

Центральноукраїнський національний технічний університет

Міністерство освіти і науки України

Агротехнічний факультет

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

«Допущено до захисту»

Зав. кафедрою СГМ

д.т.н., професор

_____ Микола СВІРЕНЬ

«___» _____ 2021 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за ступенем вищої освіти «Магістр»

на тему:

**«Механізація вирощування кукурудзи з обґрунтуванням
параметрів кукурудзозбиральної приставки»**

Виконав студент II курсу групи АІ-20М-(1,4)-2
спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Микола ШЕВЧУК

«___» _____ 2021 р.

Керівник проекту

професор, кандидат технічних наук

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

«___» _____ 2021 р.

Рецензент _____

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет: АГРОТЕХНІЧНИЙ

Кафедра: СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

Рівень вищої освіти: МАГІСТР

Галузь знань: 20 АГРАРНІ НАУКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВО

Освітньо-професійна програма: 208 АГРОІНЖЕНЕРІЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Микола СВІРЕНЬ

«__» _____ 2021 року

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

Шевчук Микола Миколайович

1. Тема роботи: **«Механізація вирощування кукурудзи з обґрунтуванням параметрів кукурудзозбиральної приставки»**
2. Керівник роботи: Васильковський О.М., канд. техн. наук, професор
3. Строк подання студентом роботи до захисту: 10.12.2021 року
4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи: удосконалити технологію вирощування кукурудзи на зерно та підвищити ефективність збирання качанів

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
	Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Пояснювальна записка	01.12.2021	
2	Ілюстративна частина	10.12.2021	
3	Перевірка роботи на доброчесність	10.12.2021	
4	Захист роботи	10-25.12.2021	

Дата видачі завдання

«10» вересня 2021 р.

Підпис керівника _____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

Завдання прийнято до виконання

«10» вересня 2021 р.

Підпис здобувача _____ Микола ШЕВЧУК

[illegible]

ЗМІСТ

1. Вступ	6
2. Технологічна частина	7
3. Науково-дослідна частина	18
4. Охорона праці	41
5. Економічна частина	44
6. Висновки	45
Список використаної літератури	46
Додатки	48

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

1. ВСТУП

Україна є одним з найбільших виробників і експортерів зерна кукурудзи у Європі. Площі посівів цієї культури в нашій державі сягають понад 5 млн. га, що становить близько 15% всього обсягу орних земель. Тож підвищення ефективності її вирощування є актуальним і перспективним завданням для науковців і аграріїв.

Ступінь механізованості процесів у технології вирощування кукурудзи достатньо великий – тут практично відсутня ручна праця. Тож шляхами підвищення ефективності виробництва зерна може бути удосконалення старої, або застосування нової техніки, що дасть змогу підвищити продуктивність, знизити витрати палива, зменшити втрати, або покращити якість урожаю тощо.

Аналіз технологічних карт фермерських господарств дозволив виявити певні недоліки. Одним з найбільш розповсюдженим недоліком, на нашу думку, є використання малопродуктивних збирачів качанів типу ККП-3 (Херсонець-9). Вони мають певні переваги – малу вартість і простоту, оскільки рушієм виступає трактор, з яким агрегуються, можливість відносно раннього збирання урожаю, що позбавляє втрат від можливої негоди. Основним недоліком такої технології є те, що кукурудза збирається у качанах і вимагає подальшого обмолоту, збільшуючи витрати часу, праці, палива тощо.

Метою актуальної магістерської кваліфікаційної роботи є удосконалення технології вирощування кукурудзи, а також підвищення ефективності роботи збиральної приставки.

					MP 00. 000 ПЗ			
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				
Розроб.	Шевчук				Пояснювальна записка		Літ.	Аркуш
Перевір.	Васильковський							6
Н.контр.	Мачок						ЦНТУ, гр. AI-20M(1,4)-2	
Затв.	Свірень							

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1. Особливості кукурудзи

Кукурудза як рослина сприяє у сівоzmінах очищенню полів від великої кількості бур'янів, практично не має спільних шкідників та хвороб з зерновими культурами, а біологічна урожайність по зерну, при сприятливих умовах, і дотриманні оптимальної технології вирощування може сягати 200 ц/га.

