують надійне захоплення стебел поєднуються у виразі, що визначає кут їх захоплення:

$$\cos \alpha = \frac{D+h}{D+d}$$

де D – діаметр передньої (веденої) зірочки;

$h = 30\text{-}35$ мм – простір між ланцюгами;

$d = 42$ мм – можливий діаметр стебла в місті захоплення.

Стебло буде надійно захоплюватися ланцюгами, якщо дотримається основна умова:

$$\alpha \leq \arctg f,$$

де $f = 0,35\text{-}0,45$ – значення коефіцієнту тертя стебла.

З урахуванням зазначеного, кут гарантованого захоплення має бути

$$\alpha \leq \arctg 0,375 = 20,5^\circ$$

Мінімальні діаметри ведених зірочок визначаються рівнянням:

$$D \geq \frac{d \cdot \cos \alpha - h}{1 - \cos \alpha}.$$

Підставимо параметри:

$$D \geq \frac{42 \cdot \cos(20,5) - 32}{1 - \cos(20,5)} = 115,9 \text{ мм}$$

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		37

Важливою характеристикою роботи контурних ланцюгів є забезпечення правильного співвідношення їх швидкості зі швидкістю руху агрегату [9-11]. Співвідношення швидкостей і напрями їх векторів поєднуються у паралелограмі швидкостей, основною характеристикою якого є кут меншої діагоналі (рис. 4.3), яка являє собою напрям вектору абсолютної швидкості ε .

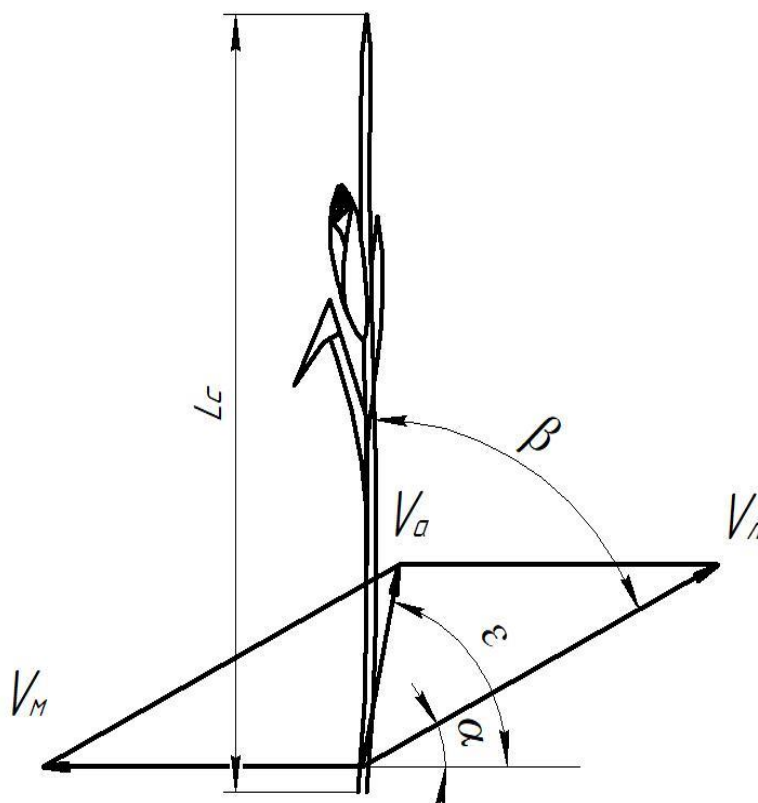


Рис. 4.3. Схема до визначення напрямку вектору абсолютної швидкості.

Для забезпечення затягування стебел до приставки без завалювання в бік незібраного поля, напрям вектору абсолютної швидкості повинен бути

$$\varepsilon \leq 90^\circ.$$

Напрямок вектору абсолютної швидкості стебла, захопленого контурними ланцюгами можна розрахувати за виразом [9-11]:

$$\varepsilon = \arctg \frac{K \cdot \sin \alpha}{K \cdot \cos \alpha - 1}$$

де $k=1,2-1,3$ – оптимальне співвідношення швидкостей ланцюгів і швидкості руху агрегату по полю [9-11];

$\alpha = 20-30^\circ$ - рекомендований кут нахилу ланцюгів відносно горизонталі.

