

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

Зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:**

«Модернізація кукурудзозбирального комбайна КСКУ-6 з дослідженням качановідокремлювального апарату та шнека стебел»

Виконав здобувач вищої освіти II курсу,
групи ГМ-23М-1.1

ОНП «Галузеве машинобудування»
спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»

_____ Прудкий Вадим Олегович

« ____ » _____ 2025 р.

Керівник роботи

доцент, канд. техн. наук

_____ Юрій МАЧОК

« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент

доцент, канд. техн. наук

_____ Володимир ЯЦУН

« ____ » _____ 2025 р.

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет Агротехнічний

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти другий (магістерський) рівень

Галузь знань 13 механічна інженерія

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« » 2025 року

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Прудкого Вадима Олеговича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Модернізація кукурудзозбирального комбайна КСКУ-6 з дослідженням качановідокремлювального апарату та шнека стебел

2. Керівник роботи (проекту)

Мачок Юрій Вікторович, канд. техн. наук, доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту 19 травня 2025 року

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи (проекту)

5. Перелік графічного матеріалу _____

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-6	Мачок Ю.В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Пояснювальна записка	5. 05. 2025	
	Графічна частина	15. 05 2025	
	Захист роботи	22. 05. 2025	

Дата видачі завдання
« ____ » _____ 2025 р.

Підпис керівника

(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
« ____ » _____ 2025 р.

Підпис здобувача _____
(прізвище та ініціали)

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
				<u>Документація загальна</u>		
				<u>Заново розроблена</u>		
A4			КСКУ 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	44	
				<u>Документація по науковій</u>		
				<u>частині</u>		
				<u>Заново розроблена</u>		
A1			КСКУ 00.001	Огляд конструкцій	1	
				кукурудзозбиральних машин		
A1			КСКУ 00.002	Теоретичне обґрунтування	1	
				діаметра вальців		
				<u>Документація по інженерній</u>		
				<u>частині</u>		
				<u>Заново розроблена</u>		
A1			КСКУ 00.000	Кукурудзозбиральний комбайн	1	
				КСКУ-6		
				<u>Документація по складальних</u>		
				<u>одиницях</u>	1	

					КСКУ 00.000 ВР								
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата	Відомість роботи								
Розробив	Прудкий										Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Мачок											1	2
Н. контр.	Мачок										ЦНТУ гр. ГМ-23М-1.1		
Затвердив	Васильковський												

Анотація

Тема: «Модернізація кукурудзозбирального комбайна КСКУ-6 з дослідженням качановідокремлювального апарату та шнека стебел».
кукурудза, качановідривний апарат, валець, коефіцієнт тертя, шнек стебел

В роботі наведено огляд конструкцій машин для збирання кукурудзи на зерно. Обґрунтовано параметри протягувальних вальців качановідривного апарату, де теоретична залежність діаметра вальців від діаметра стебла кукурудзи та коефіцієнта тертя дозволяє оптимально підібрати вальці для конкретних умов роботи. Обґрунтовано параметри двозахідного шнека для транспортування зрізаної маси, що дозволить забезпечити стабільність виконання технологічного процесу.

Аналіз економічної ефективності вдосконаленого комбайна довів, що проведені теоретичні дослідження та конструкторські рішення є результативними.

Abstract

Topic: «Modernization of the KSKU-6 corn harvester with the study of a cob-delimiting device and a stalk auger»
corn, ear-picking machine, roller, friction coefficient, auger stalks

The paper provides an overview of the designs of machines for harvesting corn for grain. The parameters of the draft rollers of the ear-picking machine are substantiated, where the theoretical dependence of the diameter of the rollers on the diameter of the corn stalk and the friction coefficient allows you to optimally select the rollers for specific operating conditions. The parameters of the double-screw auger for transporting the cut mass are substantiated, which will ensure the stability of the technological process.

The analysis of the economic efficiency of the improved combine has proven that the theoretical research and design solutions carried out are effective.

Зміст

	стор.
1. Вступ.....→.....	7
2. Наукова частина.....→.....	9
3. Інженерна частина.....→.....	22
4. Охорона праці.....→.....	41
5. Економічна частина.....→.....	45
6. Висновок.....→.....	47
Список використаної літератури.....→.....	48
Додатки.....	51

↑

↑

1. Вступ.

Наразі в Україні кукурудза посідає друге місце за площею зайнятих посівів, поступаючись лише озимій пшениці. Її культивують практично всі 7 господарства - від малих фермерських до великих агрохолдингів. Основне призначення кукурудзи – кормова та харчова культура. Її зерно активно використовується як концентрований корм у тваринництві та птахівництві. Подрібнена листостеблова маса, яка є побічним продуктом, служить кормовою добавкою або використовується як мульча, якщо її розкидають по полях. Зерно культури займає значну нішу в харчовій промисловості (крупя, борошно, кондитерська продукція, спирт тощо).

Кукурудза є однією з найвисоковрожайніших і економічно вигідних культур. При належному дотриманні агротехнічних вимог вона здатна забезпечувати врожайність у межах 100-120 ц/га зерна і навіть більше. Останніми роками загальний обсяг зібраного зерна кукурудзи перевищив обсяги врожаю озимої пшениці. Винятком став 2024 рік (рис. 1.1) [23].

Кукурудза: врожайність та площі 2015-2024 рр.

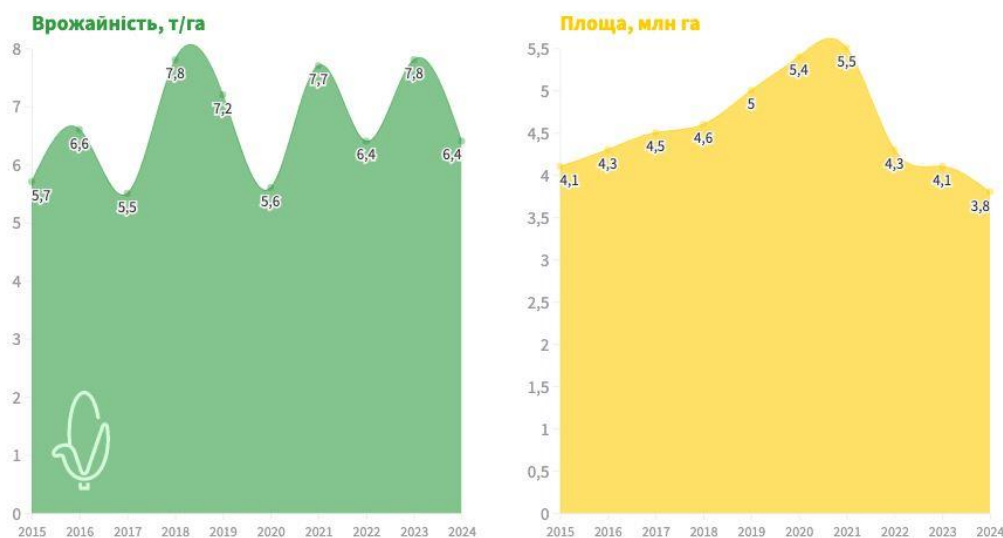


Рис. 1.1 Динаміка зміни посівних площ та урожайності кукурудзи.

					КСКУ 00.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	Н.докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Прудкий				Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Мачок					7	51
Н.контр.	Мачок				ЦНТУ		
Затвер.	Васильковський				гр. гр. ГМ-23М-1.1		
Пояснювальна записка							

В зазначений період значно зменшилися посівні площі дано культури за відносно прийнятної урожайності. Основним чинником таких низьких показників є несприятливі погодні умови та бойові дії в південно-східних регіонах.

Кукурудза належить до пізньостиглих культур, тому збір урожаю часто припадає на період із несприятливими погодними умовами. Це зумовлює необхідність максимально скоротити терміни виконання цього процесу.

Залежно від обраної технології збирання (пряме комбайнування або збирання в качанах), застосовується відповідний набір техніки.

Збирання в качанах можна розпочати раніше за умови вологості зерна на рівні 40%. Проте ця технологія є в 1,8...2 рази дорожчою за пряме комбайнування, головним чином через значно вищі витрати пального на сушіння качанів [25].

Також виникають додаткові витрати, пов'язані з обмолотом качанів на машинах в стаціонарних умовах.

На українських полях можна зустріти кукурудзозбиральні машини різного типу - вони відрізняються конструкцією, продуктивністю, способом агрегаткування та виконання технологічного процесу, а також країною походження, будь то вітчизняне чи закордонне виробництво.

Окремої уваги заслуговує самохідний кукурудзозбиральний комбайн КСКУ-6 «Херсонєць-200. Ця модель ефективно та продуктивно виконує всі етапи технологічного процесу.

Досвід використання комбайна свідчить про наявність у конструкції окремих робочих вузлів недоліків, які негативно впливають на якість виконання технологічного процесу. Це вимагає проведення дослідницьких і конструкторських заходів для усунення цих проблем. Подальші розробки в межах цієї магістерської роботи будуть спрямовані на вирішення зазначених завдань.

					КСКУ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

2. Наукова частина.

2.1. Мета і задачі досліджень.

Мета цієї магістерської роботи полягає в удосконаленні конструкції кукурудзозбирального комбайна КСКУ-6 через обґрунтування параметрів протягувальних вальців пікерного качановідокремлювального апарата та шнека стебел.

Об'єкт дослідження – процес протягування стебел за допомогою вальців під час збирання кукурудзи на зерно.

Предмет дослідження – конструкція та параметри протягувальних вальців качановідокремлювального апарата кукурудзозбирального комбайна.

Відповідно до поставленої мети сформульовані наступні задачі досліджень:

- проаналізувати сучасні конструкції кукурудзозбиральних машин та протягувальних вальців, а також визначити перспективні напрями їхнього вдосконалення;

- обґрунтувати параметри протягувальних вальців та двозахідного шнека стебел кукурудзозбирального комбайна;

Наукова новизна:

- теоретично обґрунтовано параметри протягувальних вальців та двозахідного шнека кукурудзозбирального комбайна.

2.2. Аналіз конструкцій кукурудзозбиральних машин.

