

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 жатки
кукурудзозбиральної приставки»

Виконав здобувач вищої освіти __IV__ курсу,
групи AI-22з-1

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності Н7 «Агроінженерія»

_____Гордінець Олег Васильович

« ____ » _____ 2026 р.

Керівник проекту

проф, канд.техн.наук

_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2026 р.

Рецензент _____

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет: ЦЗДО

Кафедра: Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти: Бакалавр

Галузь знань: Н - Сільське, лісове, рибне господарство та ветеринарна медицина

Освітньо-професійна програма: Агроінженерія

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2026 року

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

Гордінець Олег Васильович

1. Тема роботи: Механізація вирощування кукурудзи з удосконаленням жатки 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: удосконалити технологію вирощування кукурудзи на зерно, розробити операційно-технологічну карту на збиральну операцію, модернізувати жатну частину кукурудзозбиральної приставки

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

«16» березня 2026 р.

Підпис керівника _____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

Завдання прийнято до виконання

«16» березня 2026 р.

Підпис здобувача _____ Олег ГОРДІНЕЦЬ

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
				Документація загальна		
A4				Пояснювальна записка	1	
A1			ДП 00.001 ТЧ	Операційно-технологічна карта	1	
				збирання кукурудзи		
A1			ДП 00.001 С2	Функціональна схема приставки	1	
A1			ДП 00.010 СБ	Валець протягувальний	1	
A3			ДП 00.020.401	Корпус	1	
A3			ДП 00.020.402	Ребро	1	
A3			ДП 00.020.603	Вісь	1	
A3			ДП 00.020.604	Втулка	1	

ЗМІСТ

1. Вступ	6
2. Аналіз технології вирощування кукурудзи	8
3. Операційна технологія збирання	15
4. Інженерна частина	27
5. Охорона праці	38
6. Висновок	40
Список використаної літератури	41
Додатки	45

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

1. ВСТУП

Вирощування кукурудзи є одним із ключових моментів агропромислового комплексу України, що визначає продовольчу та економічну безпеку держави. Традиційно площі під цією культурою в країні становлять близько 4 млн га. Завдяки високій культурі землеробства, середня врожайність у 2023 році сягнула 68,7 ц/га, що дозволило отримати валовий збір понад 25 млн тонн. За умови стабільного функціонування морських експортних шляхів («Зернового коридору»), вирощування кукурудзи виступає потужним джерелом валютних надходжень як для приватних агровиробників, так і для державного бюджету в цілому.

Господарське значення кукурудзи базується на її універсальності. Вона є незамінною сировиною для харчової промисловості та у більшості випадків – основою кормової бази у тваринництві (птахівництво, свинарство, скотарство). Крім того, вегетативна маса рослин є цінним ресурсом для заготівлі високоякісного силосу.

Ефективність вирощування зернової кукурудзи критично залежить від технології збирання та надійності технічних засобів. Сучасна збиральна техніка повинна забезпечувати високу продуктивність, безперебійність роботи, економічність та якість очищення качанів. Це диктує конструкторам та інженерам необхідність безперервної модернізації існуючих машин і приставок.

Мета та завдання проєкту. У даному дипломному проєкті розроблено удосконалену операційну технологію збирання кукурудзи на зерно, а також обґрунтовано й реалізовано заходи щодо конструктивного

					ДП 00. 000 ПЗ			
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб	Босий				Пояснювальна записка		Літ.	Аркуш
Перевір.	Васильковський							
Н.контр.	Мачок						6	45
Затв.	Лещенко						ЦНТУ, гр. АІ-21-3ск	

удосконалення кукурудзозбиральної приставки ППК-4. Запропоновані рішення спрямовані на підвищення техніко-економічних показників збирання в умовах конкретного господарства.

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

2. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ

2.1. Особливості вирощування кукурудзи на насіння

Вологість та прийнятна температура – найважливіші моменти, які мають вплив на ріст й розвиток кукурудзи, що досить часто стають обмежувальними елементами в її пророщуванні. [1]

Сприятлива денна температура для вегетації кукурудзи - 24-30°C. Нічні мають бути близько вдвічі меншими, через спекотні ночі кукурудза досить сильно підвищує випаровування, тим самим поступово зменшується суха маса. Ефективне вирощування кукурудзи критично залежить від дотримання гідротермічного та едафічного режимів. Біологічний мінімум температури для вегетації культури становить 10°C; перетин цієї межі у бік зниження призводить до практично повної зупинки ростових процесів. Водночас культура демонструє високу потребу у вологозабезпеченні – від 450 до 600 мм за сезон, із піком споживання у липні-серпні. Враховуючи тенденцію до затяжних літніх посух, стратегічного значення набуває технологія вологозбереження. Це досягається шляхом оптимізації систем обробітку ґрунту та живлення, регулювання густоти посівів, а також мінімізації міжвидової конкуренції через ефективний захист рослин, що в комплексі забезпечує кращий доступ кореневої системи до ґрунтових резервів вологи.

Окрім кліматичних чинників, продуктивність кукурудзи лімітується станом ґрунтового покриву. Попри адаптивність до різних типів земель, культура потребує родючих, добре структурованих субстратів; фахівці застерігають від посівів на піщаних ґрунтах або ділянках із високим заляганням підземних вод. Особливу роль відіграє кислотність середовища: оптимальний діапазон рН становить 5,6–7,5. Підкислення ґрунту (рН < 5,6) провокує стрімке падіння врожайності, а за показника 4,0 спостерігається загибель посівів через деградацію кореневої системи, що супроводжується її знебарвленням та розвитком гнильних процесів у нижній частині рослини.

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

Важливим є те, що через ущільнені ґрунти з низькою водопроникністю або з твердою сланцевою основою формуються пласкі кореневі системи кукурудзи, які розташовані у верхньому ґрунтовому шарі. Дані рослини не зможуть протистояти посухам та легко вилягають під час сильних вітрів.

2.2. Технологія вирощування кукурудзи на зерно [2-5]

У сучасних системах землеробства кукурудзу традиційно розміщують після озимих і ярих колосових, зернобобових або просапних культур: картоплі та баштанних, а за умов достатнього зволоження ефективним попередником виступає також цукровий буряк. Унікальною особливістю цієї культури є її здатність витримувати повторні посіви на одному місці протягом кількох років, проте успіх такої монокультури цілком залежить від інтенсифікації системи живлення та ретельного обробітку ґрунту. Сама ж кукурудза слугує відмінною базою для наступних ярих зернових, а при вчасному збиранні – і для озимини, хоча її вкрай не рекомендується сіяти після проса через ризик поширення спільних шкідників. Технологічний цикл підготовки ґрунту розпочинається з лушення стерні одразу після жнив, після чого стратегія обробітку коригується відповідно до видового складу бур'янів: від поверхневого винищення однорічників до глибокої напіввирівнювальної оранки при засиллі багаторічних коренепаросткових видів.

Лушення стерні. Поверхневий обробіток ґрунту відразу після збирання попередника (озима пшениця, ріпак, соя). Мета – подрібнити рослинні рештки, спровокувати проростання насіння бур'янів і падалиці, зберегти ґрунтову вологу, створити мульчуючий шар.

Використовують машини: дискові луцильники ЛДГ-10, ЛДГ-15; дискові борони БДВП-6,3, БДТ-7, Disc-O-Mulch (Agrisem); важкі дискові агрегати Catros (Amazon), Rubin (Lemken), Joker (Horsch); комбіновані культиватори-плоскорізи КПЕ-3,8А.