Визначимо реальне значення кута ε , прийнявши співвідношення швидкостей $k=1,3$, і кут нахилу ланцюгів $\alpha = 27^\circ$.

$$\varepsilon = \arctg \frac{1,3 \cdot \sin 27}{1,3 \cdot \cos 27 - 1} = \arctg 3,73 = 74,9^\circ,$$

що задовольняє вимогам.

Швидкість ланцюгів можемо визначити як :

$$V_{\text{л}} = 1,27 V_{\text{м}},$$

де $V_{\text{м}} = 7,0 \text{ км/год} = 1,94 \text{ м/с}$ – швидкість збирального агрегату.

Швидкість ланцюгів:

$$V_{\text{л}} = 7,0 \cdot 1,27 = 2,47 \text{ м/с},$$

Частоту обертання ведених зірочок розрахуємо за формулою:

$$n = \frac{60 \cdot V_{\text{л}}}{\pi \cdot D},$$

Де всі вхідні параметри розраховані вище

$$n = \frac{60 \cdot 2,47}{3,14 \cdot 0,116} = 406,8 \text{ об/хв.}$$

Обґрунтування параметрів протягувальних вальців-подрібнювачів. Важливим параметром, що забезпечує протягувальну здатність вальців є їх діаметр [9-11].

Визначимо діаметри протягувальних вальців (рис. 4.4) з формули:

$$D \geq \frac{d-h}{1-\cos\alpha}$$

де $h = 10-25$ мм – регульований параметр – величина зазору між вальцями (залежно від середнього діаметра стебел;

α – кут захоплення стебел.

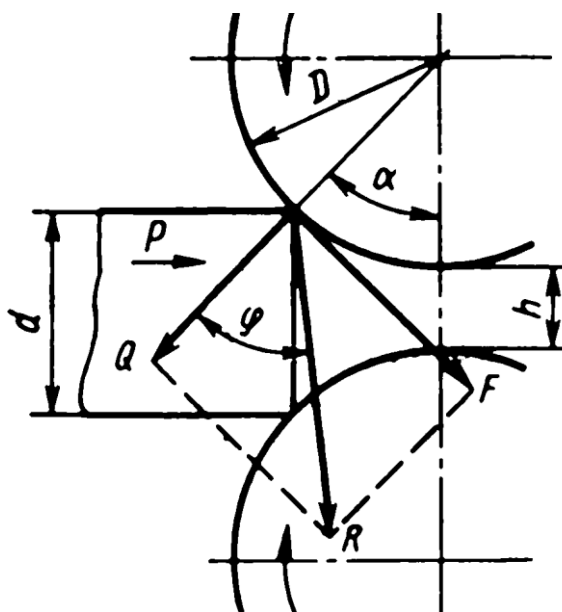


Рис. 4.4. Розрахункова схема протягувальних вальців.

Кут захоплення стебел можна розрахувати як:

$$\alpha \leq \arctg f$$

де $f = 0,35-0,45$ – значення коефіцієнту тертя стебла.

Кут захоплення стебел:

$$\alpha = \arctg 0,45 = 24,2^\circ$$

Діаметр вальців:

$$D \geq \frac{42 - 30}{1 - \cos 24,2^\circ} = 107,4 \text{ мм}$$

Прийmemo для використання $D=110$ мм.

Для забезпечення високої ефективності протягування, будемо використовувати ребра, встановлені радіально на вальцях.

Для забезпечення різання (подрібнення) стебел, кожне друге ребро вальця будемо виготовляти у вигляді загостреного леза (рис. 4.5).