Кукурудзу на зерно збирають в качанах методом роздільного комбайнування або в обмолоченому вигляді під час прямого комбайнування [3,4,5,11,23].

Вибір методу збирання урожаю залежить від цілої низки чинників, серед яких основними є площа посівів, доступність відповідної техніки та фінансові ресурси господарства.

Розглянемо конструкції деяких машин для збирання урожаю кукурудзи за різними технологіями.

					КСКУ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Для збирання кукурудзи в качанах використовуються різні типи машин: монтовані, причіпні, навісні і самохідні. Причіпні машини широко представлені на полях як іноземних, так і українських виробників. Серед них такі компанії, як SIP зі Словенії, Bourgoin з Франції, BERKO з Сербії, а також Херсонський машинобудівний завод з України та деякі інші. [23].

Словенська компанія SIP рекомендує до використання причіпні одно- та дворядкові комбайни бункерного типу моделей TORNADO (40EOL, 40EOL 8V, 80), які призначені для збору кукурудзи в качанах (рис. 2.1). Ці машини обладнані класичними апаратами для відокремлювання качанів, що включають протягувальні вальці, відривні пластини та подавальні ланцюги. Відірвані качани потрапляють до качаноочисника, де відділяються від обгортки, а потім транспортер переміщує їх у бункер.

Стебла зрізаються а потім подрібнюються фрезою. Отримана маса рівномірно розподіляється по поверхні поля. Висота зрізу змінюється використанням гідравлічної системи трактора переміщенням у необхідному напрямку рами.



Рис. 2.1 Кукурудзозбиральний комбайн TORNADO.

					КСКУ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10



Рис. 2.4. Качанозбиральний комбайн ККП-3.

Ці машини призначені для збирання качанів кукурудзи. Вони оснащені функцією їх очищення від обгорток, подрібнення і збору листостеблової маси, яка може слугувати кормом для тварин. Крім того, їх можна використовувати як силосну складову.

Деякі технічні деяких качанозбиральних комбайнів зазначені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Технічні дані деяких качанозбиральних комбайнів

Показник	Марка комбайна					
	GORNADO 40EOL	GORNADO 80	Bourgoin TB2	BERKO-014	BERKO-025	ККП-2
Кількість рядків	1	1	2	1	2	2
Потужність двигуна трактора, кВт	18	35	45	17	30	50
Об'єм бункера качанів, м ³	1,8	2,9	3,2	1,6	3,8	-
Висота транспортування при вивантаженні, м	2,4	2,4	2,75	2,3	2,75	-
Продуктивність, га/год	0,45	0,6-0,8	0,6-0,9	0,5	0,6-0,9	0,7

Очевидно, що зазначені машини мають практично однакові технічні характеристики за подібних умов експлуатації. Проте важливо врахувати, що комбайни українського виробництва не обладнані бункером для накопичення качанів, але можуть з'єднуватися з тракторним причепом більшої ємності за допомогою спеціального причіпного механізму, що є значною перевагою. Це потребує відповідно застосовувати більш потужний засіб агрегування.

На загінках можна зустріти китайські машини для збирання качанів 4YG-3 а також сербські - BERKO 062 [12].

Машина BERKO 062 (рис. 2.5) є шестирядною модульною машиною. Всі робочі елементи інтегровані на шасі трактора. На передній навісці встановлена жатка з шістьма руслами та механізмом для різання і подрібнення. Бункер для качанів розташований на подовженій рамі.



Рис. 2.5. Комбайн для збирання качанів кукурудзи BERKO (Сербія): 1 – жатна частина; 2 - транспортери; 3 - транспортер очищених від обгорток качанів; 4 – бункер для качанів; 5 - очисник качанів від обгорток; 6 - різально-подрібнювальний апарат.

Попри більш складну конструкцію, схема технологічного процесу комбайна схожий з роботою відповідних причіпних моделей зазначеної компанії.

Комбайн 4YG-3 є трирядною машиною, робочі агрегати якої встановлюються на тракторах МТЗ-80 та ЮМЗ-6 (рис. 2.6). Він обладнаний одним боковим транспортером. Усі інші робочі механізми й технологічний процес роботи повністю подібні до комбайна BERKO



Рис. 2.6. Комбайн для збирання качанів 4YG-3 (Китай).

Технічні характеристики навісних комбайнів для збирання качанів кукурудзи представлені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Порівняльна технічна характеристика монтованих качанозбиральних комбайнів

Показник	Марка комбайна	
	BERKO 062	4YG-3
Ширина захвату, кількість рядків	6	3
Потужність енергозасобу, кВт	114	60
Об'єм бункера, м ³	11,5	-
Маса, кг	4500	2200
Продуктивність, га/год	1,4-1,8	0,4-0,6

Компанія *Industrias Reunidas Colombo Ltda* представляє високоманеврений однорядний навісний комбайн моделі RCM11 (рис. 2.7), оснащений однорядною жаткою та бункером об'ємом 400 кг. Ця машина призначена для роботи на невеликих за площею посівних ділянках.



Рис. 2.7. Начіпний кукурудзозбиральний комбайн RCM11.

Наразі найпоширенішим способом збору кукурудзи на зерно є використання зернозбиральних комбайнів, оснащених кукурудзозбиральними жатками. Вагому роль у забезпеченні господарств такими жатками відіграє ТОВ НВП «Херсонський машинобудівний завод». Він поставляє на ринок жатки для комплектації комбайнів, як закордонного так і вітчизняного виробництва.

Це шести- та восьмируслові жатки КМС-6 і КМС-8 (рис. 2.8), якими можна забезпечувати комбайни різних виробників, як вітчизняних, так і закордонних.



Рис. 2.8. Жатка КМС-8.

					КСКУ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

З урахуванням того, що площі посівів зазначеної культури щороку збільшуються, зростає й навантаження на діючий парк зернозбиральних комбайнів. У зв'язку з цим доцільно розглянути масове повернення на вітчизняні поля самохідних комбайнів, таких як КСКУ-6 (рис. 2.9), вироблених херсонськими машинобудівниками.



Рис. 2.9. Комбайн КСКУ-6

Ця багатофункціональна високопродуктивна машина призначена для збирання кукурудзи в качанах з можливістю їх обмолоту та може бути використана для заготівлі силосу.

2.2. Огляд конструкцій протягувальних вальців

Кукурудзяні жатки обладнують вальцьовими або пластинчастими механізмами для відділення качанів кукурудзи. Через те, що при роботі вальцьових механізмів нерідко виникає травмування та вилущування зерна з качанів, що призводить до збільшення втрат насіння, більшість жаток оснащують пластинчастими апаратами.

						КСКУ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			16

Останні зазвичай включають два похило розташовані протягувальні вальці та дві відривні пластини, закріплені над ними, два контури подавальних ланцюгів і розподільну коробку, що змонтована на рамі.

Протягувальні вальці складаються з чотиригранного або шестигранного валу, до якого прикріплено відповідно чотири або шість ножів (рис. 2.10).

Вальці з чотиригранною конфігурацією одночасно з протягуванням виконують подрібнення стебел, що значно підвищує їхню ефективність.

Русла комбайнів угорської компанії OROS [23] мають чавунні шестигранні вальці конічної форми (рис. 2.10), які сприяють ефективному подрібненню стеблової маси та під час обертання забезпечують ефект самозатягування. Вальці оснащені знімними протягуючими ножами, що мають робочу поверхню з ребристою або плоскою структурою. Протиріжуча пластина (2) захищає вальці від намотування стеблової маси, підвищуючи їхню надійність.

На руслах компанії OROS можуть встановлюватися протягувальні вальці квадратного перерізу (рис. 3.11) [23]. Окрім чотирьох основних ножів (1), вони додатково обладнані чотирма подавальними кромками (2) і протиріжучими пластинами (3). Це дозволяє збільшити швидкість комбайна в робочому режимі до 15-17 км/год.

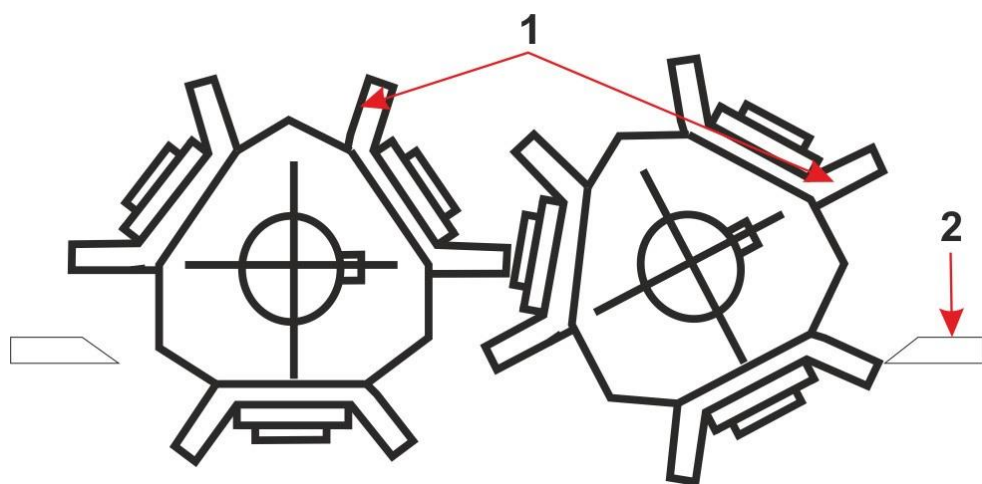


Рис. 2.10. Схема вальців конічного перерізу компанії OROS.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КСКУ 00.000 ПЗ

Арк.

17

Необхідно забезпечити виконання нерівностей

$$\varphi > \alpha; \operatorname{tg} \varphi = f \geq \operatorname{tg} \alpha, \quad (2.1)$$

де f – коефіцієнт тертя в зоні контакту вальця і стебла.

Якщо виконуватиметься дана нерівність, то під впливом горизонтальної складової рівнодійної сили R стебло буде направлене у регульований зазор h між вальцями.

Виходячи з останнього, захоплення стебел стає можливим за умови

$$\alpha = \arccos \left[1 - \frac{(d_c - h)}{D_g} \right], \quad (2.2)$$

де α - кут захоплення вальцями стебла;

D_g - діаметр вальців.