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

Основні вимоги. Глибина обробітку – 6–10 см на легких ґрунтах, 10–14 см на важких суглинках. Подрібнення рослинних решток – на фрагменти не довші 10–15 см. Гребенистість поверхні – не більше 4 см. Перекриття суміжних проходів – 15–20 см, огріхи не допускаються. Операцію виконують не пізніше 1–3 діб після збирання попередника, поки ґрунт зберігає вологу.

Основний обробіток ґрунту. Глибокий обробі застосовують для розпушування орного шару, заробки рослинних решток і добрив, знищення багаторічних бур'янів, накопичення вологи в осінньо-зимовий період. Виконується через 2–3 тижні після луцення.

Використовують машини: класична оранка – плуги ПЛН-5-35, ПЛН-8-40, оборотні плуги Euro-Diamant (Lemken), Juwel (Lemken), VariOpal (Lemken), Servo (Pöttinger). Безполицевий обробіток – глибокорозпушувачі Terraland (Bednar), Karat (Lemken), Tiger (Horsch); чизельні плуги ПЧ-2,5, ПЧ-4,5. У системі no-till операція відсутня.

Глибина оранки під кукурудзу – 25–30 см, а на чорноземах із глибоким гумусовим горизонтом – до 30–32 см. Відхилення від заданої глибини – не більше ± 2 см. Огріхи й незаорані смуги не допускаються. Гребенисто-западинна поверхня нівелюється до висоти гребенів не більше 5 см. Рослинні рештки мають бути заорані щонайменше на 95 %. Оранку завершують за 3–4 тижні до настання стійких морозів.

Закриття вологи (ранньовесняне боронування). Перший весняний агроприйм, спрямований на руйнування ґрунтової кірки й капілярів, що випаровують вологу. Виконують за умови «фізичної стиглості» ґрунту – коли він кришиться, а не мажеться.

Використовують машини: зубові борони БЗТС-1,0, БЗСС-1,0 у зчіпках С-11У, СГ-21; голчасті ротаційні борони БІГ-3, БМШ-15; сітчасті борони БСО-4А. Сучасні агрегати – пружинні борони Hatzenbichler, Treffler, штригельні борони APV.

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

Основні вимоги. Глибина обробітку – 3–5 см. Швидкість руху агрегату – 6–8 км/год. Поверхня після проходу має бути вирівняною, дрібногрудкуватою. Операцію проводять упродовж 1–2 діб, діагональним або діагонально-перехресним способом.

Передпосівна культивуація. Безпосередня підготовка посівного ложа: формування пухкого верхнього шару заданої глибини з вирівняною поверхнею, знищення проростків бур'янів, рівномірний розподіл рослинних решток. Виконується безпосередньо перед сівбою.

Використовують машини: культиватори КПС-4, КПСП-4, КПЗ-9,7; комбіновані передпосівні агрегати АКШ-7,2, «Європак», Compactor (Lemken), System-Kompaktor (Lemken), Terradisc + Lion (Pöttinger).

Основні вимоги. Глибина обробітку – рівна глибині загортання насіння (5–7 см) із відхиленням не більше ± 1 см. Поверхня поля – вирівняна, без гребенів вище 2 см. Грудки розміром понад 5 см не повинні становити більше 10 % від обробленого шару. Розрив у часі між культивуацією й сівбою – мінімальний, оптимально в межах одного робочого дня.

Сівба каліброваного насіння кукурудзи здійснюється пунктирним способом із одночасним внесенням стартової дози мінеральних добрив. Ключова операція технології, що визначає густоту стояння рослин – головний чинник майбутньої врожайності.

Використовують машини: пневматичні просапні сівалки УПС-8, УПС-12, «Веста-8 Профі»; точні сівалки Optima (Kverneland), Maestro (Horsch), MaxEmerge 5e (John Deere), Vega (Monosem), Tempo (Väderstad); сівалки для no-till – Great Plains, Sunflower.

Основні вимоги. Глибина загортання насіння – 5–6 см на важких ґрунтах, 6–8 см на легких. Норма висіву – 65–90 тис. насінин/га залежно від гібрида (ФАО 180–400) і зони (Полісся – 80–90 тис., Лісостеп – 75–85 тис., Степ – 55–70 тис.). Відхилення фактичної норми від заданої – не більше ± 3 %. Ширина міжрядь – 70 см (класична), або 45–50 см для ультрананіх

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

гібридів. Рівномірність розміщення насіння у рядку – коефіцієнт варіації не більше 20 %. Температура ґрунту на глибині загортання – не нижче +10...+12 °С. Стартова доза добрив – $N_{10}P_{20}K_{20}$, розміщується на 4–5 см глибше й на 4–5 см збоку від насінини.

Досходове й післясходове боронування. Механічне знищення проростків бур'янів у фазі «білої ниточки» та руйнування ґрунтової кірки. Досходове – за 4–5 днів до появи сходів кукурудзи; післясходове – у фазі 3–5 листків.

Використовують машини: легкі й середні зубові борони БЗСС-1,0, ЗОР-0,7; пружинні борони APV, Treffler, Hatzenbichler; ротаційні мотики MBH-2,8, Yetter, Einböck.

Основні вимоги. Глибина боронування – на 1,5–2 см менша від глибини залягання насіння. Швидкість – 4–5 км/год при післясходовому проході, інакше зростає травмованість сходів. Час проведення післясходового боронування – у другій половині дня, коли рослини втрачають тургор і менш ламкі. Загибель сходів кукурудзи не повинна перевищувати 5 %, знищення бур'янів – не менше 70–80 %.

Міжрядний обробіток. Розпушення міжрядь у системі класичної технології для знищення бур'янів, поліпшення повітряного режиму ґрунту й одночасного підживлення посівів. Зазвичай проводять 1–2 культивації за сезон.

Використовують машини: просапні культиватори КРН-5,6, КРН-4,2, УСМК-5,4; сучасні моделі – Schmotzer, Einböck Chopstar, Steketee EC-Weeder (з оптичним наведенням і функцією прополювання у рядку); комбіновані культиватори з підживлювальними секціями для КАС.

Основні вимоги. Глибина обробітку – 6–8 см при першій культивації, 5–6 см при наступних. Захисна зона біля рядка – 10–15 см. Підрізання бур'янів – не менше 98 %. Пошкодження культурних рослин – не більше 2 %. Швидкість агрегата – 6–8 км/год. Перша культивація проводиться у фазі 3–4 листки кукурудзи, друга – у фазі 7–8 листків, до змикання рядків.

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

Внесення добрив. Забезпечення рослин макро- і мікроелементами впродовж вегетації. Включає основне внесення (під оранку), припосівне (стартова доза) і підживлення (вкорінене, листкове).

Використовують машини: розкидачі мінеральних добрив MBY-5, MBY-8, Amazone ZA-M, ZA-TS, Kuhn Axis, Bogballe, Sulky; обприскувачі для рідких добрив і КАС – ОПШ-15, ОП-2000, John Deere R4040i, Hardi Commander, Berthoud Raptor; внесення безводного аміаку – аплікатори Yetter, Blu-Jet.

Основні вимоги. Розрахункові дози під заплановану врожайність 80–100 ц/га: N_{120–180}, P_{60–90}, K_{60–120} кг д.р./га. Рівномірність розподілу твердих добрив за шириною захвату – коефіцієнт варіації не більше 15 %. Відхилення фактичної дози від заданої – не більше ± 10 %. Робоча швидкість обприскувачів – 8–12 км/год; зниження польотів краплин (норма витрати робочого розчину 150–250 л/га). Внесення безводного аміаку – на глибину 15–18 см при вологому ґрунті.

Хімічний захист рослин. Контроль бур'янів, шкідників і хвороб шляхом обприскування пестицидами. Включає допосівне внесення ґрунтових гербіцидів, післясходові обробки страховими гербіцидами, інсектицидні й фунгіцидні обприскування за фітосанітарною ситуацією.