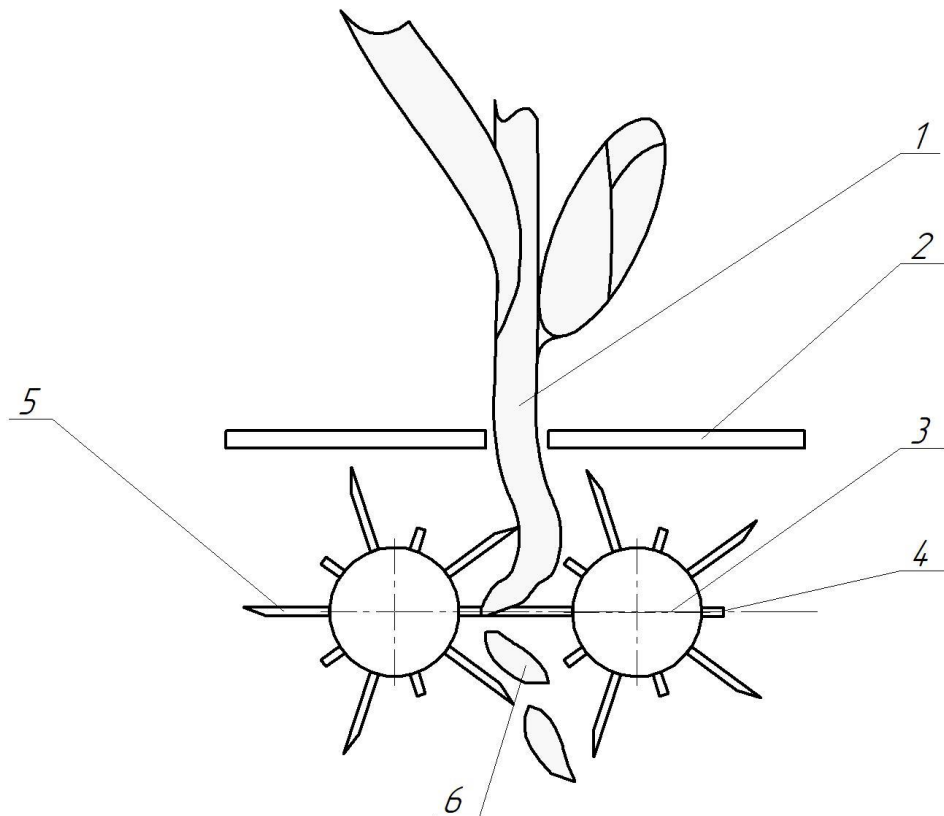


Рис. 4.5. Схема протягувальних вальців-подрібнювачів стебел:

1- стебло, 2- відбивні пластини, 3- протягувальні вальці-подрібнювачі, 4- ребро-протиріз, 5- ребро-ніж, 6- подрібнені стебла

Визначимо довжину модернізованих вальців [9-11]

$$L_p = \frac{V_m \cdot T \cdot A}{l \cdot h \cdot K},$$

де t – час протягування стебел;

A - площа січення стебла м^2 ;

$h = 0,021$ м – умовний зазор між вальцями;

$l = 0,16 - 0,24$ м – крок стебел в рядку;

$K = 0,5 - 0,8$ – розрахунковий коефіцієнт заповнення щілини.

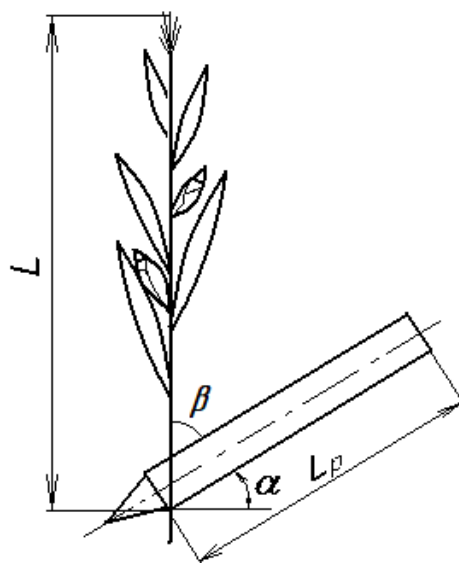


Рис. 4.6. Схема визначення робочої довжини вальців.

Час протягування стебел:

$$\tau = \frac{\mu \cdot L \cdot \sin \beta}{V_B}$$

де $\mu = 1,2 \dots 1,4$ - коефіцієнт прослизання;

$L = 2,8 - 3,0$ м – довжина стебел кукурудзи;

β – кут нахилу стебел відносно вальця;

$V_B = 4,0 - 4,5$ м/с – оптимальна (рекомендована) колова окружна швидкість вальців.

Час протягування стебел:

$$\tau = \frac{1,30 \cdot 3,0 \cdot \sin(90 - 27)}{4,2} = 0,82 \text{ с.}$$

Площа січення стебла:

$$F_c = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,042^2}{4} = 0,001264 \text{ м}^2.$$

Робоча довжина вальців

$$L_p = \frac{1,94 \cdot 0,76 \cdot 0,001264}{0,18 \cdot 0,02 \cdot 0,75} = 0,66 \text{ м}$$

Округлимо робочу довжину вальців у більший бік: $L_p = 0,7 \text{ м}$.