Фізико-механічні властивості кукурудзи різних сортів і гібридів у різних фазах стиглості суттєво відрізняються, але під час її збирання, більшість районованих в Україні мають схожу характеристику: висота рослин 1,2-4,0 м; висота розташування качанів 0,4-2,2 м над рівнем ґрунту; діаметр стебла біля комелю (у місці зрізу) – 20-45 мм, середня довжина качанів – 150-250 мм; середній діаметр качанів – 35-50 мм; маса одного качана – 150-250 г.

2.2. Аналіз технології вирощування кукурудзи на зерно

Попередники. В якості попередника при вирощуванні кукурудзи приймаємо пшеницю.

Лущення стерні пшениці проводять на глибину 7...8 см лущильниками ЛДГ-5А, ЛДГ-10А, ЛДГ-15А, OPTIMER+ від Lemken [1], або іншими, агрегатуючи їх тракторами відповідного тягового класу. Луцильники ЛДГ-5А задовільно працюють у комплекті з тракторами тягового класу 1,4 т (МТЗ-80/82 тощо). З тракторами класу 3 т (Т-150/150К, ДТ-75 тощо) агрегатують лущильники ЛДГ-10А і ЛДГ-15А. Поля лущать впоперек напрямку руху збиральних агрегатів при швидкості руху до 12-15 км/год.

Вимоги до лущення: відхилення середньої глибини обробки не більше ± 2 см; поверхня поля після лущення повинна бути рівною, верхній шар – дрібно грудкуватим; розвальна борозна у стикові середніх батарей не більше 8 см.

Внесення добрив. Перед оранкою в ґрунт вносять всю норму фосфору і калію і половину норми азотних добрив. Другу половину добрив

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

навесні перед, або разом з культивацією. Органічні добрива вносять розкидачами органічних добрив РОД-6 (РОУ-6, TSW-2120T від Bergmann [2] тощо). Розкидачі органіки агрегатують з тракторами класу 3т (Т-150К або іншими).

Для внесення мінеральних добрив застосовують розкидачі МВУ-0,5, МВУ-6, РДМ-6 [3]. Агрегатують розкидачі з тракторами типу МТЗ-80/83.

Вимоги до розкидання: відхилення дози внесення від заданої $\pm 5\%$, нерівномірність внесення мінеральних добрив по ширині агрегату $\pm 15\%$, нерівномірність внесення органічних добрив по ширині агрегату $\pm 25\%$, нерівномірність внесення добрив вздовж руху агрегату $\pm 10\%$.

Оранку здійснюють плугами загального призначення ПЛН-5-35 на глибину 27...32 см. Однак, за наявності у господарстві, краще використовувати оборотні плуги типу MASTER 123 від Kuhn [4], або інші. Оборотні плуги забезпечують більшу продуктивність за рахунок зниження кількості холостих рухів в процесі розвороту орного агрегату. При основному обробітку заорюються рослинні залишки, органічні і мінеральні добрива, розуцільнюється ґрунт, насичується повітрям і затримується волога.

Відхилення глибини оранки від заданої не повинно бути більшим $\pm 5\%$ на рівних ділянках. На нерівних допустиме відхилення $\pm 10\%$. Відхилення технологічної ширини плуга від конструктивної $\pm 10\%$. Гребені борозен не більше 5 см. При оранці ширина і товщина шарів повинні бути стабільними. Добрива і рослинні рештки і мають бути повністю загорнуті. Крім того, не допускаються скриті огріхи, і глибокі розвальні борозни.

Вирівнювання ґрунту проводять навесні, при настанні його фізичної стиглості причіпними котками ЗЗККШ-6, КДП-6, ККШ-10 ПМ або іншими [5], які агрегатуються з тракторами тягового класу 1,4-2 т.