Використовують машини: причіпні й самохідні обприскувачі ОПШ-15, ОП-2000-2-01; сучасні – John Deere R4030/R4040i, Case IH Patriot, Amazone Pantera, Berthoud Raptor, Hardi Alpha; авіаційне внесення дельтапланами й безпілотниками (DJI Agras T40, XAG P100).

Основні вимоги. Норма витрати робочого розчину для наземного обприскування – 150–300 л/га, для авіаційного – 30–50 л/га, для дронного – 10–20 л/га. Швидкість вітру при обробці – не вище 4 м/с (для боротьби зі знесенням). Температура повітря – +12...+22 °С (оптимум). Перекриття суміжних проходів – не більше 5 %, пропуски не допускаються. Відхилення концентрації робочого розчину – не більше ± 5 %. Кратність промивання баку при зміні препарату – не менше 3.

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

Збирання врожаю. Збирання кукурудзи в зерні або в качанах при досягненні вологості зерна 18–28 %. Виконується прямим комбайнуванням із подрібненням стебел і залишенням мульчі на полі або з обмолотом качанів у спеціалізованих качановозбиральних комбайнах.

Використовують машини: зернозбиральні комбайни з кукурудзяними жниварками: «Нива» СК-5 з ППК-4, «Дон-1500Б» з КМД-6, John Deere W540/T670/S780 із Corn Header (8/12/16-рядні), Claas Lexion 7700/8700 з Conspeed, New Holland CR9.90 з Geringhoff Horizon Star, CNH Case IH Axial-Flow 9250. Подрібнювачі рослинних решток – мульчери, дискові борони для негайної заробки стебел.

Основні вимоги. Висота зрізу – 15–20 см. Втрати зерна за жниваркою – не більше 1,5 %, за молотаркою – не більше 1,0 %. Дроблення зерна – не більше 1,5–2 %. Чистота зерна в бункері – не менше 96 %. Виліт зерна разом із подрібненим стеблом не допускається. Швидкість роботи комбайна – 5–7 км/год при врожайності 80–100 ц/га. Подрібнення стебел – на фрагменти не довші 10 см для рівномірного розподілу по полю.

Післязбиральна обробка зерна. Очищення, сушіння й зберігання зерна. Свіжозібране зерно кукурудзи з вологістю понад 15 % швидко самозігрівається й уражається пліснявою, тому потребує обробки.

Використовують машини: зерноочисні – ОВС-25, БЦС-25, БЦС-50, БСХ-100; сушарки шахтні СЗШ-16, СЗШ-25, ДСП-50; сучасні модульні сушарки – Strahl, Riela, Mecmar, Brock, Cimbria; норії й транспортери; силоси для зберігання Bin Stogt, GSI, BinMaster.

Основні вимоги. Вологість зерна після сушіння – 14 % (для тривалого зберігання – 13 %). Температура нагріву зерна під час сушіння – не вище +50 °С для насіннєвого матеріалу, +60 °С – для продовольчого зерна. Температура агента сушіння – +90...+120 °С. Тривалість сушіння – за один прохід не більше 4–5 % зниження вологості, інакше зростає тріщинуватість зерна. Засміченість після очищення – не більше 1 %, биті зерна – не більше 2 %.

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

3. ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗБИРАННЯ КУКУРУДЗИ

3.1. Розрахунок агрегату.

Робочу швидкість визначають по формулі

$$V_p = \frac{N_d}{K_d \cdot R_{пр} + K_d \cdot R_p}, \quad (3.1)$$

де $N_d = 112$ кВт – потужність двигуна базового комбайна; $K_d = 0,8-0,85$ – коефіцієнт завантаження двигуна; $R_{пр}$ – потужність на перекочування по полю кВт; R_p – потужність на холостий хід агрегата.

Потужність на перекочування агрегату визначається за формулою

$$R_{пр} = \frac{f_m \cdot G_m}{270 \cdot \eta_t}, \quad (3.2)$$

де $f_m = 0,1$ – коефіцієнт перекочування; $G_m = 9000$ кг – маса агрегата; $\eta_t = 0,76$ – к.к.д трансмісії комбайна.

Тобто, потужність на перекочування буде

$$R_{пр} = \frac{0,1 \cdot 9000 + 0,1 \cdot 0}{270 \cdot 0,76} = 4,39 \text{ кВт}$$

Потужність процесу збору розраховують по такій формулі:

$$R_p = \frac{\kappa \cdot B \cdot U}{360}, \quad (3.3)$$

де $\kappa = 7...9$ кВт·с/кг – питома енергоємність процесу; $B = 2,8$ м – ширина захвату агрегата; $U = 180$ ц/га – врожайність кукурудзи (сумарна).

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

При цьому, технологічна потужність збирального агрегату буде становити

$$R_p = \frac{9 \cdot 2.8 \cdot 180}{360} = 12,6 \text{ кВт} \quad (3.4)$$

Тому, максимальна швидкість агрегата:

$$V_p = \frac{112}{0,85 \cdot (4.39 + 12.6)} = 7,01 \text{ км/год.}$$

Технологічна продуктивність комбайну:

$$Q_r = 0,1 \cdot B \cdot V_p = 0,1 \cdot 2.8 \cdot 7,01 = 1.96 \text{ га/год} \quad (3.5)$$

Оперативна продуктивність:

$$Q_{оп} = Q_r \cdot \tau, \quad (3.6)$$

де τ - коефіцієнт оперативної продуктивності.

Коефіцієнт оперативної продуктивності:

$$\tau = \frac{1}{1 + 0,1 \cdot t_{доп} \cdot V_p \cdot B} \quad (3.7)$$

де $t_{доп}$ - час виконання допоміжних операцій.

Час виконання допоміжних операцій

$$t_{доп} = \frac{100 \cdot t_{пов}}{B \cdot L \cdot Y_k} \quad (3.8)$$

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

де $t_{пов} = 0,03$ год. – час повороту; $L = 1$ км – довжина гонів; $V_k = 70$ ц/га – урожайність качанів (середня); $\rho = 70-80\%$ – орієнтовний вимолот зерна з качанів.

Час виконання допоміжних операцій

$$t_{доп} = \frac{100 \cdot 0,03}{3,2 \cdot 1 \cdot 70} = 0,013 \text{ год.}$$

Визначимо коефіцієнт оперативної продуктивності

$$\tau = \frac{1}{1 + 0,1 \cdot 0,013 \cdot 7 \cdot 2,8} = 0,97.$$

Тепер оперативна продуктивність буде

$$Q_{оп} = 1,96 \cdot 0,97 = 1,9 \text{ га/год.}$$

Граничну кількість русел, які забезпечують коефіцієнт продуктивності $\eta \geq 0,7$ визначають по формулі

$$z_{rp} = \frac{1 - \eta}{3,6 \cdot \eta \cdot q_p \cdot t_{доп}}, \quad (3.9)$$

де q_p - оптимальна розрахункова подача на русло.

Оптимальну розрахункову подачу на русло розрахуємо за формулою

$$q_p = \frac{q_n}{\psi} \quad (3.10)$$

де q_n - 10 кг/с – повна продуктивність агрегата; ψ - коефіцієнт запасу.

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

Коефіцієнт запасу подачі (до ймовірності 0,99) розраховують за формулою:

$$\psi = 1 + 0,0235 \cdot v = 1,705 \quad (3.11)$$

де $v = 15-30\%$ - коефіцієнт варіації урожайності.