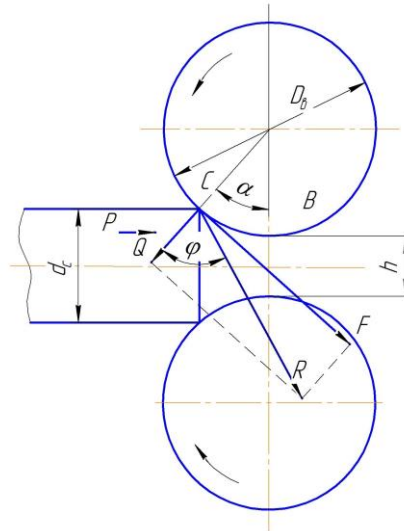


Рис. 2.13 Схема протягування стебел

Після певних перетворень виразу (3.2) отримуємо нерівність, що дозволяє визначити діаметр вальців.

$$D_g \geq \frac{d_c - h}{1 - \frac{1}{\sqrt{1 + f^2}}}. \quad (2.3)$$

Очевидно, що діаметр валків безпосередньо пов'язаний із рівнем їх деформації $\psi = \frac{d_c - h}{d_c}$ під час процесу протягування. Ступінь деформації, за якої відрив качанів проходитиме ефективно, має знаходитися в зазначених межах $\psi = 0,6 \dots 0,7$.

Відповідно до агротехнічних вимог, висота зрізу стебел має знаходитися в межах 10 ... 12 см. Діаметр стебла в цьому випадку може варіюватися від 15 до 45 мм. Ці параметри враховуватимуться в наступних теоретичних дослідженнях. Для розрахунків використаємо їх максимальні значення.

Прийнявши найменше значення деформації стебла $\psi = 0,7$ та найбільший діаметр стебла, отримуємо результат $h = (1 - \psi) \cdot d_c = (1 - 0,7) \cdot 45 = 13,5 \text{ мм}$. Цю величину вважаємо сталою.

Коефіцієнт тертя вальця по стеблу згідно з даними [6,7,8] може варіюватися в межах від 0,45 до 1,0.

На розбіг значень даного параметру впливає стан робочої поверхні вальців і вологість стебла. У цьому випадку діаметр вальців визначається взаємозв'язком двох змінних: діаметра стебла та коефіцієнта тертя вальця об стебло. За результатами виконаних розрахунків було отримано матрицю значень (табл. 2.3) та графічні залежності (рис. 2.14), які демонструють вплив діаметра стебла та коефіцієнта тертя на діаметр вальців.

Таблиця 2.3

Матриця значень залежності діаметра вальців від діаметра стебла і коефіцієнта тертя вальця по стеблу.

f $d_c, \text{мм}$	0,45	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
15	17,04	14,21	10,53	8,30	6,84	5,86	5,12
25	130,68	109,00	80,75	63,64	52,48	44,99	39,29
35	244,32	203,79	150,98	118,98	98,13	84,12	73,45
40	301,14	251,18	186,09	146,65	120,94	103,67	90,54
45	357,95	298,57	221,20	174,32	143,77	123,24	107,62

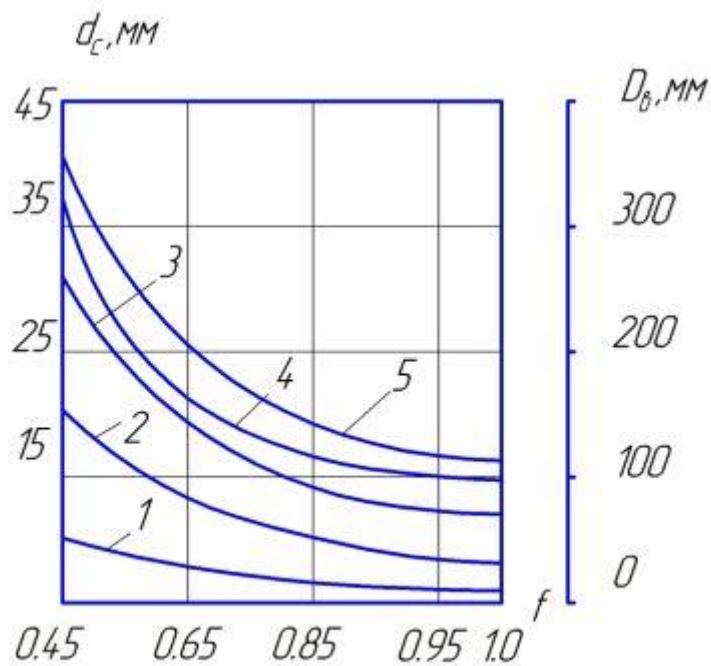


Рис. 2.14. Графічні залежності для визначення діаметра протягувальних вальців в залежності від коефіцієнта тертя і діаметра стебла: 1 – діаметр стебла 15 мм; 2 - діаметр стебла 25 мм; 3 - діаметр стебла 35 мм; 4 - діаметр стебла 40 мм; 5 - діаметр стебла 45 мм

Аналіз отриманих графіків свідчить, що ключовий вплив на діаметр вальців має коефіцієнт тертя між ними та стеблом. Представлені графічні залежності дозволяють обґрунтовано визначити діаметр вальців для реальних умов експлуатації.

Висновки по розділу. Встановлено, що вітчизняні та іноземні виробники створюють і рекомендують споживачам спеціальні самохідні, причіпні, начіпні та монтуємі комбайни для збирання урожаю зерна кукурудзи. Обґрунтовано параметри протягувальних вальців качановідривного апарата, де теоретична залежність діаметра вальців від діаметра стебла кукурудзи та коефіцієнта тертя дозволяє підібрати вальці для конкретних робочих умов.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

3. Інженерна частина.

3.1. Опис об'єкта розробки.

3.1.1. Призначення машини.

КСКУ-6 призначений для збирання кукурудзи на стадії повної стиглості з урожайністю до 200ц/га качанів, які використовуються для отримання продовольчого та фуражного зерна. Ця техніка ефективна в усіх регіонах вирощування кукурудзи на полях зі схилом не більше 8° із міжряддям 0,7м. Вологість зерна у період стиглості не повинна перевищувати 30%, а вологість листостеблової маси – 60%. Висота розташування нижнього качана від рівня ґрунту має бути не меншою за 0,5м, а співвідношення маси качанів до маси стебел – 1:1,5. Оптимальна густина стеблистою становить 20...65 тисяч рослин на гектар.

Комбайн здатний виконувати такі операції:

- збирання кукурудзи з очищенням качанів від обгорток, подрібнення з наступним навантаженням отриманої маси в транспортний засіб;
- обмолотом качанів, подрібнення з наступним навантаженням отриманої маси в транспортний засіб;
- збирання качанів на стадії молочно-воскової стиглості для окремого силосування, подрібнення та наступним навантаженням отриманої маси в транспортний засіб.

Комбайн оснащено сигналізаційною системою, яка дає можливість оператору контролювати процес роботи безпосередньо з кабіни.

Робочі вузли приводяться в дію двигуном комбайна через систему передач.

					КСКУ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

3.1.2. Технічна характеристика комбайна

Технічні дані комбайна наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

Технічні дані комбайна КСКУ – 6

№ п/п	Найменування	Одиниці вимірювання	Значення
1	2	3	4
1.	Агрегаткування		Самохідна
2.	Ширина захвату	<i>м</i>	4,2
3.	Кількість рядків в межах ширини захвату	-	6
4.	Ширина міжрядь	<i>м</i>	0,7
5.	Маса	<i>кг</i>	13300
6.	Продуктивність	<i>га / год</i>	до 3,5
7.	Обслуговуючий персонал (кількість)	<i>чол</i>	1
8.	Робоча швидкість	<i>м / с</i>	0,83...2,5
9.	Висота стерні, середня	<i>м</i>	0,17
10.	Тип кочановідривного апарата	-	Пікерний
11.	Розмір протягувальних вальців:		
	-довжина робочої частини	<i>мм</i>	756
	-діаметр		95
12.	Частота їх обертання	<i>об / хв</i>	860
13.	Розміри барабана подрібнювача:		
	-довжина	<i>мм</i>	950
	-діаметр		600
14.	Частота обертання барабана	<i>об / хв</i>	1300

3.1.3. Будова та робота комбайна

Комбайн КСКУ-6 (рис. 3.1) оснащений шасі на якому встановлено дизельний двигун та шестируслову жатку. На шасі також встановлено подрібнювач, два очисники качанів, транспортери, а також автоматичну зчіпку, призначену для з'єднання з причепом [11,12,18,19,20].