Проведемо розрахунок частоти обертання вальців:

$$n = \frac{60 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{60 \cdot 4,2}{3,14 \cdot 0,11} = 730 \text{ об/хв.}$$

Продуктивність приставки визначається пропускнуою здатністю її основних робочих органів, у даному випадку - вальців:

$$Q = z \cdot \frac{n \cdot m}{\tau}$$

де $z=6$ – число русел (пар вальців);

n – число стебел, що одномоментно знаходяться між вальцями;

$m=1,4 \text{ кг}$ – середня маса стебла (разом з качанами);

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Число стебел, що одномоментно знаходяться між вальцями:

$$n = \frac{L_p \cdot h \cdot \kappa}{A}$$

З урахуванням відомих складників, кількість стебел затягнутих у зазор між вальців буде дорівнювати:

$$n = \frac{0,7 \cdot 0,015 \cdot 0,75}{0,001264} = 6,23.$$

Пропускна здатність жатки:

$$Q = 6 \cdot \frac{6,23 \cdot 0,8}{0,82} = 36,4 \text{ кг/с.}$$

Пропускна здатність жатки значно вища ніж пропускна здатність молотарки комбайна Славутич, тож жатка дозволить працювати агрегату на повну силу.

Розроблені оригінальні креслення наведемо у ілюстративній частині дипломного проєкту.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		44

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Експлуатація кукурудзозбирального агрегату пов'язана з підвищеною небезпекою, оскільки в одному технологічному процесі поєднуються потужний самохідний енергозасіб, велика кількість обертових і протягувальних робочих органів, гідросистема високого тиску, відкритий вогнебезпечний рослинний матеріал і робота на відкритій місцевості за різних погодних умов. Нижче проаналізовано основні групи небезпек і обґрунтовано заходи щодо їх запобігання.

Механічні небезпеки робочих органів приставки. Найвищий рівень травмонебезпек створюють обертові й протягувальні органи приставки КМС-6: качановідривні вальці, подавальні ланцюги з пальцями, поперечний шнек і, особливо, модернізовані протягувальні ножові вальці. Ці органи розраховані на примусове зтягування стебел, тому за необережного наближення вони здатні захопити одяг, рукавицю чи кінцівку оператора, що призводить до тяжких травм. Небезпека загострюється під час спроби усунути забивання робочої зони на ходу. Для запобігання таким випадкам категорично забороняється очищати, регулювати чи оглядати робочі органи при працюючому двигуні й увімкнених приводах. Усунення намотування й забивання виконують лише після повної зупинки двигуна, вилучення ключа із замка запалювання та переконання, що всі обертові частини зупинились. Зону ножових вальців і шнека закривають штатними захисними кожухами й щитками, цілісність яких перевіряють перед кожною зміною; робота зі знятими або пошкодженими огороженнями не допускається. Оператор працює у щільному спецодязі без вільних звисаючих елементів, із зібраним волоссям, і не використовує під час обслуговування робочих органів вільні шарфи чи широкі рукави.

Небезпеки під час руху й маневрування агрегату. Агрегат має значні габарити, масу й обмежену оглядовість у зоні приставки, що створює ризик наїзду на людей, перекидання та зіткнень. Особливо небезпечні розвороти на поворотних смугах, рух поблизу краю поля, на схилах та переїзди дорогами загального користування з приєднаною приставкою. Для зниження цих ризиків

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		45

перед початком руху подають звуковий сигнал і переконуються у відсутності людей у небезпечній зоні, яка для збиральних агрегатів становить не менш ніж кілька метрів довкола машини й попереду приставки. Швидкість руху обирають відповідно до стану поля, видимості й рельєфу, на поворотах і схилах її знижують, різких маневрів уникають. Перевезення людей на агрегаті, підніжках, приставці чи в бункері заборонено. Під час транспортних переїздів приставку приводять у транспортне положення, вмикають передбачені світлові й розпізнавальні засоби, дотримуються правил дорожнього руху. Робота на схилах з крутістю, більшою за допустиму паспортом комбайна, не дозволяється через загрозу втрати поздовжньої або поперечної стійкості.