Коефіцієнт запасу подачі, з врахуванням коефіцієнту варіації урожайності буде дорівнювати:

$$\psi = 1 + 0,0235 \cdot 25 = 1,59$$

Тому оптимальною розрахунковою подачею на русло буде

$$q_p = \frac{10}{1,59} = 6,3 \text{ кг/с}$$

Тобто граничне число русел комбайна, задля забезпечення коефіцієнта продуктивності $\eta \geq 0,7$ буде

$$z_{rp} = \frac{1 - 0,7}{3,6 \cdot 0,7 \cdot 6,3 \cdot 0,01} = 3,48,$$

що є меншим ніж реальна кількість русел приставки.

3.2. Розрахунок кінематики агрегата

Умовний радіус повороту

$$\rho_y = \rho_{\min} + \frac{K_{\pi}}{\pi \cdot \rho_{\min}}, \quad (3.12)$$

де $\rho_{\min} = 4,7$ м – мінімальний радіус повороту комбайна; κ_{π} - коефіцієнт поворотливості.

Коефіцієнт поворотливості:

$$\kappa_{\pi} = \frac{LV_{\pi}}{\omega}, \quad (3.13)$$

де $L=3,4$ м – база збирального агрегату; $V_{\pi}=1$ м/с – безпечна швидкість агрегату в момент повороту; ω - кутова швидкість коліс.

Максимальна кутова швидкість коліс в момент повороту:

$$\omega_{\max} = \frac{\pi \cdot n}{30} \quad (3.14)$$

де n - частота обертання навколо умовної осі повороту, об/хв.

$$n = \frac{30 \cdot V}{\pi \cdot \rho_{\min}} = \frac{30 \cdot 1}{3,14 \cdot 4,7} = 2,1 \text{ об/хв.} \quad (3.15)$$

Тобто максимальна кутова швидкість:

$$\omega_{\max} = \frac{3,14 \cdot 2,1}{30} = 0,22 \text{ рад/с.}$$

Мінімальна кутова швидкість напрямних коліс:

$$\omega_{\min} = \frac{V_{\pi}}{\rho_{\max}} \quad (3.16)$$

де $\rho_{\max}$ – максимальний радіус повороту.

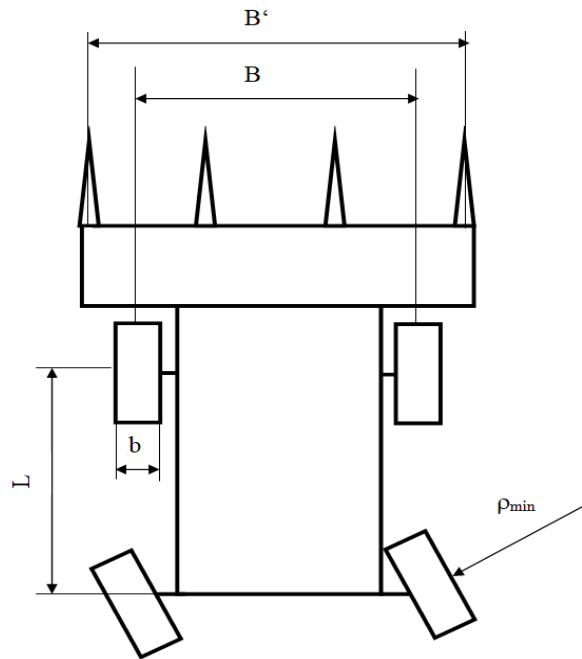


Рис.3.1. Схема повороту комбайна з приставкою ППК-4.

Максимальний радіус повороту

$$\rho_{\max} = \rho_{\min} + B = 4,7 + 2,5 = 7,2 \text{ м}, \quad (3.17)$$

де $B=2,4$ м – колія комбайну.

Тобто мінімальна кутова швидкість коліс:

$$\omega_{\min} = \frac{1}{7,2} = 0,138 \text{ рад/с.}$$

Середня кутова швидкість коліс:

$$\omega = \frac{\omega_{\max} + \omega_{\min}}{2} = \frac{0,23 + 0,138}{2} = 0,184 \text{ рад/с.}$$

Коефіцієнт повороту:

$$K_{\pi} = 3,4 \cdot \frac{1}{0,184} = 18,5$$

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

Умовний радіус повороту:

$$\rho_y = 4,5 + \frac{18,5}{3,14 \cdot 4,5} = 5,77 \text{ м.}$$

3.3. Розрахунок поворотних смуг

Очікувану величину поворотних смуг в момент поворотів без виникнення петель визначають за формулою

$$E = 1,5R_{\min} + L_a \quad (3.18)$$

де $R_{\min}$ – мінімальний радіус повороту, м;

L_a – кінематична довжина агрегату, м.

Найменший радіус повороту вираховують за формулою

$$R_{\min} = 1,7 \cdot B \quad (3.19)$$

де $B = 2,8$ м – робоча ширина агрегату, м.

$$R_{\min} = 1,7 \cdot 2,8 = 4,76 \text{ м}$$

Кінематичну довжину вираховують за формулою

$$L_a = L_k + L_n \quad (3.20)$$

де $L_k = 2,6$ м – кінематична довжина комбайна; $L_n = 0$ м – кінематична довжина причепа.

Кінематична довжина агрегата:

$$L_a = 2,6 + 0 = 2,6 \text{ м,}$$

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

Ширина поворотної смуги:

$$E = 1,5 \cdot 4,76 + 2,6 = 9,74 \text{ м.}$$

Кінцеву ширину поворотної смуги візьмемо кратною робочій ширині захвату агрегату.

Кратність проходів агрегату становитиме:

$$\kappa = \frac{E}{B} = \frac{9,54}{2,8} = 3,4$$

Візьмемо $\kappa=4$.

Точна ширина поворотної смуги:

$$E' = \kappa \cdot B = 4 \cdot 2,8 = 11,2 \text{ м.}$$

3.4. Розбивання поля на заїмки

Для неоднакових агрегатів, ділянки ділять на заїмки. Це зменшує довжину шляху холостого руху та зменшує витрати палива.

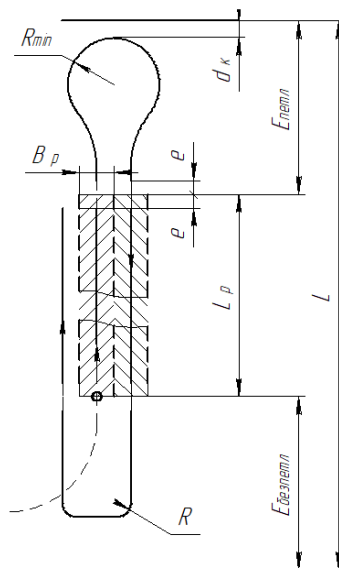


Рис. 3.2. Схема руху збирального агрегата

Очікувану оптимальну ширину загінки визначають за формулою

$$C_{\text{опт}} = \sqrt{2(LB + 8R_{\text{min}}^2)} \quad (3.21)$$

де $L = 1000$ м – загальна довжина загінки, м.

Тобто

$$C_{\text{опт}} = \sqrt{2(1000 \cdot 2,8 + 8 \cdot 4,76^2)} = 77,2 \text{ м}$$

Кратність проїздів агрегата:

$$\kappa = \frac{C_{\text{опт}}}{B} = \frac{77,2}{2,8} = 27,6$$

Візьмемо: $\kappa = 28$.

Оптимальна ширина загінки:

$$C'_{\text{опт}} = \kappa \cdot B = 28 \cdot 2,8 = 78,4 \text{ м}$$

Кількість загінок вирахуємо за формулою:

$$n_z = \frac{10^4 \cdot F}{L \cdot C'_{\text{опт}}} \quad (3.22)$$

де $F = 63$ га – площа ділянки під кукурудзою.