При роботі котків не допускаються необроблені ділянки.

Передпосівну культивацію виконують культиваторами типу КПС-4, або широкозахватними машинами КШУ-12 КПГ-11, АК-11,6 [6] та ін.

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

Культивацію проводять перед посівом у стислі строки. Відхилення глибини обробітку від заданої не більше ± 1 см. Скриті огріхи обробки не допускаються.

Сівба насіння кукурудзи розпочинається при температури ґрунту не менше $10...12^{\circ}\text{C}$ на глибині загортання. Тривалість посівних робіт не більше 5-6 днів. Сіють кукурудзу начіпними пневматичними сівалками Весна-8/12, VENZA-8, VEGA-6/8, VESTA-6/8 [7,8] тощо. Трактор для агрегування – класу 1,4, а краще 2 т.

Гранично допустимі відхилення: норми висіву насіння – $5...8\%$, інтервалу між насінням – 30% , глибини розміщення насіння у борозні ± 1 см.

Відхилення ширини основних міжрядь ± 1 см, стикових – ± 3 см.

Сівба насіння кукурудзи на одному полі має бути здійсненою протягом одного-двох днів.

Прикочування посівів виконують кільчасто-шпоровими котками 3ЗКШ-6, або іншими – КДП-6, ККШ-10 ПМ тощо.

Міжрядну культивуацію проводять для знищення бур'янів, рихлення ґрунту та підживлення посівів. Обробіток міжрядь виконують просапним культиваторами КРН-5,6, КРНФ-5,6 або іншими [9] на глибину $6...10$ см.

Вимоги: Огріхи, необроблені смуги, пошкодження рослин не допускаються. Захисні зони встановлюють залежно від віку рослин. При внесенні туків, відхилення норми від заданої не повинне перевищувати $\pm 5\%$. Нерівномірність по ширині $\pm 15\%$, а по довжині гону $\pm 10\%$.

Обприскування. Комплект гербіцидів Дублонтм Тріо при обприскуванні в фазі 3-5 листків забезпечує захист від основних бур'янів [10]. Обприскування здійснюють причіпними машинами ОП-2000, BOGUSLAV АТЛАНТ 4000-28/32/36, або іншими [11].

Обприскування необхідно проводити у суху безвітряну, бажано хмарну погоду вдень, або у сонячну – рано вранці, або увечері. Перед обприскуванням необхідно завчасно повідомити найближчі територіальні громади і пасічників.

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

Збирання кукурудзи у качанах виконують причіпними, або самохідними кукурудзозбиральними комбайнами ККП-3, КСКУ-6, Berko-025 [12] тощо.

Збирання качанів з обмолотом здійснюють зернозбиральними комбайнами – СК–5 «Нива» із застосуванням приставки-пристрою кукурудзозбирального ППК-4 або комбайнами сімейства Дон-1500, Славутич, які оснащують приставками КМД-6, КМС-6/8 та ін.

Слід зазначити, що менш затратною технологією збирання є комбайнування з обмолотом качанів, яке, однак, можна застосовувати при низькій вологості зерна в качанах для запобігання його пошкодження.

Серед основних вимог, що висуваються до роботи збирального агрегату виділимо наступні:

- втрати вільного зерна за комбайном – не більше 0,7%;
- повнота збирання качанів – не менш ніж 98,5%;
- недомолот качанів – на більше 1,2%;
- кількість зерна у силосній масі – не більше 0,8%;
- вміст шматків стрижнів качанів та стебел у воросі кукурудзи – не більше 4%;
- подрібнення зерна кукурудзи – не більше 2,5%;

Очищення зернового вороху кукурудзи здійснюють на току зерноочисними машинами ОВП-20, ОВС-25, СВС-15/25, ОВМ-25 та їх імпортними аналогами.

Вимоги: вміст у продовольчому зерні сторонніх домішок не більше 8%, вміст зернових домішок – до 15%. Чистота насіння I та II класів не менше 98%. Кількість пошкодженого насіння до 1% (за масою).