Небезпеки технічного обслуговування й ремонту. Значна частка травм припадає не на сам збиральний процес, а на технічне обслуговування. До характерних небезпек належать падіння важких піднятих вузлів (приставки, похилої камери), розгерметизація гідросистеми з виходом робочої рідини під високим тиском, опіки від нагрітих поверхонь двигуна й вихлопної системи, травмування під час натягування ланцюгів і пасів. Щоб запобігти падінню піднятих частин, під час робіт під приставкою або похилою камерою їх обов'язково фіксують штатними механічними упорами чи запобіжниками, а не покладаються лише на гідроциліндри. Перед розбиранням гідросистеми тиск у ній скидають, а пошук витоків виконують не рукою, а допоміжними засобами, оскільки струмінь рідини під тиском здатний проникати під шкіру. До нагрітих вузлів торкаються лише після їх охолодження. Усі роботи з обслуговування проводять при заглушеному двигуні з вийнятим ключем; на органи керування за потреби вивішують попереджувальний знак про заборону пуску.

Пожежна безпека. Кукурудзозбиральний агрегат працює в середовищі сухого подрібненого листостеблового матеріалу, пилу й полови, які легко займаються від нагрітих поверхонь, іскор вихлопу чи короткого замикання електрообладнання. Накопичення рослинних решток на колекторі, навколо вихлопної труби та в підкапотному просторі є основною причиною загорянь. Для запобігання пожежі агрегат щозміни очищають від намотаного й налиплого

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

рослинного матеріалу, особливо в зоні двигуна та вихлопу, стежать за справністю електропроводки й відсутністю іскріння. Агрегат укомплектовують справними вогнегасниками у доступних місцях, а механізатор повинен знати порядок гасіння та евакуації. Заправлення паливом виконують при заглушеному двигуні, без куріння й відкритого вогню поблизу. На полі організовують протипожежні розриви й чергування засобів пожежогасіння згідно з вимогами до збиральних робіт.

Шкідливі виробничі чинники й ергономіка. Тривала робота супроводжується дією шуму й вібрації, запиленості повітря, несприятливого мікроклімату в кабіні та зорового й нервово-емоційного навантаження, що спричиняє втому і, як наслідок, підвищує ймовірність помилкових дій. Зниженню впливу цих чинників сприяють герметизована кабіна з фільтровентиляційною установкою, справне ущільнення, відрегульоване сидіння з амортизацією, а також дотримання режимів праці й відпочинку з регламентованими перервами. За потреби оператор застосовує засоби індивідуального захисту органів слуху й дихання. Робота в стані втоми, хвороби чи алкогольного або наркотичного сп'яніння не допускається.

Організаційні заходи. Більшість аварій має організаційне коріння, тому до роботи на агрегаті допускають лише осіб, які пройшли навчання, інструктажі з охорони праці, медичний огляд і мають відповідне посвідчення. Перед виходом у поле проводять щозмінний контроль технічного стану, перевіряючи гальма, рульове керування, освітлення, цілісність огорожень і відсутність витоків. Маршрути руху, місця розвантаження, заправлення та відпочинку визначають заздалегідь. За груповій роботі кількох агрегатів дотримуються безпечних інтервалів між машинами й узгоджують дії сигналами. Дотримання наведеного комплексу технічних і організаційних заходів дозволяє звести залишковий ризик травмування й аварій до прийняттого рівня й забезпечити безпечну експлуатацію кукурудзозбирального агрегату протягом усього періоду збиральних робіт.

ВИСНОВКИ

У ході виконання проєкту розроблено операційну технологію збирання кукурудзи на зерно, яка охоплює весь комплекс питань – від обґрунтування способу й організації виконання збиральної операції до конструктивного вдосконалення робочого органу приставки та забезпечення безпечних умов праці механізатора.

У технологічній частині роботи проведено всебічний аналіз сучасних технологій збирання кукурудзи на зерно, виявлено їхні переваги й недоліки та обґрунтовано доцільність застосування обраної схеми збирання. Виконано тягово-енергетичні та експлуатаційні розрахунки збирального агрегату у складі зернозбирального комбайна КЗС-9-1 «Славутич» з качанозбиральною приставкою КМС-6, визначено раціональний склад агрегату, режими його роботи й основні показники використання. На підставі одержаних результатів складено операційно-технологічну карту збиральної операції, яка регламентує підготовку поля й агрегату, спосіб і організацію руху, режими роботи та контроль якості виконання робіт і слугує практичним керівництвом для раціональної організації збирання.