Тобто, кількість загінок становитиме

$$n_z = \frac{10^4 \cdot F}{L \cdot C'_{\text{опт}}} = \frac{10^4 \cdot 63}{1000 \cdot 78,4} = 8,08$$

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

Через це, на ділянці кукурудзи площею 63 га з довжиною гонів 1000 м будемо мати 8 загінки.

3.5. Розробка операційно-технологічної карти збирання кукурудзи

Тривалість одного циклу визначають за формулою

$$T_{\text{ц}} = \frac{12 \cdot L_p}{10^2 \cdot V} + 2t_n, \quad (3.23)$$

де L_p - робоча довжина гону у загінці, м; $t_n = 0,5$ хв. – час повороту в кінці загінки.

Робочу довжину загінки визначають за формулою

$$L_p = L - 2 \cdot E' = 1000 - 2 \cdot 11,2 = 977,6 \text{ м}, \quad (3.24)$$

де $L = 1 \text{ км} = 1000 \text{ м}$ – повна довжина гону.

Тобто, протяжність одного циклу:

$$T_{\text{ц}} = \frac{12 \cdot 977,6}{100 \cdot 7} + 2 \cdot 0,5 = 17,76 \text{ хв.} = 0,3 \text{ год.}$$

Технічна продуктивність за цикл:

$$W_{\text{ц}} = 0,1 \cdot B \cdot V \cdot T_{\text{ц}} \cdot \tau = 0,1 \cdot 2,8 \cdot 7 \cdot 0,3 \cdot 0,9 = 0,53 \text{ га/цикл}$$

Змінна кількість циклів:

$$n_{\text{ц}} = \frac{W_{\text{зм}}}{W_{\text{ц}}}, \quad (3.25)$$

де $W_{\text{зм}}$ – продуктивність агрегата за зміну.

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

Продуктивність агрегата за зміну

$$W_{зм} = Q_{оп} \cdot T_{зм} = 1,92 \cdot 7,2 = 13,82 \text{ га/зм}, \quad (3.26)$$

де $T_{зм} = 7,2$ год – змінний час.

Кількість циклів за одну зміну:

$$n_{ц} = \frac{13,82}{0,53} = 26,1 \text{ ц./зм.}$$

Приймаємо $n_{ц} = 26$ цикл./зм.

Уточнюємо змінну продуктивність:

$$W_{зм} = n_{ц} \cdot W_{зм} = 26 \cdot 0,53 = 13,78 \text{ га/зм} \quad (3.27)$$

Розрахуємо теоретичні витрати палива

$$Q_{га} = \frac{Q_{зм}}{W_{зм}}, \quad (3.28)$$

де $Q_{зм}$ – змінні витрати палива, кг/зм; $W_{зм}$ – змінна продуктивність, га/зм.

$$Q_{зм} = Q_p \cdot T_p + Q_x \cdot t_x + Q_z \cdot t_z, \quad (3.29)$$

де Q_p , Q_x , Q_z – теоретичні годинні витрати палива під час роботи, холостому русі, на зупинках; $Q_p = 30$ кг/год; $Q_x = 17$ кг/год; $Q_z = 4,5$ кг/год.; T_p , t_x , t_z – теоретичний час робочих та холостих рухів, час зупинок:

$$t_x = t_z = \frac{T_{зм} - T_p}{2} \quad (3.30)$$

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

де T_p - робочий час, год,

Робочий час визначають за формулою

$$T_p = T_{зм} \tau = 7 \cdot 0,9 = 6,3 \text{ год.}$$

Тож

$$t_x = t_z = \frac{7 - 6,3}{2} = 0,35 \text{ год}$$

Тож

$$Q_{зм} = 30 \cdot 6,3 + 17 \cdot 0,35 + 4,5 \cdot 0,35 = 196,5 \text{ кг/зм.}$$

Розроблену операційно-технологічну карту наведено у ілюстративних матеріалах роботи.

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

4. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

4.1. Опис об'єкту вдосконалення

Приставка ППК-4 – це спеціалізований агрегат для зернозбирального комбайна СК-5 «Нива», призначений для збору кукурудзи повної стиглості з урожайністю до 200 ц/га та вологістю зерна до 30%. Універсальність механізму дозволяє не лише збирати продовольчо-фуражне насіння, а й виконувати обкошування ділянок або видалення батьківських форм на гібридних посівах.

Під час роботи пристрій, що приводиться в дію пасовою передачею від вала молотарки та керується гідроциліндрами комбайна, забезпечує повний цикл первинної обробки: він одночасно відокремлює качани від стебел та подрібнює листостеблову масу. Процес збору починається з того, що миси спрямовують бадилля у робочі щілини, де зустрічні вальці протягують стебла крізь відривні пластини. Оскільки діаметр качанів перевищує ширину зазору, вони відриваються від основи та за допомогою ланцюгів із лапками подаються до загального шнека. Далі через похилу камеру та лопаті бітерів урожай потрапляє до молотильного апарату комбайна, де відбувається виділення насіння. Основна частина зерна проходить крізь решітку деки на струшувальну дошку, а залишки вороху остаточно очищуються на соломотрясі, після чого готове насіння накопичується в бункері для подальшого вивантаження у транспорт.

Функціональну схему роботи кукурудзозбирального агрегату у складі приставки ППК-4 і зернозбирального комбайна СК-5 «Нива» наведено на рис. 4.1.

Перед монтажем приставки комбайн ставлять на рівний бетонований майданчик, очищають від рослинних залишків, перевіряють технічний стан ходової частини, гідросистеми, акумуляторних батарей, рівні мастил. Особливу увагу приділяють натягу пасів привода молотарки, стану клавів соломотряса та цілісності деки.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		27

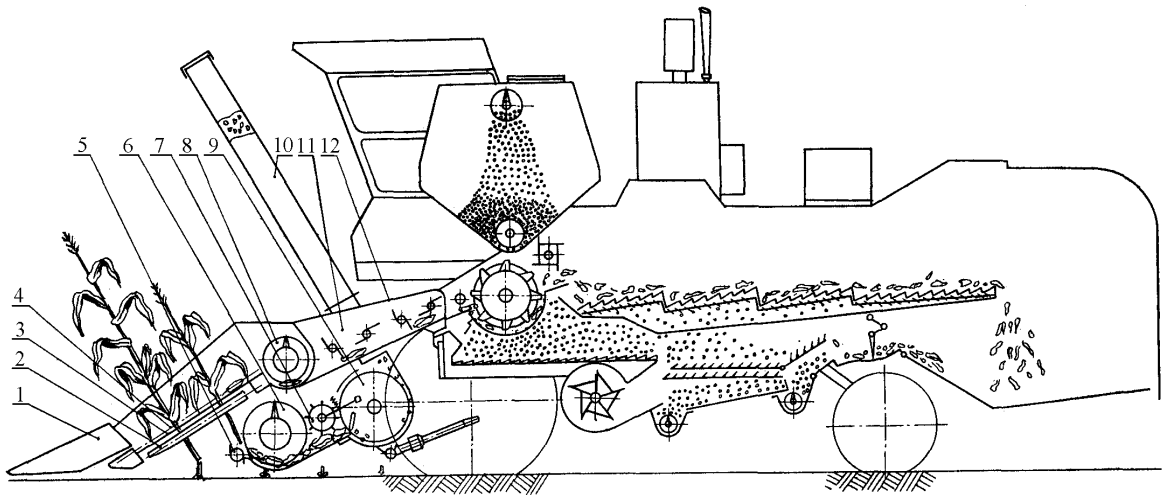


Рис. 4.1. Схема роботи приставки ППК-4 [12]:

1- мис; 2- протягувальні вальці; 3- відривні пластини; 4- подавальний ланцюг;
5- роторний різальний апарат; 6- шнек стебел; 7- приймальний бітер; 8- шнек качанів;
9- подрібнювач; 10- труба січки; 11- нахилена камера; 12- бітер

Демонтаж зернової жниварки та монтаж приставки

Гідроциліндрами підіймають жниварку, фіксують страховими упорами, від'єднують гідрорукави й електропроводку, виймають карданний вал привода мотовила. Розфіксують замки похилої камери, відкочують жниварку назад або відвозять автотранспортом.