Провівши аналіз базової технології вирощування кукурудзи на зерно нами визначено основний напрямок її вдосконалення – заміну засобу збирання зернозбирального комбайну СК–5 “Нива”, оснащеного приставкою ППК-4 на комбайна Дон-1500, оснащеного пристроєм КМД-6.

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

2.3. Розробка операційно–технологічної карти збирання кукурудзи на зерно

Розрахунки проводимо для обраного (Дон-1500 з приставкою КМД-6) та базового (СК-5 “Нива” з приставкою ППК-4) агрегатів

Робоча швидкість агрегату визначається за умов забезпечення балансу потужності [13] с. 158

$$V_p = \frac{N_d}{k_d \cdot R_{пр} + k_d \cdot R_p}, \quad (1)$$

де $N_d = 173$ кВт і– потужність двигуна Дон-1500;

$N_d^б = 109$ кВт – потужність двигуна “Нива”;

$k_d = 0,85$ – коефіцієнт завантаження двигуна;

$R_{пр}$ - потужність на перекочування комбайну кВт;

R_p - потужність холостого ходу.

Потужність на перекочування агрегату визначається за формулою

$$R_{пр} = \frac{f_m \cdot G_m + f_{п} \cdot G_{п}}{270 \cdot \eta_t} \quad (2)$$

де $f_m, f_{п}$ - коефіцієнти перекочування. $f_m = f_{п} = 0,1$ [13] ;

$G_m = 13600$ кг – маса кукурудзозбирального комбайна Дон-1500 з приставкою КМД-6;

$G_m^б = 11700$ кг – маса базового кукурудзозбирального агрегату ;

$\eta_t = 0,8$ – коефіцієнт корисної дії трансмісії комбайна.

Тоді потужність на перекочування агрегатів становитиме відповідно:

$$R_{пр} = \frac{0,1 \cdot 13800}{270 \cdot 0,80} = 6,3 \text{ кВт}$$

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

$$R_{\text{пр}}^{\delta} = \frac{0,1 \cdot 11700}{270 \cdot 0,80} = 5,4 \text{ кВт}$$

Потужність на збирання:

$$R_p = \frac{\varepsilon \cdot B \cdot Y}{360}, \quad (3)$$

де $\varepsilon = 7 \dots 9 \text{ кВт} \cdot \text{с} / \text{кг}$ – питома енергоємність на 1 кг маси в секунду;

B - ширина захвату агрегату;

$Y = 180 \text{ ц/га}$ – загальна середня урожайність кукурудзи (при 90 ц/га – зерна).

Ширина захвату агрегатів, відповідно:

$$B = b \cdot n = 0,7 \cdot 6 = 4,2 \text{ м} \quad (4)$$

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

де $b = 0,7 \text{ м}$ – міжряддя кукурудзи;

$n = 6$ для нового агрегату;

$n^{\delta} = 4$ для базового агрегату.

Тоді технологічна потужність агрегатів:

$$R_p = \frac{8 \cdot 4,2 \cdot 180}{360} = 16,8 \text{ кВт}$$

$$R_p^{\delta} = \frac{8 \cdot 2,8 \cdot 180}{360} = 11,2 \text{ кВт}$$

Таким чином, максимальна швидкість комбайна за визначеного балансу потужності буде

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

$$V_p = \frac{173}{0,85 \cdot (6,3 + 16,8)} = 8,81 \text{ км/год.}$$

$$V_p^{\delta} = \frac{109}{0,85 \cdot (5,4 + 11,2)} = 7,72 \text{ км/год.}$$

Розрахунки будемо виконувати за умов швидкості руху базового агрегату 7,5 км/год., а модернізованого – 8,5 км/год.