					КСКУ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

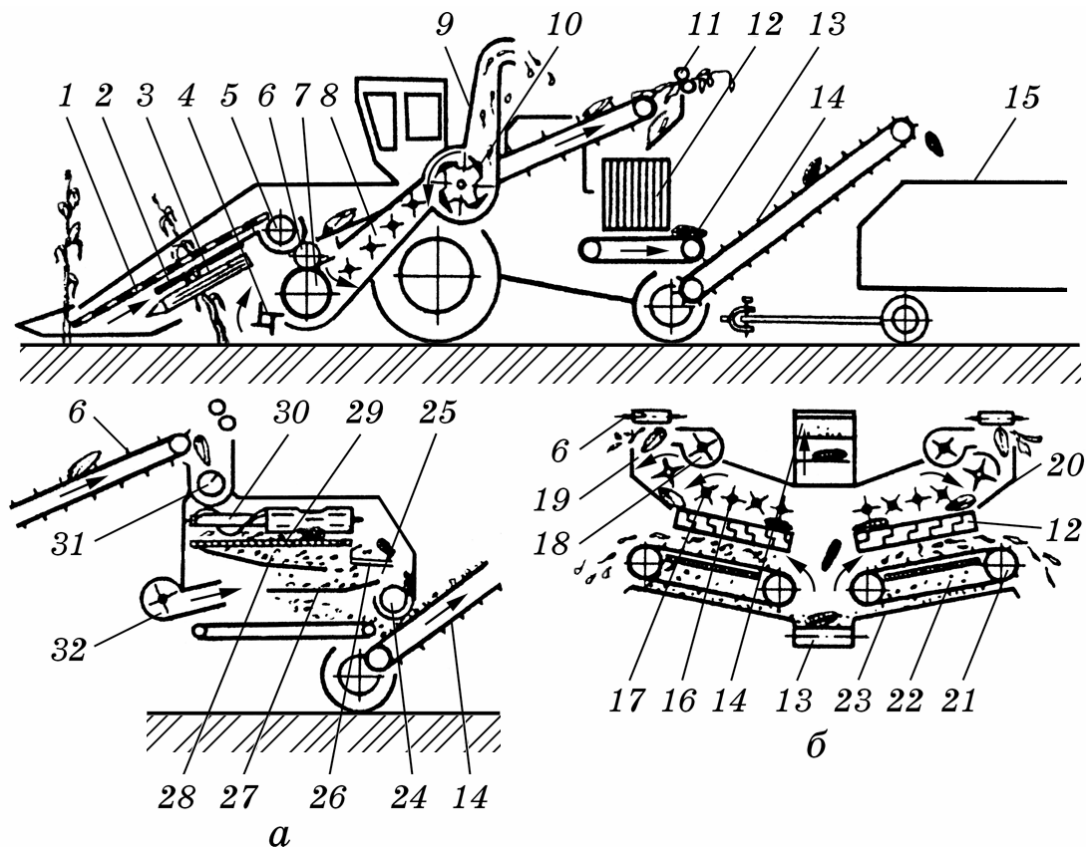


Рис. 3.1. Функціональна схема комбайна КСКУ-6: 1-подавальні ланцюги; 2-відривні пластини; 3-протягувальні вальці; 4-зрізувальний апарат; 10- барабан подрібнювача; 11- вальці для вловлювання стебел; 18-вентилятор; 17, 19- відповідно притискний та розподільний бітер; 16-притискний барабан; 12- очисник качанів.

Різальний апарат комбайна складається з двох секцій. Машина оснащена гідравлічною системою приводу ходових коліс, рульового управління, управління робочими органами (зокрема підніманням і опусканням жатки, транспортерів), а також лебідкою для підтягування причепа.

Головною особливістю комбайна КСКУ-6 є можливість замінити очисник качанів на молотарку (рис. 3.1а), що дозволяє виконувати збір кукурудзи з обмолотом качанів. Крім того, живильний апарат відрізняється тим, що має чотири бітери й не використовує шнек для обгортки качанів.

Комбайн оснащено системою автоматичного водіння, що функціонує без участі оператора, а також системою сигналізації.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КСКУ 00.000 ПЗ

Арк.

24

При переобладнанні комбайна для збирання кукурудзи без очисника необхідно демонтувати розподільні камери бокових транспортерів для качанів в обгортках, вентилятори разом із приводними механізмами, тяги, підвіски з опорами притискних барабанів, а також зняти приводні паси проміжного вала очисника та встановити скатні дошки.

Система автоматичного водіння по рядках дозволяє комбайну точно рядками без необхідності втручання оператора. Основними компонентами цієї системи є: два копіювальні пристрої, кожен із індукційним датчиком кута повороту; індукційний датчик зворотного зв'язку; електронний блок управління; два електрогідророзподільники (перший забезпечує автоматичне спрямування комбайна по рядках, а другий призначений для вимкнення ручного управління під час автоматичного водіння). Копіювальні пристрої розташовані на рамах русел під третім і п'ятим мисами. Їхні копії висувуються через прорізи в мисах і розміщуються поблизу рядків, будучи з'єднаними тросом із роторами датчиків кута повороту. Під час повороту копії індукційні датчики генерують електричний сигнал, який потім обробляється, підсилюється і передається до відповідного електромагніту електрогідророзподільника. Через останній робоча рідина потрапляє в одну з порожнин гідравлічного циліндра керованих коліс, змушуючи їх повертати у заданому напрямку.

Сигналізаційна система стежить за зупинкою або уповільненням обертання різального апарата, шнека стебел, подрібнювального барабана, горизонтального транспортера та очисника качанів. У разі відхилення від нормальної роботи цих механізмів на пульті керування активуються світлові й звукові сигнали.

Особливістю збирання кукурудзи на зерно комбайном КСКУ-6 без обмолоту качанів полягає в тому, що обгортки виносяться транспортером прямо на поле. Очищені качани проходять через очисні вальці обох очисних апаратів і потрапляють на горизонтальний транспортер 13. На цей же транспортер надходить вибите з качанів зерно, я

					КСКУ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

ке переноситься нижніми стрічками транспортерів для обгорток. Далі очищені качани разом із частково вибитим зерном потрапляють на горизонтальний транспортер 13, а потім на вивантажувальний 14, звідки вони спрямовуються до причепа 15.

У випадку збору урожаю з обмолотом качанів процеси відокремлення качанів від стебел, їх переміщення, захоплення стебел із частковим відокремленням залишків качанів, а також зрізання, подрібнення і видалення подрібненої маси виконуються аналогічним чином. Далі качани подаються шнеками 31 із правим і лівим навиванням до центра машини та спрямовуються до приймальних отворів молотильних апаратів. Останні переміщують качани вздовж охоплюючих пруткових дек 29, де відбувається їхнє обмолот. Стрижні качанів через задні вихідні отвори дек потрапляють на решето 26 та спрямовуються у шнек стрижнів 24.

Звідти разом із залишками, що надходять із решітного стану очисника, все викидається за межі машини на ґрунт. Обмолочене зерно, зібране з-під обох дек молотильних барабанів, спрямовується на решітний стан очисника. Там, за допомогою коливальних решіт 27, 28 і вентилятора 32, воно очищується від домішок і потрапляє на транспортер 13. Далі зерно подається вивантажувальним конвеєром 14 до причепа 15.

Регулювання. Нейтральне положення копирів у системі автоматичного управління налаштовують за допомогою регулювальних гайок тросів датчика кута повороту таким чином, щоб мітки на диску і нижній кришці датчика збігалися при встановленні керованих коліс паралельно поздовжній вісі комбайна. Одночасно мітка на кришці датчика зворотнього зв'язку повинна збігатися з міткою на важелі, який з'єднує ротор з поворотними кулачками керованих коліс.

Висоту зрізу встановлюють на рівні 100мм за допомогою гідроприводу, що відповідає за піднімання жатки комбайна.

Для забезпечення ефективного переміщення стебел кукурудзи живильними бітерами необхідно дотримуватися зазору між кромками лопатей

					КСКУ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

другого та третього бітерів і поверхнею днища похилої камери: 20...30мм при середній врожайності та 30...45мм при високій. Зазор налаштовується відповідно до умов роботи.

Переведення робочих органів машини, таких як жатка і труба подрібнювача, у транспортне або робоче положення, а також від'єднання причепа виконується комбайнером безпосередньо з кабіни, використовуючи гідравлічні пристрої.

Швидкість руху комбайна регулюється за допомогою важеля перемикачів передач у поєднанні з ножними педалями гідростатичного приводу. Ці педалі розташовані в кабіні, де також знаходяться елементи управління: рульове колесо, важіль стоянкового гальма, важіль подачі палива, важелі керування гідравлічною системою для підйому й опускання жатки, важіль керування поворотом дефлектора труби, важіль фіксації причіпного пристрою, важіль активації лебідки для причепа, механізм запуску дизеля, гальмівні педалі, рукоятка зміни передач і ввімкнення робочих органів.

На комбайні передбачено наявність світлових пристроїв, до яких входять: фари дальнього та ближнього світла для освітлення дороги, поворотні ліхтарі, робочі фари, плафон освітлення внутрішнього простору кабіни, лампи для підсвічування пристроїв, габаритні ліхтарі, стоп-сигнали, світлоповертачі тощо.

3.1.4. Аналіз недоліків конструкції машини та рекомендації щодо їх усунення

Досвід експлуатації комбайна у виробничих умовах дозволив виявити недоліки в конструкції машини та запропонувати заходи для їх усунення. Зокрема, на базових моделях машини було використано шестигранні протягувальні вальці. Однак така конструкція виявилася матеріаломісткою та демонструвала низьку ефективність прокочування стебел через прослизання рослинних залишків по поверхні граней під час роботи. Однозахідний шнек стебел нерівномірно подає останні до подрібнювача, чим погіршує відповідний процес.

					КСКУ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Для покращення ситуації пропонується замінити шестигранні вальці на чотирилопатеві протягувальні. Для транспортування зрізаної маси пропонується використати двозахідний шнек, що дозволить покращити стабільність виконання заданого технологічного процесу. Ці модернізації спрямовані на зменшення ваги конструкції, підвищення її пропускної здатності, загальної продуктивності та покращення стабільності виконання заданого технологічного процесу.

3.2. Технологічні розрахунки

3.2.1 Визначення параметрів протягу вальних вальців

Відповідні інженерні розрахунки виконуватимемо з використанням результатів теоретичних досліджень викладених вище.

В основу розрахунків покладемо основні морфологічні ознаки вітчизняного гібриду кукурудзи Гран 6 запропонованого агровиробникам ВНІС.

Так, для зазначеного гібриду характерні наступні цифрові характеристики качана та стебла:

- середній діаметр качана - $d_k = 52\text{мм}$;
- середній діаметр стебла - $d_c = 40\text{мм}$;
- середня маса качана - $q_k = 180...220\text{г}$
- середня урожайність - $Q = 110\text{ц/га}$;

Для зменшення ковзання стебел під час відривання качанів робочі поверхні вальців вдосконалюють, виготовляючи їх із різними форма ми поперечного перерізу [11,12,18].

З цією метою застосовуються вальці з поздовжніми ребрами, які забезпечують притискання та прокочування стебел. Таким чином, у формулу для розрахунку діаметра вальців додається приведений коефіцієнт тертя.

$$f_{np} = \mu \cdot f \quad (3.1)$$

де μ - коефіцієнт зчеплення робочої поверхні вальців зі стеблом

					КСКУ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

За умови застосування удосконалених вальців запропонованого типу і з урахуванням даних випробувань $f_{np} = 1,0$, тоді, враховуючи результати попередніх теоретичних досліджень отримаємо

$$D_g \geq \frac{40 - 13,5}{1 - \frac{1}{\sqrt{1 + 1,0^2}}} = 90,44 \text{ мм}$$

Призначаємо $D_g = 96 \text{ мм}$.