До корпусу похилої камери приєднують перехідну рамку ППК-4 (перехідник-адаптер), що компенсує різницю в геометрії стиковки.

Приставку підкочують спереду, заводять цапфи в провувшини рамки й фіксують пальцями із шпінтами.

Підключають гідроциліндри підймання, регулюють довжину штоків так, щоб робочі вальці у транспортному положенні перебували на висоті 70–80 см від землі.

Монтують карданний вал привода ППК-4 від контрприводу комбайна (зазвичай від шківа на лівому борту молотарки), перевіряють співвісність і кут зламу – він не повинен перевищувати 25°.

Натягують ланцюги привода вальців і шнека, перевіряють обертання усіх валів від руки на відсутність заїдань.

Перенастроювання молотильно-сепаруючого пристрою

Це найвідповідальніший етап. Для кукурудзи характерні великі качани з міцним стрижнем і відносно великим зерном, що добре відокремлюється при невисоких обертах барабана. Завищена частота обертання спричиняє подрібнення стрижнів, наявність дрібних часток у бункері та подальші проблеми із сушінням і зберіганням.

Оберти барабана знижують до 450–600 об/хв замість штатних 800–1000 об/хв для колосових. Це досягається перестановкою рухомого диска варіатора в крайнє положення, а за потреби – заміною шківа.

Зазори підбарабання збільшують: на вході – 30–40 мм, на виході – 14–18 мм. Для роботи з кукурудзою рекомендовано встановлювати спеціальне підбарабання з ширшими проміжками між прутками, що зменшує дроблення стрижнів та забивання деки рослинною масою.

Бичі барабана перевіряють на знос і правильність розташування рифів. Для кукурудзи кращі результати дає чергування бичів зворотним боком – це знижує агресивність обмолоту.

Налаштування системи очищення

Кукурудзяне зерно вдвічі–втричі важче за пшеничне, тому очисна система потребує суттєвих змін:

- верхнє решето (жалюзійне) відкривають ширше – отвори 12–14 мм; за потреби замінюють решетом із більшими отворами;
- нижнє решето встановлюють з отворами 7–8 мм або замінюють на решето з круглими отворами діаметром 9 мм;
- подовжувач верхнього решета опускають горизонтально, отвори відкривають на максимум;
- частоту обертання вентилятора збільшують до 700–800 об/хв (за наявності контролю – за тахометром), оскільки слабкіший повітряний потік не зможе винести легку домішку (фрагменти обгорток, частки стрижнів);

– колосовий шнек і відповідний елеватор перевіряють і за необхідності очищають від залишків попередньої культури, що особливо актуально, якщо комбайном перед цим збирали пшеницю.

Привід і запобіжні муфти

Привід ППК-4 захищають фрикційними або кулачковими запобіжними муфтами, відрегульованими на крутний момент відповідно до інструкції (250–350 Н·м для вальцевих апаратів). Слабке затягування призводитиме до постійного пробуксовування, надмірне – до поломки валів і зрізання штифтів. Після перших годин роботи муфти контролюють на нагрів – температура корпусу не повинна перевищувати 60–70 °С.

Контрольний обкат і польові випробування

Перед виїздом у поле проводять обкат на холостому ходу впродовж 15–20 хвилин: спершу на низьких обертах двигуна, потім на номінальних. Прослуховують роботу всіх вузлів, перевіряють відсутність вібрацій, перегріву підшипників, підтікань мастила і гідравлічної рідини.

У полі рух починають із пробного гону довжиною 50–100 м на знижених обертах. Після цього зупиняють агрегат, відкривають кришки молотарки і оглядають:

- чи немає необмолочених качанів у соломотрясі;
- чи не подрібнюються стрижні (їх частки не повинні переважати в бункері);
- чи рівномірно розподіляється маса по ширині деки;
- стан зерна – травмованість має не перевищувати 1,5–2 %.

За результатами огляду коригують оберти барабана, зазори деки і відкриття решіт. Для досягнення оптимального режиму потрібно повторити інколи 2–3 такі ітерації.

По мірі заповнення бункера зерно вивантажують у транспортні засоби, що рухаються, або стоять поруч.

4.2. Розрахунки робочих органів приставки

Подавальні ланцюги [12] (рис. 4.2) встановлюються під нахилом $20...32^\circ$ до горизонту.

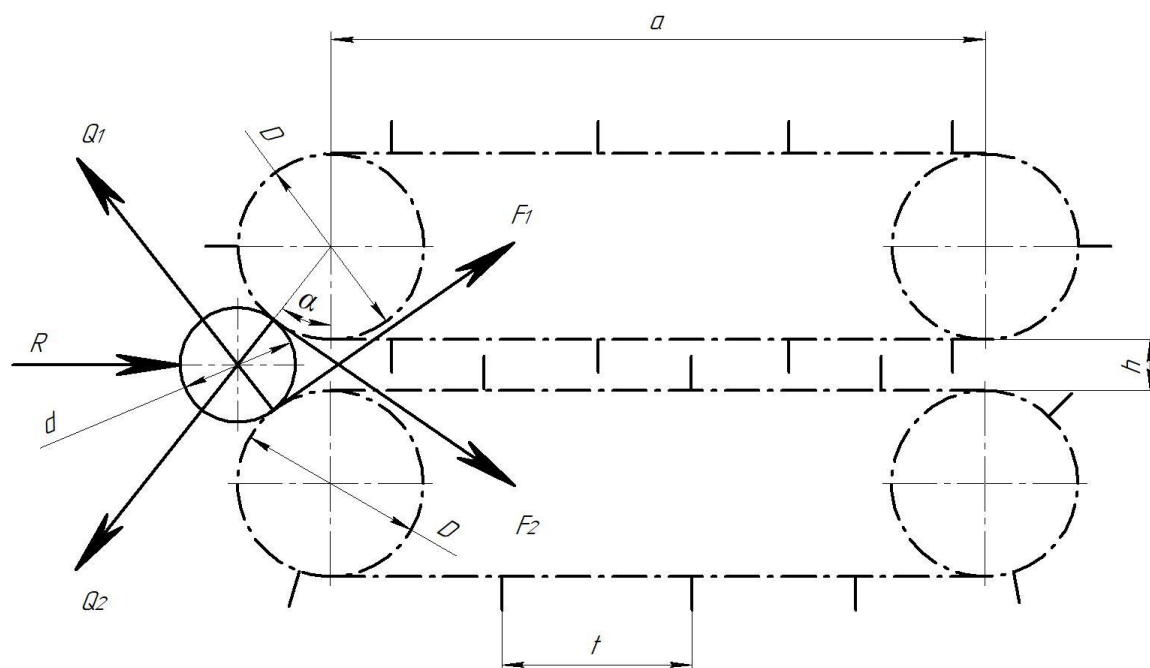


Рис. 4.2. Схема подавальних ланцюгів.

Кут, защемлення стебел між веденими зірочками подавальних ланцюгів знаходять по формулі [12]

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

де D – діаметр зірочки, мм;

$h = 30-35$ мм – зазор між ланцюгами;

$d = 40$ мм – діаметр стебла.