Технологічна продуктивність комбайну:

$$Q_T = 0,1 \cdot B \cdot V = 0,1 \cdot 4,2 \cdot 8,5 = 3,57 \text{ га/год.} \quad (5)$$

$$Q^{\delta} = 0,1 \cdot 2,8 \cdot 7,5 = 2,1 \text{ га/год.}$$

Оперативна продуктивність:

$$Q_{оп} = Q_T \cdot \tau, \quad (6)$$

де τ - коефіцієнт оперативної продуктивності:

$$\tau = \frac{1}{1 + 0,1 \cdot t_{доп} \cdot V \cdot B} \quad (7)$$

де $t_{доп}$ - допоміжний час:

$$t_{доп} = \frac{100 \cdot t_{пов}}{z \cdot b \cdot L \cdot y_k} \quad (8)$$

де $t_{пов} = 0,02$ год. – час повороту агрегату [14] табл. 38;

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

$b = 0,7$ м – ширина одного міжряддя;

$L = 1,5$ км – середня довжина гонів;

$Y_k = 90$ ц/га – урожайність качанів (середня);

Допоміжний час:

$$t_{\text{доп}} = \frac{100 \cdot 0,02}{6 \cdot 0,7 \cdot 1,5 \cdot 90} = 0,005 \text{ год.}$$

$$t_{\text{доп}}^{\delta} = \frac{100 \cdot 0,02}{4 \cdot 0,7 \cdot 1,5 \cdot 90} = 0,008 \text{ год.}$$

Коефіцієнт оперативної продуктивності:

$$\tau = \frac{1}{1 + 0,1 \cdot 0,005 \cdot 8,5 \cdot 4,2} = 0,98$$

$$\tau^{\delta} = \frac{1}{1 + 0,1 \cdot 0,008 \cdot 7,5 \cdot 2,8} = 0,98$$

Оперативна продуктивність становитиме

$$Q_{on} = 3,57 \cdot 0,98 = 3,5 \text{ га/год.}$$

$$Q_{on}^{\delta} = 2,1 \cdot 0,98 = 2,0 \text{ га/год.}$$

Умовний радіус повороту агрегату [13]:

$$\rho_y = \rho_{\min} + \frac{K_{\Pi}}{\pi \cdot \rho_{\min}}, \quad (9)$$

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

де $\rho_{\min}=3,6$ м – мінімальний радіус повороту комбайна (рис.1);

κ_{Π} - коефіцієнт поворотливості агрегату.

Коефіцієнт поворотливості агрегату [13] с.56:

$$\kappa_{\Pi} = \frac{LV_{\Pi}}{\omega}, \quad (10)$$

де $L=3,06$ м – база комбайну;

$V_{\Pi}=2-4$ км/год. Приймаємо $V_{\Pi}=2$ км/год = 0,55 м/с – швидкість у повороті;

ω - кутова швидкість коліс.

Найбільша кутова швидкість коліс у повороті:

$$\omega_{\max.} = \frac{\pi \cdot n}{30} \quad (11)$$

де n - частота обертання навколо вісі.

$$n = \frac{30 \cdot V}{\pi \cdot \rho_{\min}} = \frac{30 \cdot 0,55}{3,14 \cdot 3,6} = 1,47 \text{ об/хв} \quad (12)$$

Значить

$$\omega_{\max} = \frac{3,14 \cdot 1,47}{30} = 0,15 \text{ рад/с.}$$

Найменша кутова швидкість повороту коліс:

$$\omega_{\min} = \frac{V_{\Pi}}{\rho_{\max}} \quad (13)$$

де $\rho_{\max}$ - найбільший радіус повороту.

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

Найбільший радіус повороту:

$$\rho_{\max} = \rho_{\min} + B = 3,6 + 2,28 = 5,88 \text{ м}, \quad (14)$$

де $B=2,28$ м – ширина колії.