В інженерному розділі виконано розрахунки та обґрунтовано параметри контурних (живильних) ланцюгів приставки КМС-6, що забезпечують надійне підведення й протягування стебел. Ключовим результатом проєкту стало вдосконалення механізму протягувальних вальців: запропонована конструкція поєднує дві технологічні функції – протягування стебел і одночасне їх подрібнення безпосередньо в зоні зрізу, завдяки чому з конструкції приставки вилучено окремі дискові подрібнювальні апарати базового виконання. Таке рішення спрощує будову приставки, зменшує її металомісткість і кількість приводних вузлів, підвищує надійність захоплення стебел і рівномірність подрібнення листостеблової маси, а також знижує енерговитрати й експлуатаційні втрати. Робочі креслення оригінального вузла «Валець» та розроблених до нього деталей наведено у графічній частині роботи.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		48

У розділі «Охорона праці» проаналізовано небезпечні та шкідливі виробничі чинники, що супроводжують роботу зі збиральним агрегатом, і розроблено комплекс технічних та організаційних заходів щодо запобігання їх впливу на організм персоналу. Запропоновані заходи охоплюють безпеку обслуговування обертових і протягувальних робочих органів, безпеку руху й маневрування агрегату, пожежну безпеку та зниження дії шкідливих чинників, що в сукупності забезпечує безпечні умови праці механізатора протягом усього періоду збиральних робіт.

Таким чином, розроблена операційна технологія та запропоноване вдосконалення приставки КМС-6 у сукупності підвищують ефективність і якість збирання кукурудзи на зерно, спрощують конструкцію збирального агрегату й забезпечують безпечні умови його експлуатації, що підтверджує практичну цінність виконаного проєкту та можливість упровадження його результатів у виробництво.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		49

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні рекомендації до оформлення кваліфікаційної роботи здобувачів першого (бакалаврського) освітнього рівня за освітньо-професійною програмою 208 «Агроінженерія» / Укл.: Д.І. Петренко, С.М. Лещенко, В.М. Сало, О.М. Васильковський, О.В. Бевз, С.О. Магопєць. – Кропивницький : ЦНТУ, 2022. – 99 с.
2. <https://www.eridon.ua/tehnologiya-viroschuvannya-kukurudzi>
3. <https://superagronom.com/articles/367-viroschuvannya-kukurudzi-povna-tehnologiya>
4. <https://uapg.ua/blog/suchasna-tehnologiya-viroshhuvannya-kukurudzi-na-zerno/>
5. <https://mais-seeds.com/technologiia-vyroshchuvannia/?v=5269f4d75f5b>
6. <https://agrompk.com.ua/product/414232-gatka-dlya-uborki.html>
7. http://www.agrotechnika-ukr.com.ua/infotorg.php?categoria=%CC%E0%F8%E8%ED%E8_%E4%EB%FF_%E7%E1%E8%F0_%E7%E5%F0%ED_%EA%F3%EB%FC%F2&grupa=%C7%E5%F0%ED%EE%E7%E1%E8%F0%E0%EB%FC%ED%B3%20%EA%EE%EC%E1%E0%E9%ED%E8&pidgrupa=%C7%E5%F0%ED%EE%E7%E1%E8%F0%E0%EB%FC%ED%B3%20%EA%EE%EC%E1%E0%E9%ED%E8%20%EA%EB%E0%F1%E8%F7%ED%EE%BF%20%F1%F5%E5%EC%E8&marka=%CA%CE%CC%C1%C0%C9%CD%20%C7%C5%D0%CD%CE%C7%C1%C8%D0%C0%CB%DC%CD%C8%C9%20%D1%C0%CC%CE%D5%B2%C4%CD%C8%C9&model=%CA%C7%D1-9-%B2%20%AB%D1%EB%E0%E2%F3%F2%E8%F7%BB&second=true
8. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсів "Технологія механізованих робіт в рослинництві" та "Машиновикористання в рослинництві" для студентів спеціальностей 208 "Агроінженерія" та 133 "Галузеве машинобудування" / Укладачі: В. М. Сало, С. М. Лещенко, Д. І. Петренко, О. М. Васильковський, П. Г. Лузан. Кропивницький : ЦНТУ, 2018. 170 с.
9. Будак М.А. Підвищення ефективності роботи кукурудзозбирального агрегату [Електронний ресурс] / М.А. Будак, О.М. Васильковський // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Досягнення та перспективи

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

галузі виробництва, переробки і зберігання сільськогосподарської продукції», Кіровоград: КНТУ, 2018. С. 41-42. http://www.kntu.kr.ua/doc/perspekt_18.pdf

10. Дерев'янюк Р., Попова С., Васильковський О. Удосконалення качаноочисного пристрою кукурудзозбирального комбайну. Матеріали II Міжнародної студентської інтернет-конференції «Техніка і технології у аграрному виробництві» (24 вересня 2020 р., м. Кропивницький). 2020. С. 22-24.