Повинна виконуватися умова захоплення стебла :

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

де $f = 0,35-0,45$ - коефіцієнт тертя по сталі.

Підставимо до (4.2) прийнятий коефіцієнт тертя.

Критичний кут заземлення буде

$$\alpha \leq \arctg f = \arctg 0,35 = 19,3^\circ$$

Діаметр зірочок:

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

Підставимо знайдені величини:

$$D \geq \frac{40 \cdot \cos 19,3 - 30}{1 - \cos 19,3} = 138 \text{ мм}$$

Приймемо $D = 140$ мм.

Крок лапок [12] ланцюгів пропорційний його кроку t .

Крок лапок:

$$t_n = (10 \dots 20) \cdot t,$$

Прийнявши ланцюг з $t = 38,1$ мм, визначимо крок лапок:

$$t_n = 12 \cdot 38,1 = 457,2 \text{ мм.}$$

Кут вектору абсолютної швидкості ланцюга (рис. 4.3) повинний бути $\varepsilon < 90^\circ$, для якісної роботи агрегату.

Кут напрямку вектору абсолютної швидкості захопленого лапками ланцюга стебла визначають по формулі

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

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

де $k=1,25$ – рекомендований коефіцієнт, відношення швидкості ланцюгів до робочої швидкості машини;

$\alpha = 28^\circ$ - кут нахилу ланцюгів.

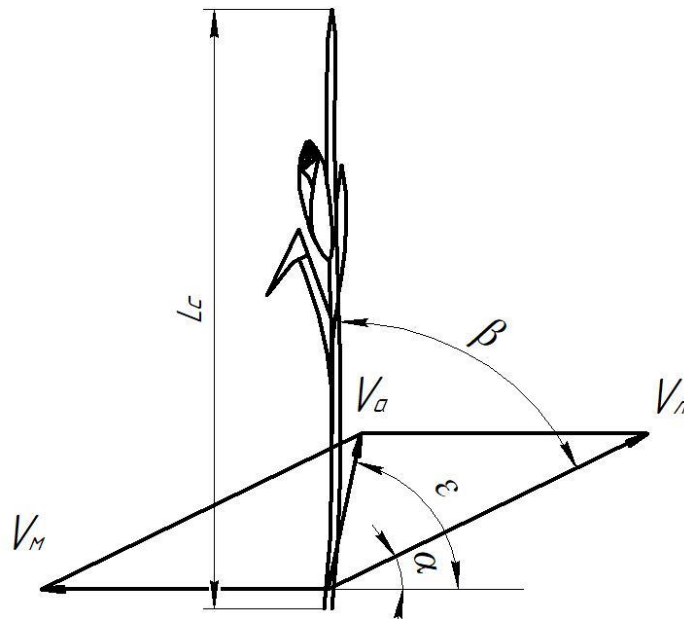


Рис. 4.3. Схема до визначення напрямку вектору абсолютної швидкості.

Перевіримо граничну умову при рекомендованому значенні співвідношення швидкостей $k=1,25$:

$$\operatorname{tg}(\epsilon) = \frac{k \cdot \sin 30}{k \cdot \cos 30 - 1}. \quad (4.4)$$

Підставимо значення:

$$\operatorname{tg}(\epsilon) = \frac{1,25 \cdot \sin 28}{1,25 \cdot \cos 28 - 1} = 5,66.$$

Визначимо кут ϵ :

$$\epsilon = \arctg(5,66) = 80^\circ.$$

Умова $\epsilon \leq 90^\circ$, виконується.

Зі співвідношення $k=1,25$ визначимо потрібну швидкість ланцюгів:

$$V_{\text{л}} = V_{\text{м}} \cdot 1,25 = 7,2 \cdot 1,25 = 9,0 \text{ км/год} = 2,5 \text{ м/с},$$

де $V_{\text{м}} = 7,2 \text{ км/год}$ – гранично допустима робоча швидкість кукурудзозбирального агрегату.

Частота обертання зірочок:

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

Підставивши знайдені величини отримаємо

$$n = \frac{60 \cdot 2,5}{3,14 \cdot 0,14} = 341 \text{ об/хв.}$$

Діаметр протягувальних вальців (рис. 4.4) визначають по формулі [12]:

$$D \geq \frac{d - h}{1 - \cos \alpha} \quad (4.5)$$

де $h = 24 \text{ мм}$ – зазор між вальцями;

α – кут защемлення стебел.

Кут защемлення стебел:

$$\alpha \leq \arctg f \quad (4.6)$$

де $f = 0,6\text{--}0,8$ – коефіцієнт тертя (з врахуванням наявності ребер на зовнішній поверхні вальців).

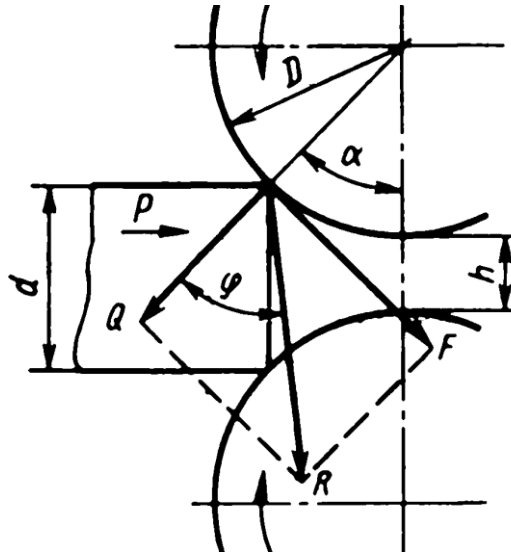


Рис. 4.4. Розрахункова схема вальців ППК-4.

Кут защемлення буде дорівнювати:

$$\alpha = \arctg 0,7 = 34,9^\circ$$

Розрахунковий діаметр вальців:

$$D \geq \frac{40 - 24}{1 - \cos 34,9^\circ} = 94,4 \text{ мм}$$

Приймемо конструктивно $D = 95$ мм.

Довжина вальців розраховується за формулою [12]^

$$L_p = \frac{V_m \cdot \tau \cdot F_c}{l \cdot h \cdot k_z} \quad (4.7)$$

де τ - час, що витрачається на протягування стебла, с;

F_c - площа поперечного перерізу стебла м^2 ;

$h = 0,024$ м – зазор між протягувальними вальцями;

$l = 0,17 - 0,25$ м – крок стебел в рядку (при ширині міжрядь 70 см);

$k_z = 0,5 - 0,8$ - коефіцієнт заповнення.

Час, що витрачається на протягування стебла [12]:

$$\tau = \frac{\mu \cdot L_c \cdot \sin \beta}{V_B} \quad (4.8)$$

де $\mu = 1,25 \dots 1,45$ - коефіцієнт проковзування стебел; $L_c = 2,7$ м – максимальна довжина стебел; β – кут нахилу (рис. 4.5) стебла; $V_B = 4,25$ м/с – рекомендована швидкість вальців.