Отримане значення діаметра вальців корелюється зі значенням отриманим при проведенні теоретичних досліджень.

При визначенні довжини вальців дотримуємось наступних вимог.

Час проходження стебел між вальцями τ повинен дорівнювати або бути меншим часу t проходження комбайном шляху між двома рослинами в рядку,

$$\text{Тобто } \tau \leq t$$

Визначаємо відстань a між рослинами кукурудзи у рядку.

За умови, що співвідношення маси стебел і качанів 1:1 для гібрида Гран 6, продуктивність модернізованого комбайна КСКУ – 6 складе

$$Q = Q_{\text{кач}} + Q_{\text{ст}} = 110 \text{ ц} / \text{га} = 11000 \text{ кг} / \text{га}$$

Його годинна продуктивність з технічної характеристики (табл. 3.1)

$$W_{\text{год}} = 3,5 \text{ кг} / \text{год}$$

Масова продуктивність

$$W_m = W \cdot Q = 3,5 \cdot 11000 = 38500 \text{ кг} / \text{год} = 10,7 \text{ кг} / \text{с}$$

Кількість рослин на 1 га

$$N = \frac{Q}{2 \cdot q_n} = \frac{11000}{2 \cdot 0,2} = 27500 \text{ шт} \quad (3.2)$$

При міжряддях $b = 0,7 \text{ м}$ відстань між рослинами по довжині рядка:

$$a = \frac{10^4}{N \cdot b} = \frac{10^4}{27500 \cdot 0,7} = 0,51 \text{ м} \quad (3.3)$$

Зважаючи на те, що вальці розташовані під кутом α_g до поверхні поля їх довжина визначиться

$$l_g = \frac{a}{\sin \alpha_g} \quad (3.4)$$

					КСКУ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Тут $\alpha_g = 33^\circ$

Тоді

$$l_g = \frac{a}{\sin \alpha_g} = \frac{0,51}{\sin 33^\circ} = 0,93 \text{ м}$$

Зважаючи на те, що на 1га можливо розмістити від 20000 до 55000 рослин (згідно з агротехнічними вимогами він має збирати урожай кукурудзи в різних кліматичних умовах), максимально допустима відстань між рослинами залежатиме від загальної густоти посіву.

$$a_{\max} = \frac{10^4}{N \cdot b} = \frac{10^4}{20000 \cdot 0,7} = 0,7 \text{ м}$$

Максимальне значення довжини вальця

$$l_{\max g} = \frac{a}{\sin \alpha_g} = \frac{0,70}{\sin 33^\circ} = 1,3 \text{ м}$$

Остаточню призначаємо $l_g = 1,3 \text{ м}$

Для дотримання кінематичного режиму роботи вальців, які мають чотири ребра частота обертання останніх складає $n_g = 1100 \text{ об/хв}$ при робочій швидкості комбайна $V_m = 2,2 \text{ м/с} = 7,9 \text{ км/год}$.

4.2.2. Розрахунок параметрів шнека стебел

Шнек спрямовує листостеблову масу до середньої частини машини, звідки вона потрапляє в похилу камеру і в подальшому в подрібнювальний апарат. У модернізованій версії машини для покращення рівномірності подавання зазначеної маси в похилу камеру однозахідний шнек було замінено на двозахідний, який розміщено горизонтально у схемі машини.

Продуктивність шнека

$$Q_{ш} = 47,1 \left[(D_{ш} + 2\lambda)^2 - d^2 \right] \cdot t \cdot \lambda \cdot \psi \cdot n \cdot \gamma \cdot c, \text{ м/год} \quad (3.5)$$

де $D_{ш}$ – зовнішній діаметр гвинта шнека, м;

λ - зазор між зовнішнім крайкою гвинта і внутрішньою частиною кожуха, м;

Відповідно до рекомендації виробника $\lambda = 3 \dots 20 \text{ мм}$;

d – діаметр валу шнека;

					КСКУ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

t – крок гвинта, m ;

ψ - коефіцієнт заповнення;

n – частота обертання шнека, $об / хв$;

γ - об'ємна маса листостеблової маси, $т / м^3$;

c – коефіцієнт зниження продуктивності під впливом кута нахилу шнека.

Тоді, продуктивність шнека при урожайності гібриду Гран 6
 $Q = W_m = 110\psi / га$

$$Q_u = \frac{1}{2} W_m = \frac{1}{2} 110 = 55 м / га$$

За умови, що продуктивність комбайна складає до $3,5га / год$ годинна продуктивність шнека дорівнюватиме

$$Q_u^{год} = 3,5 \cdot 11 = 38,5 м / год$$

За рекомендаціями виробника приймаємо

$$D_u = 0,5 м; d = 0,3 м; \lambda = 0,02 м$$

Рекомендоване значення кроку шнека

$$t = (0,8 \dots 1,0) D_u = 0,92 \cdot 0,5 = 0,46 м \quad (3.6)$$

Об'ємна маса листостеблової маси

$$\gamma = 90 кг / м^3$$

За умови горизонтального розміщення шнека $c = 1,0$

Коефіцієнт заповнення $\psi = 0,4$

Частота обертання шнека

$$n_u = \frac{Q_u^{год}}{47,1 \left[(D_u + 2\lambda)^2 - d^2 \right] t \cdot \psi \cdot \gamma \cdot c} \quad (3.7)$$

Тут

$$n_u = \frac{38,5}{47,1 \left[(0,5 + 2 \cdot 0,02)^2 - 0,3^2 \right] 0,46 \cdot 0,4 \cdot 90 \cdot 10^{-3} \cdot 1,0} = 245,0 об / хв$$

Призначаємо $n_u = 245,0 об / хв$

3.3. Енергетичні розрахунки

3.3.1. Визначення потужності на відрив качанів

Відрив качанів відбувається під час їх контакту з відривними пластинами при прокочуванні стебел між протягувальними вальцями [11,12,18].

Потужність $P_{не}$, яка споживається парою вальців визначиться

$$P_{не} = P_{пит} \cdot q_n, кВт \quad (3.8)$$

де $P_{пит}$ - питома енергоємність пари вальців, $\frac{кВт}{кг/с}$;

q_n – продуктивність качановідокремлюючого апарату, $кг/с$.

Згідно даних КБ ТОВ НВП «Херсонський машинобудівний завод»

$$P_{пит} = 1,0 \dots 1,25 \frac{кВт}{кг/с}$$

Продуктивність відокремлювального апарату

$$q_n = W_m = 10,7 кг/с$$

При $P_{пит} = 1,25 \frac{кВт}{кг/с}$ отримаємо

$$P_{не} = 1,25 \cdot 10,7 = 13,4 кВт$$

Крутний момент T_0 на валу приводу вальців визначиться

$$T_0 = \frac{P_{не}}{z_в \cdot \omega_в}, кН \cdot м \quad (3.9)$$

де $\omega_в$ - кутова швидкість вальців;

$z_в = 6$ - кількість пар вальців.

$$\omega_в = \frac{\pi \cdot n_в}{30} = \frac{3,14 \cdot 1100}{30} = 115,1 рад/с \quad (3.10)$$

Практика показує, що при забиванні робочого зазору між вальцями момент T_0 може збільшитись в 3...5 рази [3,11,18]. Тому, при виконанні розрахунків на міцність складових качановідривного апарату, в тому числі і вальців потрібно користуватися значенням крутного моменту – $T_{max} = 5 \cdot T_0$.

Тоді

$$T_{max} = \frac{5 \cdot 13,4}{6 \cdot 115,1} = 0,10 кН \cdot м$$

					КСКУ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

4.3.2. Розрахунок потужності, яка витрачається на привод шнека.

Потужність, яка витрачається на транспортування маси стебел, залежить від продуктивності довжини шнеку, переміщення, фізико-механічних властивостей елементів кукурудзи та інше і може бути знайдена по формулі

$$N_{ш} = \frac{q_{ш} \cdot \lambda_{ш} (f \cdot \cos \alpha + \sin \alpha)}{102}, \text{кВт} \quad (3.11)$$

де $q_{ш}$ – секундна продуктивність шнека, кг/с ;

$\lambda_{ш} = 4,2\text{м}$ - довжина шнека;

$f = 1,2 \dots 1,3$ – коефіцієнт опору руху по поверхні кожуха листостеблової маси;

$\alpha = 0^\circ$ - кут нахилу шнека.

Секундна продуктивність шнека

$$q_{ш} = 38,5\text{т} / 360\text{с} = 10,7\text{кг} / \text{с}$$

Тоді

$$N_{ш} = \frac{10,7 \cdot 4,2 \cdot 1,0}{102} = 0,44\text{кВт}$$

3.4. Розрахунки на міцність

3.7.1. Розрахунок протягувальних вальців

Процес якісного відокремлювання качанів матиме місце за умови, що ступінь деформації стебел буде знаходитись в межах значень.

$$\psi = \frac{d_c - h}{d_c} = 0,06 \dots 0,07 \quad (3.12)$$

Причому значення опору стебел тиску $R_y = Q_y + F_y$ становить $0,64\text{кН}$.

Відрив качанів відбувається в точці C_1 , (рис. 3.2) положення якої визначається кутом γ

$$\gamma = (0,2 \dots 0,5)\alpha \quad (3.13)$$

Зусилля необхідне для відриву качанів у процесі прокочування дорівнює

$$R_{np} = 2(F_x + Q_x) = 0,35 \dots 0,8\text{кН} \quad (3.14)$$

Отже, кожен протягувальний валець зазнає впливу згинаючих моментів у вертикальній площині від прикладених зусиль $P_{nl} = \frac{P_{np \max}}{2}$, у горизонтальній

					КСКУ 00.000 ПЗ		Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			33

площині від відповідних навантажень $R_y = 0,64кН$, а також крутного моменту T , що виникає через тертя стебла об поверхню вальців. Кількість стебел, які проходять крізь зазор між вальцями під час відокремлення качанів. $K_0 = 3$.