11. Згуровський В., Мороз С., Васильковський О. Підвищення ефективності роботи кукурудзозбирального комбайна. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Досягнення та перспективи галузі виробництва, переробки і зберігання сільськогосподарської продукції». – Кропивницький: ЦНТУ, 2022. С. 69-72.

12. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Проектування машин для збирання технічних культур» для студентів спеціальності 8.090215 – «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва» / Укл. О.М.Васильковський, М.І.Васильковський, В.В.Амосов, С.М.Мороз. – Кіровоград: КНТУ, 2005, 85 с.

13. Моклюк Д., Васильковський О. Дослідження качановідривного апарату кукурудзозбиральної приставки. Матеріали VI міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції «Інновації: теорія і практика». Кропивницький: АПН, 2025. С. 20-23. URL: <https://apn.biz.ua/edition>

14. Омельченко О.О., Васильковський О.М. До обґрунтування довжини протягувальних вальців кукурудзозбиральних машин. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Досягнення та перспективи галузі виробництва, переробки і зберігання сільськогосподарської продукції». – Кропивницький: ЦНТУ. 2025. С. 15-17. URL: <https://kntu.kr.ua/file/content/19401/zbirnyk-tez.pdf#page=15>

15. Сабіров С.В., Васильковський О.М., Катеринич С.Є. До обґрунтування довжини протягувальних вальців кукурудзозбиральних машин. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Досягнення та перспективи галузі виробництва, переробки і зберігання сільськогосподарської продукції». –

<https://kntu.kr.ua/file/content/19401/zbirnyk-tez.pdf#page=13>

16. Савченко І., Васильковський О. Удосконалення різального апарату кукурудзозбиральної приставки. Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Досягнення та перспективи галузі виробництва, переробки і зберігання сільськогосподарської продукції». – Кропивницький: ЦНТУ, 2023. С. 59-61. URL: <http://www.kntu.kr.ua/doc/science/zahody/vikl/2023/2-tez.pdf>

17. Сичов О. Удосконалення різального апарата приставки кукурудзозбиральної КМД-6 / О. Сичов, О. Васильковський // Збірник тез доповідей всеукраїнської студентської науково-практичної конференції «Досягнення та перспективи галузі сільськогосподарського виробництва». Кіровоград: КНТУ, - 2014. С. 47-48

18. 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.

19. Скалевий В.В. Удосконалення різального апарата кукурудзозбирального комбайна [Електронний ресурс] / В.В. Скалевий, В.Ю. Антоновський, О.М. Васильковський // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Досягнення та перспективи галузі виробництва, переробки і зберігання сільськогосподарської продукції», Кіровоград: КНТУ, 2019. С. 28-30. Режим доступу: http://www.kntu.kr.ua/doc/perspekt_19.pdf

20. 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», Кіровоград: КНТУ, 2019. С. 32-33. Режим доступу: http://www.kntu.kr.ua/doc/perspekt_19.pdf

21. 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-., Борщів. аграр. коледж. Кам'янець-Поділ.: Сисин О.В.: Абетка, 2011.
22. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини / Д.Г. Войтюк, Г.Р. Гаврилюк. - К.: Каравела, 2004. - 552 с.
23. 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.
24. Проектування технологічних процесів у рослинництві : навчальний посібник / С. М. Бондар, І. І. Мельник, В. Д. Гречкосій ; за ред. І. І. Мельника. Ніжин : АСПЕКТ Поліграф, 2005. 192 с.
25. 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.
26. Охорона праці при вирощуванні сільськогосподарських культур : навчальний посібник / М.М. Сакун, В.Ф. Нагорнюк; Одеський державний аграрний університет. Одеса : «Видавництво», 2009. 184 с.

ДОДАТКИ

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		