Визначимо кут β :

$$\beta = 90 - \alpha = 90 - 28 = 62^\circ$$

Час, що витрачається на протягування стебла:

$$\tau = \frac{1,35 \cdot 2,7 \cdot \sin 62}{4,25} = 0,75 \text{ с.}$$

Площа поперечного перерізу стебла:

$$F_c = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,04^2}{4} = 0,001256 \text{ м}^2.$$

Довжина вальців

$$L_p = \frac{2,0 \cdot 0,75 \cdot 0,001256}{0,2 \cdot 0,0324 \cdot 0,65} = 0,673 \text{ м}$$

Приймаємо довжину вальця $L_p = 0,68 \text{ м} = 680 \text{ мм}$.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		36

Частота обертання вальців:

$$n = \frac{60 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{60 \cdot 4,25}{3,14 \cdot 0,095} = 854,8 \text{ об/хв.}$$

Пропускна здатність пари протягувальних вальців [12]:

$$Q^{(I)} = \frac{n \cdot m}{\tau} \quad (4.9)$$

де n – кількість стебел зтягнутих у зазор між вальців;

$m=1,5$ кг – вага рослини;

Кількість стебел зтягнутих у зазор між вальців

$$n = \frac{L_p \cdot h \cdot K_3}{F_c} \quad (4.10)$$

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

$$n = \frac{0,68 \cdot 0,024 \cdot 0,65}{0,001256} = 8,44.$$

Пропускна здатність пари вальців:

$$Q^{(I)} = \frac{8,44 \cdot 1,5}{0,75} = 16,88 \text{ кг/с.}$$

Таким чином, найбільш можлива теоретична пропускна здатність приставки ППК-4 буде

$$Q = 4 \cdot Q^{(I)} = 4 \cdot 16,8 = 67,2 \text{ кг/с}$$

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

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Експлуатація кукурудзозбиральних агрегатів супроводжується низкою стандартних небезпечних і шкідливих факторів, що вимагають суворого дотримання правил охорони праці [20]. До основних ризиків належать значна запиленість робочої зони, небезпека ураження електричним струмом (як статичним, так і від ліній електропередач), а також наявність відкритих рухомих частин приводу, гострих країв конструкції та гарячих поверхонь двигуна й системи охолодження. Робота техніки створює підвищені рівні шуму та вібрації від молотильного апарату й транспортерів, що в поєднанні з роботою оператора на висоті та мінливими мікрокліматичними умовами створює додаткове навантаження на організм. Окрему увагу приділяють пожежній безпеці через можливість витоку паливно-мастильних матеріалів, тертя деталей або короткого замикання, а також безпечному поводженню з технічними рідинами та роботі в умовах недостатнього природного освітлення.

Для створення безпечного та комфортного робочого середовища впроваджено комплекс інженерних рішень, що дозволяють підтримувати рівень шуму в кабіні в межах допустимих 75 дБ. Це досягається завдяки справним глушникам вихлопної системи, використанню пористих звукопоглинаючих матеріалів для внутрішнього облицювання кабіни та застосуванню в'язких мастил для деталей, що зазнають ударних навантажень. Для нейтралізації вібрацій сидіння механізатора обладнане амортизатором, а підлога вкрита спеціальними вібропоглинаючими килимками, які одночасно виконують роль діелектричної ізоляції. Належний мікроклімат із температурою 13–22°C, вологістю 40–60% та обмеженим тепловим випромінюванням забезпечується роботою кондиціонера й вентилятора згідно з державними стандартами. У темну пору доби видимість у кабіні та зчитування показників приладів гарантуються системою внутрішнього освітлення та окремою підсвіткою панелей.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		38

Техніка безпеки під час роботи на кукурудзозбиральному агрегаті

До експлуатації комбайна допускаються лише особи з посвідченням тракториста-машиніста 1-го або 2-го класу, які пройшли спеціалізоване навчання з будови гідروприводу, опанували навички керування та обслуговування приставки ППК-4, а також отримали інструктаж з техніки безпеки. Робота агрегату дозволяється на ділянках із нахилом, що не перевищує 8°, при цьому перед кожним виїздом у поле або на дороги загального користування обов'язково перевіряється справність рульового керування, гальм, світлової та звукової сигналізації, а також тиск у шинах. Під час транспортування необхідно вмикати верхні габаритні вогні та суворо дотримуватися Правил дорожнього руху, враховуючи, що переїзд трасами у темну пору доби заборонений.

Безпека безпосередньої роботи забезпечується встановленням усіх захисних огорожень, закріплених пружинними фіксаторами на рамі, та перевіркою відсутності людей поруч із машиною перед запуском дизеля. Важливою умовою є вимкнення муфти приводу робочих органів перед пуском двигуна та під час кожної зупинки. Для запобігання травматизму під час технічного обслуговування, зокрема при зливанні гарячої води чи мастила, слід дотримуватися особливої обережності, щоб уникнути опіків. Під час маневрування, поворотів або розворотів швидкість комбайна необхідно знижувати до безпечних 3–4 км/год, що гарантує стабільність агрегату та контроль над ситуацією.

ВИСНОВКИ

У дипломному проекті нами здійснено обґрунтування операційної технології збору кукурудзи на зерно агрегатом у складі приставки ППК-4 та комбайна СК-5 «НИВА».

У ході проведених розрахунків нами обґрунтовані раціональні режими роботи кукурудзозбирального агрегату, що забезпечують баланс потужності двигуна та ефективний коефіцієнт її використання. На прикладі прямокутного поля площею 46 га розраховано ключові показники ефективності операції: продуктивність, абсолютні та питомі витрати палива, а також визначено найбільш вигідну ширину і кількість заїнок із точним розрахунком параметрів поворотних смуг. Інженерна частина проекту присвячена технологічним розрахункам жатки кукурудзозбиральної приставки, де було встановлено характеристики ведених зірочок русел, параметри подавальних ланцюгів та геометричні розміри протягувальних вальців – зокрема їхній діаметр 125 мм та довжину 1000 мм, що в сукупності визначає загальну пропускну здатність агрегату. Детальна конструкція розрахованого вальця з відповідним деталюванням представлена у графічній частині роботи. Окрему увагу приділено розділу «Охорона праці», де проаналізовано потенційні небезпечні та шкідливі чинники під час експлуатації техніки, запропоновано заходи щодо мінімізації їхнього впливу на персонал та розроблено комплексну інструкцію з техніки безпеки при роботі зі збиральним агрегатом.

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		40

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-., Борщів. аграр. коледж. Кам'янець-Поділ.: Сисин О.В.: Абетка, 2011.
2. Будаєк М.А. Підвищення ефективності роботи кукурудзозбирального агрегату [Електронний ресурс] / М.А. Будаєк, О.М. Васильковський // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Досягнення та перспективи галузі виробництва, переробки і зберігання сільськогосподарської продукції», Кіровоград: КНТУ, 2018. С. 41-42. http://www.kntu.kr.ua/doc/perspekt_18.pdf
3. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини / Д.Г. Войтюк, Г.Р. Гаврилук. - К.: Каравела, 2004. - 552 с.
4. Дерев'яно 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.
5. 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.
6. 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.
7. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу «Проектування машин для збирання технічних культур» для студентів спеціальності 8.090215 – «Машини та обладнання сільськогосподарського

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		41

виробництва» / Укл. О.М.Васильковський, М.І.Васильковський, В.В.Амосов, С.М.Мороз. – Кіровоград: КНТУ, 2005, 85 с.

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. 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.

10. 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». – Кропивницький: ЦНТУ. 2025. С. 13-14. URL: <https://kntu.kr.ua/file/content/19401/zbirnyk-tez.pdf#page=13>

11. 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>

12. 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.

13. Моклюк Д., Васильковський О. Дослідження качановідривного апарату кукурудзозбиральної приставки. Матеріали VI міжнародної науково-практичної

					ДП 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		42

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. 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

16. 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.

17. 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.

18. 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

19. Шавкун В.О. Визначення параметрів ведених зірочок подавальних ланцюгів кукурудзозбирального комбайну [Електронний ресурс] / В.О. Шавкун, І.О. Савченко, О.М. Васильковський //

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

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

20. Охорона праці при вирощуванні сільськогосподарських культур : навчальний посібник / М.М. Сакун, В.Ф. Нагорнюк; Одеський державний аграрний університет. Одеса : «Видавництво», 2009. 184 с.

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

ДОДАТКИ

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