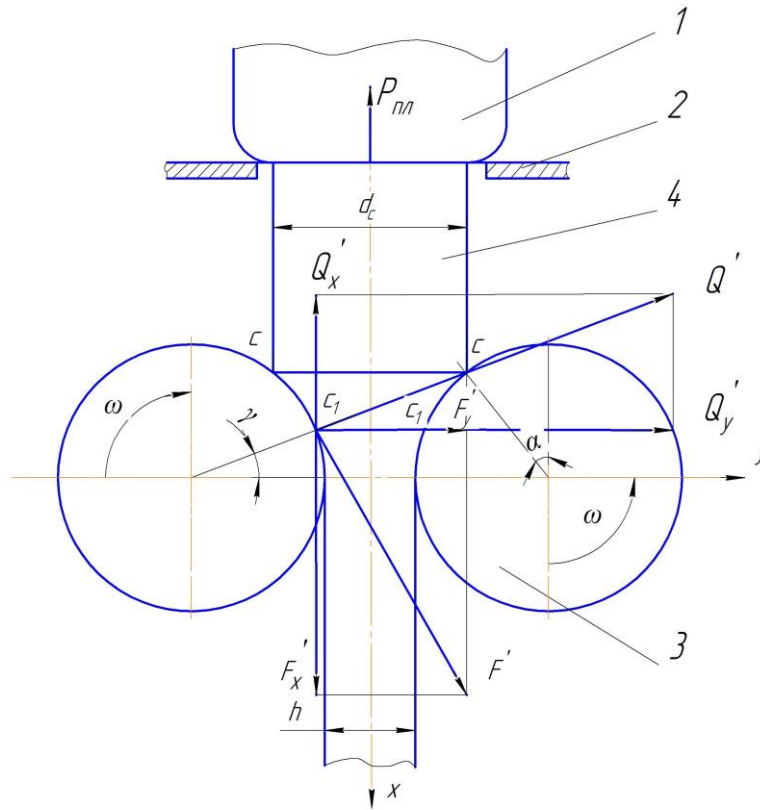


Рис. 3.2. Схема до розрахунку навантаження на вальці: 1-качан; 2-відривні пластини; 3-протягувальний валець; 4-стебло.

Для розрахунку міцності вальця обираємо найкритичніший випадок, коли зусилля діє у вертикальній площині.

$$P_{nl} = \frac{P_{nl\max}}{2} = \frac{0,7}{2} = 0,35кН \quad (3.15)$$

У горизонтальній площині діє реакція $R_y = 0,64кН$.

Кутова швидкість вальців $\omega_g = 115,1с^{-1}$, їх радіус $r_g = 0,48м$, затрачена потужність на приведення в дію пари вальців.

$$P = \frac{P_{ng}}{6} = \frac{13,4}{6} = 2,2кВт$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Число стебел у руслі $K_0 = 3$, робоча довжина вальців $l = 840\text{мм}$ (відстань між опорами).

На рис. 3.3 наведена розрахункова схема вальців а також епюри згинаючих M_y і M_x та крутного моментів T .

У розрахунковій схемі стебла розміщені на рівній відстані між опорами $c = \frac{l}{4} = 0,21\text{м}$. Це є найнебезпечнішим варіантом, оскільки ймовірність того, що одночасно всі три стебла опиняться в одному перерізі D дорівнює нулю.

На рис. 3.3 маємо епюру згинаючих моментів у вертикальній площині. Розраховуємо реакції в опорах.

$$\sum M_p = 0$$

$$P_{ni} \cdot c + P_{ni} \cdot 2c + P_{ni} \cdot 3c - R_{BY} \cdot l = 0 \quad (3.16)$$

$$R_{BY} = \frac{6P_{ni} \cdot c}{l} = \frac{6 \cdot 0,35 \cdot 0,21}{0,84} = 0,525\text{кН}$$

$$R_{AY} = R_{BY} = 0,525\text{кН}$$

$$\text{Перевірка } \sum Y = 0$$

$$R_{AY} - 3P_{ni} + R_{BY} = 0$$

$$0,525 - 3 \cdot 0,35 + 0,525 = 0$$

Момент в перерізах

$$\text{Точка А } M_Y = 0$$

$$\text{Точка С } M_Y = R_{AY} \cdot c = 0,525 \cdot 0,21 = 0,11\text{кНм}$$

$$\text{Точка D } M_Y = R_{AY} \cdot 2c - P_{ni} \cdot c = 0,525 \cdot 0,42 - 0,35 \cdot 0,21 = 0,147\text{кНм}$$

$$\text{Точка E } M_Y = R_{BY} \cdot c = 0,525 \cdot 0,21 = 0,11\text{кН} \cdot \text{м}$$

$$\text{Точка B } M_Y = 0$$

Будуємо епюру M_Y

Горизонтальна площина.

Будуємо епюру згинаючих моментів.

Визначаємо реакції в опорах

$$\sum M_A = 0$$

					КСКУ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$R_{BY} \cdot c + R_Y \cdot 2c + R_{BY} \cdot 3c - R_{BZ} \cdot l = 0$$

$$R_{BZ} = \frac{6R_{BY} \cdot c}{l} = \frac{6 \cdot 0,525 \cdot 0,21}{0,84} = 0,79 \text{ кН}$$

$$R_{AZ} = R_{BZ} = 0,79 \text{ кН}$$

Момент у перетинах

Точка А $M_Z = 0$

Точка С $M_Z = R_{AZ} \cdot c = 0,79 \cdot 0,21 = 0,166 \text{ кНм}$

Точка D $M_Z = R_{AZ} \cdot 2c - P_{ni} \cdot c = 0,79 \cdot 0,42 - 0,35 \cdot 0,21 = 0,258 \text{ кНм}$

Точка E $M_Z = R_{BZ} \cdot c = 0,79 \cdot 0,21 = 0,166 \text{ кН} \cdot \text{м}$

Точка B $M_Z = 0$

Будуємо епюру M_Z

Епюра сумарних згинаючих моментів

$$M = \sqrt{M_Y^2 + M_Z^2} \quad (3.17)$$

Точка А $M_{II} = 0$

Точка С $M_{II} = \sqrt{0,11^2 + 0,166^2} = 0,199 \text{ кНм}$

Точка D $M_{II} = \sqrt{0,147^2 + 0,258^2} = 0,296 \text{ кНм}$

Точка E $M_{II} = \sqrt{0,11^2 + 0,166^2} = 0,199 \text{ кНм}$

Точка B $M_{II} = 0$

Будуємо епюру M_{II}

З попередніх розрахунків та зважаючи на можливі перевантаження величина крутного моменту на валу складає

$$T_{\max} = 0,10 \text{ кНм}$$

В перерізах, де стебла контактують з вальцем крутний момент визначиться

$$T_1 = T / 3 = 0,10 / 3 = 0,033 \text{ кНм}$$

Отримуємо епюру крутних моментів T .

Розрахунковий приведенний момент по III теорії міцності

					КСКУ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

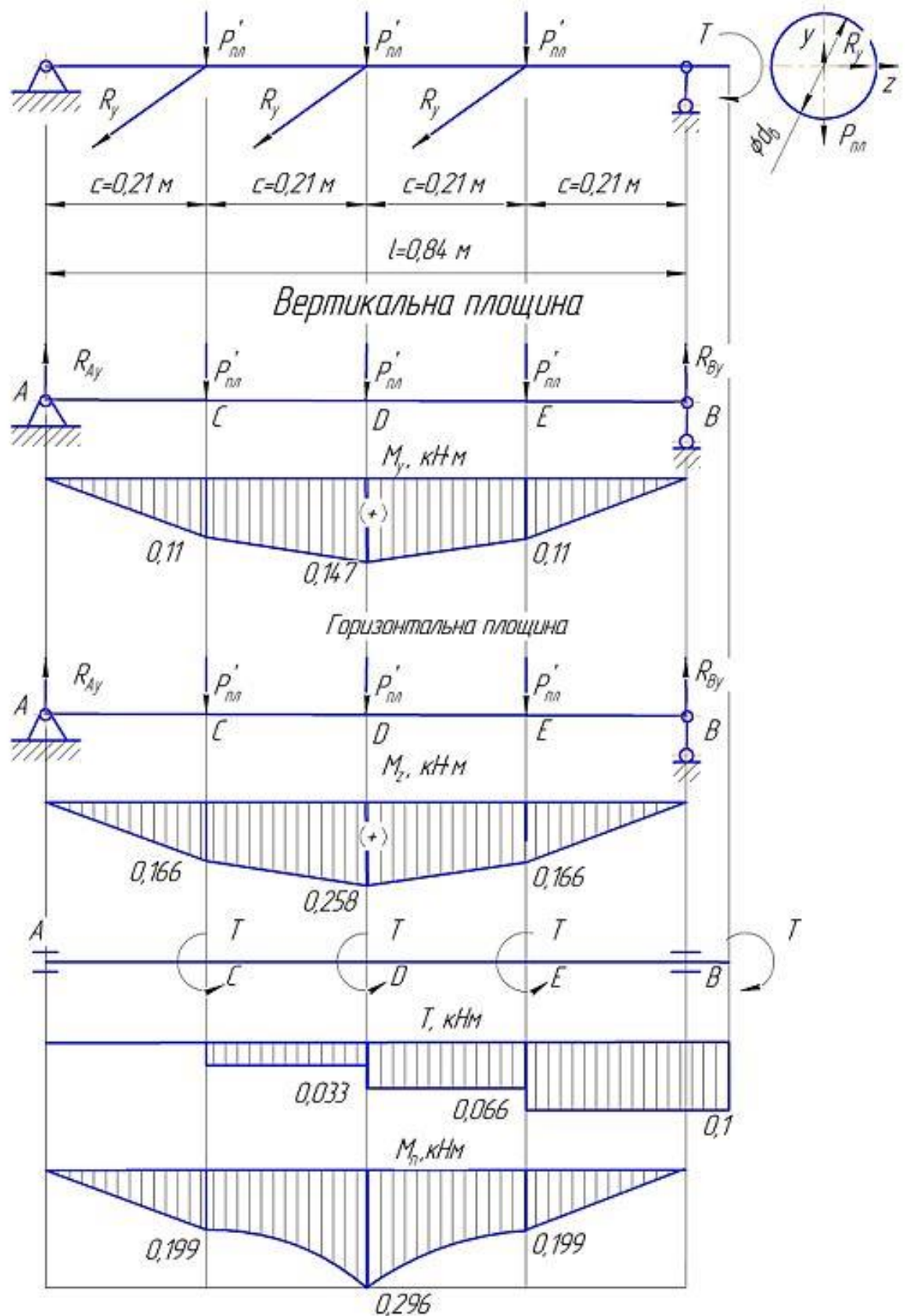


Рис. 3.3. Схема навантаження вальця, епюри згинаючих і крутного моментів M_y , M_z , T .

Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$M_{np} = \sqrt{M_{II}^2 + T^2} \quad (3.18)$$

$$M_{np} = \sqrt{0,296^2 + 0,1^2} = 0,312 \text{ Нм}$$

Небезпечним є переріз "D".

Перевірочний розрахунок перерізу протягувальних вальців на міцність

$$\sigma = \frac{M_{np}}{W_z} \leq [\sigma] \quad (3.19)$$

Момент опору W_z для конструктивно призначених параметрів вальця.

Профіль запропонованих вальців створений з чотирьох кутиків №40/25(ГОСТ8510–72) з параметрами (рис. 3.4)

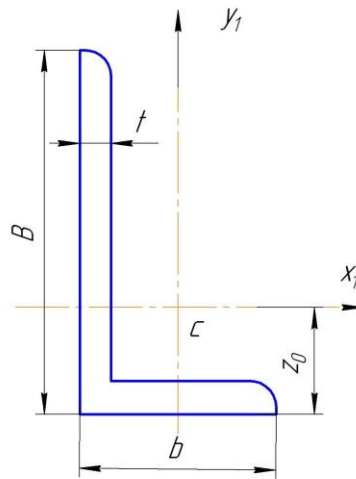


Рис. 3.4. Параметри кутика №40/25(ГОСТ8510–72)

$$B = 4,0 \cdot 10^{-2} \text{ м}; b = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}; t = 0,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}; A = 2,63 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

$$Z_0 = 1,41 \cdot 10^{-2} \text{ м}; Y_{x1} = 4,5 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4; Y_{y1} = 1,22 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$$

Для перерізу (рис. 3.5)

а) положення центра ваги

$$Z_c = \frac{B+t}{2} = \frac{4,0+0,5}{2} \cdot 10^{-2} = 2,25 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

б) момент інерції

$$Y_z = Z(Y_{z1} + A \cdot Y_1^2 + Y_{z2} + A \cdot Y_z^2)$$

$$Y_{z1} = Y_{y1} = 1,22 \cdot 10^{-2} \text{ м}^4$$

$$Y_{z2} = Y_{x1} = 4,05 \cdot 10^{-2} \text{ м}^4$$

$$Y_1 = Z_c - t + Z_0 = (2,25 - 0,5 + 1,41) \cdot 10^{-2} = 3,16 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

$$Y_2 = Z_c - Z_0 = (2,25 - 1,41) \cdot 10^{-2} = 0,24 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$Y_z = 2(1,22 + 2,63 \cdot 316^2 + 4,05 + 2,63 + 0,84^2) 10^{-2} = 33,39 \cdot 10^{-2} \text{ м}^4$$

в) МОМЕНТ ОПОРУ

$$W_z = \frac{Y_z}{Y_{\max}}$$

$$Y_{\max} = Z_c - t + b = (2,25 - 0,5 + 2,5) \cdot 10^{-2} = 4,25 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$W_z = \frac{33,39 \cdot 10^{-6}}{4,25} = 7,86 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

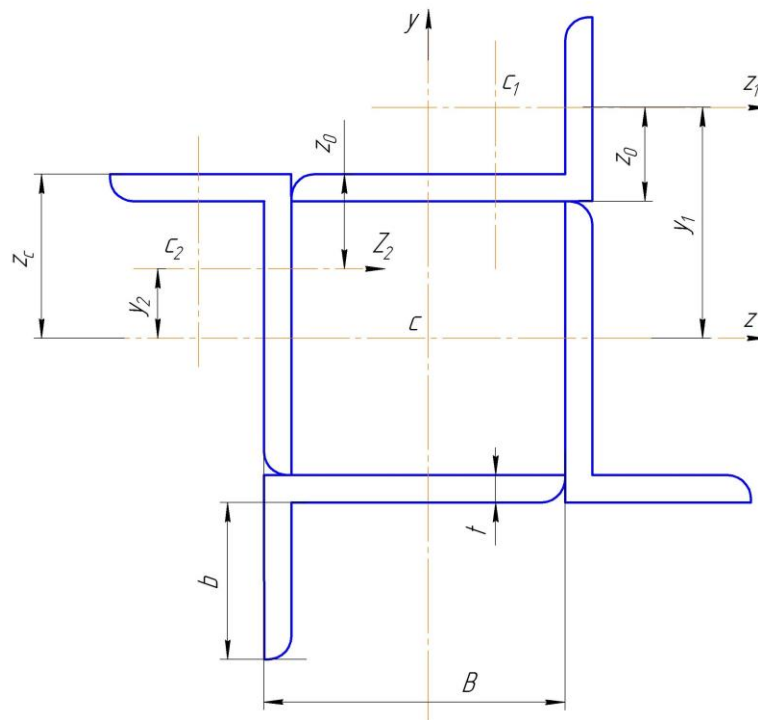


Рис. 3.5. Переріз вальців

$$\sigma = \frac{0,312 \cdot 10^3}{7,86 \cdot 10^6} = 39,7 \text{ мПа} \leq \sigma_{\max} = 70 \text{ мПа}$$

Умова міцності виконується.

Висновки по розділу. За результатами аналізу конструктивних особливостей качановідривного апарату пропонується встановити чотирилопатеві вальці замість шестигранних, які сприятимуть зменшенню маси конструкції на 9,5кг і підвищенню робочої швидкості з 6,9км/год до 8,2км/год. Виконано відповідні розрахунки Для транспортування зрізаної маси

використано двозахідний шнек, що дозволить покращити стабільність виконання заданого технологічного процесу.

					КСКУ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

4. Охорона праці.

4.1. Аналіз та оцінка ризиків, пов'язаних із виникненням небезпечних і шкідливих чинників під час роботи комбайна КСКУ-6.

У процесі виконання робіт із застосуванням комбайна механізатори можуть зазнавати впливу таких небезпечних та шкідливих виробничих факторів:

Фізичні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- рухомі машини й механізми (переміщення самого агрегату, робота машин, які обслуговують комбайн);
- підвищена запиленість і загазованість повітря у робочій зоні;
- надто висока або низька температура поверхонь обладнання;
- екстремальна температура повітря у робочій зоні (підвищена чи знижена);
- високий рівень шуму на робочому місці;
- посилена вібрація;
- надлишкова або недостатня вологість повітря;
- підвищена або знижена струменевість повітря;
- небезпечна напруга в електричному ланцюгу, замикання якого може проходити через тіло людини (особливо під час виконання робіт під лініями електропередач);
- накопичення високого рівня статичної електрики;
- недостатнє природне освітлення або погана освітленість робочої зони (особливо при роботах у вечірній і нічній час);
- надмірна яскравість світла;
- знижена контрастність зображення у зоні роботи;
- пряме або відбите бликове світіння;
- гострі краї, задирки і шорсткості на елементах рами та робочих органах кукурудзозбирального комбайна;
- розташування робочого місця на значній висоті відносно рівня поверхні.

					КСКУ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Хімічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- речовини, що подразнюють або впливають на репродуктивну функцію, такі як пестициди, агрохімікати, відпрацьовані гази, високі концентрації пилу, що містить SiO₂, паливно-мастильні матеріали (ПММ).

Психофізіологічні небезпечні та шкідливі фактори:

- фізичні перевантаження (як статичні, так і динамічні);
- нервово-психічні перевантаження через монотонність роботи;

Джерела шкідливих і небезпечних факторів можуть бути:

- зовнішні метеорологічні умови і явища;
- рухомий транспорт;
- техніка й механізми, що застосовуються у технологічних процесах із збирання кукурудзи та догляду за рослинами;
- неправильний режим роботи обладнання;
- інженерні комунікації;
- пестициди й агрохімікати;
- непридатний інвентар, інструменти чи обладнання для виконання робочих операцій;
- виконання ручних робіт, що спричиняють фізичні або нервово-психічні перевантаження;
- відкриті обертові або рухомі деталі комбайна;
- відсутність захисної кабіни або каркасу на комбайні;
- несправність системи запуску двигуна з кабіни;
- відсутність або несправність блокувального пристрою запуску пускового двигуна при ввімкненій передачі;
- несправна гальмівна система машин;
- поломка зчеплення;
- дефекти рульового управління;
- відсутність або поломка освітлювальних і контрольно-вимірювальних пристроїв.

					КСКУ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

- підтікання технологічних рідин;
- відсутність пристроїв для запобігання потраплянню технологічної сировини і рослинних залишків на поверхню теплообмінних частин радіатора, охолоджувальної системи і системи випуску відпрацьованих газів двигуна.
- наявність небезпек через брак попереджувальних знаків і написів на комбайні.
- відсутність чітких інструкцій з охорони праці та пожежної безпеки.

4.2. Заходи щодо створення комфортних і безпечних умов праці.

Рівень шуму в кабіні комбайна становить 75дБ при частоті коливань 1000Гц , що відповідає санітарно-гігієнічним нормам і технічним регламентам.

Для зменшення впливу шуму та вібрації передбачені такі заходи:

- встановлення глушників шуму на випускній трубі комбайна;
- оснащення сидіння тракториста амортизатором;
- облицювання внутрішньої поверхні кабіни пористими звукопоглинальними матеріалами;
- використання вібропоглинальних ковриків для покриття підлоги, які також виконують функцію ізоляторів у випадку контакту з електричним струмом при пошкодженні проводів і їхньому падінні на комбайн;
- застосування в'язких мастил для змазування контактуючих деталей, які створюють удари.

Температура повітря в кабіні підтримується в діапазоні $13\text{...}22^{\circ}\text{C}$, рівень вологості становить $40\text{--}60\%$, швидкість руху повітря не перевищує $0,2\text{...}0,5\text{м/с}$, а інтенсивність теплового випромінювання не більше 174Вт/м^2 . Необхідні параметри мікроклімату досягаються завдяки використанню кондиціонера, вентилятора та інших пристроїв.

Забезпечення освітлення в кабіні здійснюється загальним освітлювальним приладом, закріпленим на стелі, для компенсації недостатнього природного світла.

Освітлення окремих приладів здійснюється за допомогою додаткових ламп.

					КСКУ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Під час пересування шляхами загального вжитку необхідно додержуватися «Правил дорожнього руху». З настанням темряви переїзд комбайна шляхами загального вжитку заборонено.

Висновки по розділу. Після проведення аналізу небезпечних і шкідливих виробничих факторів, а також можливих ризиків їх виникнення, були розроблені заходи для їх зниження.

					КСКУ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

5. Економічна частина

При виборі того чи іншого технічного засобу (комбайна) для збирання кукурудзи на зерно потрібно, тому числі, враховувати економічну доцільність.

Вирішальне значення в цьому виборі мають площі вирощування даної культури. При збиранні урожаю з великих площ використовують потужну високопродуктивну самохідну техніку. На невеликих площах здебільшого використовують малогабаритну дво- або трирядну причіпну техніку. Недоліком останньої є досить обмежений функціонал та низька продуктивність.

Примітно, що на полях можна бачити не лише закордонні машини, а й комбайни українського виробництва. До останніх можна віднести кукурудзозбиральний комбайн КСКУ-6. Це єдина вітчизняна самохідна машина здатна виконувати повний комплекс робіт при збиранні кукурудзи на зерно. В процесі багаторічної експлуатації машини машина зарекомендувала себе з найкращої сторони. Але, в процесі виконання магістерської роботи проведено не лише теоретичні дослідження, а й виявлено недоліки в конструкції качановідривного апарату, а саме, протягувальних вальців.

Для покращення їх експлуатаційних показників пропонується замінити шестигранні вальці на чотирилопатеві протягувальні вальці. Для транспортування зрізаної маси використано двозахідний шнек, що дозволить покращити стабільність виконання заданого технологічного процесу. Ця модернізація спрямована на зменшення ваги конструкції, підвищення її пропускної здатності та загальної продуктивності. Загалом вага конструкції зменшилась на 9,5кг. Запропоновані удосконалення сприяли підвищенню робочої швидкості з 6,9км/год до 8,2км/год.

Зменшення ваги машини дозволить отримати економічний ефект у виробника, а збільшення її робочої швидкості сприятиме підвищенню продуктивності, і як результат, отриманню економічного ефекту у споживача модернізованого комбайна.

					КСКУ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Таким чином, запропоновані розробки є економічно вигідними і зроблять даний комбайн більш конкурентним на ринку аналогічної техніки.

					КСКУ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

6. Висновок.

На основі проведених досліджень та розрахунків можна зробити такі загальні висновки.

1. Урожай кукурудзи на зерно збирають як у качанах за під час роздільного комбайнування, так і в обмолоченому стані при прямому комбайнуванні.

2. Встановлено, що вітчизняні та іноземні виробники створюють і рекомендують споживачам спеціальні самохідні, причіпні, начіпні та монтуемі комбайни для реалізації цих методів.

3. Обґрунтовано параметри протягувальних вальців качановідривного апарата, де теоретична залежність діаметра вальців від діаметра стебла кукурудзи та коефіцієнта тертя дозволяє підібрати вальці для конкретних робочих умов.

4. Пропонуються встановити чотирилопатеві вальці замість шестигранних, які сприятимуть зменшенню маси конструкції на 9,5кг і підвищенню робочої швидкості з 6,9км/год до 8,2км/год.

5. Обґрунтовано параметри двозахідного шнека для транспортування зрізаної маси, що дозволить покращити стабільність виконання заданого технологічного процесу.

6. Аналіз економічної ефективності удосконаленого комбайна засвідчили, що теоретичні дослідження та конструкторські розробки виявилися ефективними. Як мінімум, зменшення маси машини дозволить отримати економічний ефект у виробника машини, а збільшення її робочої швидкості сприятиме підвищенню продуктивності, і як результат, отриманню економічного ефекту споживачу модернізованого комбайна.

					КСКУ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Список використаної літератури

1. Амосов, В. В. Математичне моделювання процесів і машин : навч. посіб. : [для студентів агротехнічних спеціальностей] / В. В. Амосов, В. М. Сало, М. О. Свірень. Кропивницький : Лисенко В.Ф., 2022. 218 с.
2. Андрійчук В. Г. Економіка підприємств агропромислового комплексу: підручник / В. Г. Андрійчук. – К. : КНЕУ, 2013. – 779 с.
3. Бендера І.М., Рудь А.В., Козій Я.В. та ін.. Проектування сільськогосподарських машин. Навчальний посібник для виконання курсових проектів з розробки сільськогосподарської техніки при підготовці фахівців напряму 6.100202 “Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва”. –Кам’янець-Подільський: ФОП Сисин О.В., 2011.- 640 с.
4. Боженко В.О. Сільськогосподарські машини та їх використання: Навчальний посібник. Київ: Аграрна освіта, 2009. 420 с.
5. Войтюк Д.Г., Дубровін В.О., Іщенко Т.Д. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник. Київ : Вища освіта, 2004. 544 с.
6. Гольдшмідт О.В. Аналіз технологічного процесу відокремлення качанів кукурудзи. “Вісник ХДТУ сільського господарства”. / О.В. Гольдшмідт, О.В. Бондаренко -Вип..7, 2001, с. 239 – 245.
7. Графічні символи: Кольори та знаки безпеки. Частина 1. Принципи проектування знаків безпеки для робочих місць та місць градського призначення: ДСТУ ISO 3864-1:2005.– [Чинний від 2005-05-25].– К: Держстандарт України, 2006. 25 с.
8. ДСТУ 2189-93 Система стандартів безпеки праці. Машини сільськогосподарські навісні та причіпні. Загальні вимоги безпеки. Зі зміною № 1 та поправкою.
9. Деталі машин. Розрахунок та конструювання [Текст] : підручник / Г. В. Архангельський, М. С. Воробйов, В. С. Гапонов [та ін.]. Київ : Талком, 2014. 684 с.
10. Експлуатація машино-тракторного парку в аграрному виробництві /

					КСКУ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

В. Ю. Ільченко, П. І. Карасьов, А. С. Лімот та ін.; За ред. В. Ю.Ільченка. – К.: Урожай, 1993. – 288 с.

11. Кукурудзозбиральні комбайни: теоретичні основи, конструкція, проектування / К.І. Шмат, О.Е. Самарін, Є.І. Бондарєв, О.В. Мигальов. – К.: Кондор, 2009.– 140 с.

12. Машини для збирання зернових та технічних культур: Посібник (колектив авторів за ред. В.І. Кравчука). Дослідницьке. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. 2009. 296с.

13. Методи проектування сільськогосподарських машин : навчальнометодичний посібник до курсового проектування / Т.А. Довбуш, Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2019. 72 с.

14. Основи агрономії: Навчальний посібник / Левицька Ю. М., Шевніков М. Я., Бакума А. В. – К.: Аграрна освіта, 2008. – 382 с.

15. Основи механізації сільськогосподарського виробництва: Навч. посібник. / І.І. Ріпка, Я.В. Семен, О.М. Крупич, І.М. Бендера, А.В. Рудь –Львів: ЛНАУ, 2013. –224 с.

16. Павлище В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: Підручник / В. Т. Павлище. – К.: Вища школа, 1993. – 560 с.

17. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин : підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. Кривий Ріг : Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2015. 492 с.

18. Сисолін П.В. та ін. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студент. вищ. навч. закл. із спец. «Машини та обладн. с.-г. вир-ва» / За ред. М.І. Черновола. Кн. 2: Машини для рільництва / П.В. Сисолін, Т.І. Рибак, В.М. Сало; За ред. М.І. Черновола. – К.: Урожай, 2002.-364 с.

19. Сільськогосподарські машини : навч. посіб. / Войтюк Д.Г. та ін. Київ : "Агроосвіта", 2017. 180 с.

20. Сільськогосподарські машини : підручник / Войтюк Д.Г. та ін. К.: "Агроосвіта", 2015. 679 с.

					КСКУ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

21. Філімоніхін, Г. Б. Опір матеріалів. Частина 1 : навч. посіб. / Г. Б. Філімоніхін, В. В. Пирогов, Л. С. Олійніченко. Кропивницький : ЦНТУ, 2024. 165 с.

22. . Цілинский В.П. Охорона праці в рослинництві / В.П. Цілинский. – К.: «Урожай», 1991. – 136 с.

23. Кукурудзяні жатки OROS. UR/L: <https://agrodoctor.ua/uk/content/364-kukurudzyani-zhatki-oros>.

24. Кукурудзяна статистика: площі, валовий збір та урожайність зернової за 2017-2024. [URL:https://superagronom.com/articles/764-kukurudzyana-statistika-ploschi-valoviy-zbir-ta-urojajnist-zernovoyi-za-2017-2024-rr](https://superagronom.com/articles/764-kukurudzyana-statistika-ploschi-valoviy-zbir-ta-urojajnist-zernovoyi-za-2017-2024-rr).

25. Сучасна технологія вирощування кукурудзи на зерно. [URL:https://uapg.ua/blog/suchasna-tehnologiya-viroshhuvannya-kukurudzi-na-zerno/](https://uapg.ua/blog/suchasna-tehnologiya-viroshhuvannya-kukurudzi-na-zerno/)

					КСКУ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Додатки

					КСКУ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