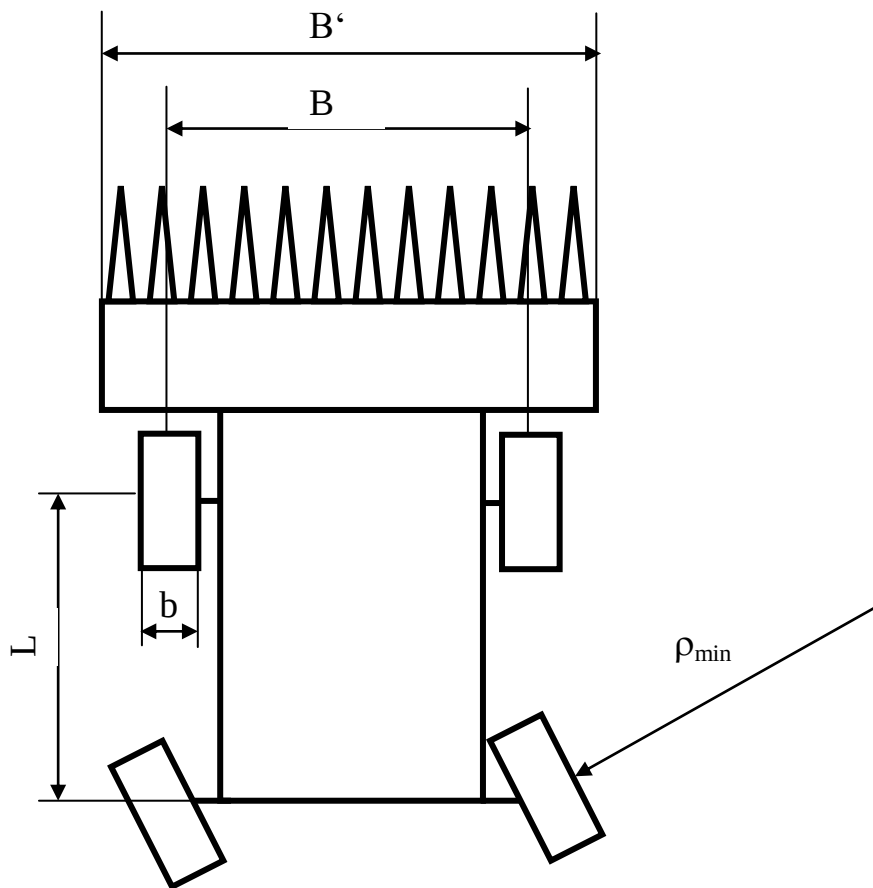


Рис.3.1. Схема повороту комбайна.

Значить

$$\omega_{\min} = \frac{0,55}{5,88} = 0,09 \text{ рад/с.}$$

Середня кутова швидкість:

$$\omega = \frac{0,15 + 0,09}{2} = 0,12 \text{ рад/с.}$$

Коефіцієнт поворотливості агрегата

$$\kappa_n = 3,6 \cdot \frac{0,55}{0,12} = 16,5$$

Умовний радіус повороту:

$$\rho_y = 3,6 + \frac{16,5}{3,14 \cdot 3,6} = 5,06 \text{ м.}$$

У кінці кожної заїмки потрібно лишати смуги для холостих рухів агрегатів. Ширина смуги залежить від типу повороту агрегата та його довжини (складу).

Ширина поворотної смуги для нашого випадку, коли застосовано безпетлеві повороти:

$$E = 1,5R_{\min} + L_a \quad (15)$$

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

L_a – кінематична довжина машини, м.

Мінімальний радіус повороту визначається за формулою:

$$R_{\min} = 1,7 \cdot B = 1,7 \cdot 4,2 = 7,14 \text{ м} \quad (16)$$

де $B = 4,2$ м — ширина агрегату, м.

Приймаємо для подальших розрахунків $R_{\min} = 7,2$ м.

Кінематичну довжину агрегатів визначають за формулою:

$$L_a = L_{\text{а}} + L_{\text{п}} = 1,9 + 2,2 = 4,1 \text{ м} \quad (17)$$

де $L_{\text{а}} = 1,9$ м — кінематична довжина комбайна;

$L_{\text{п}} = 2,2$ м — кінематична довжина причепа;

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

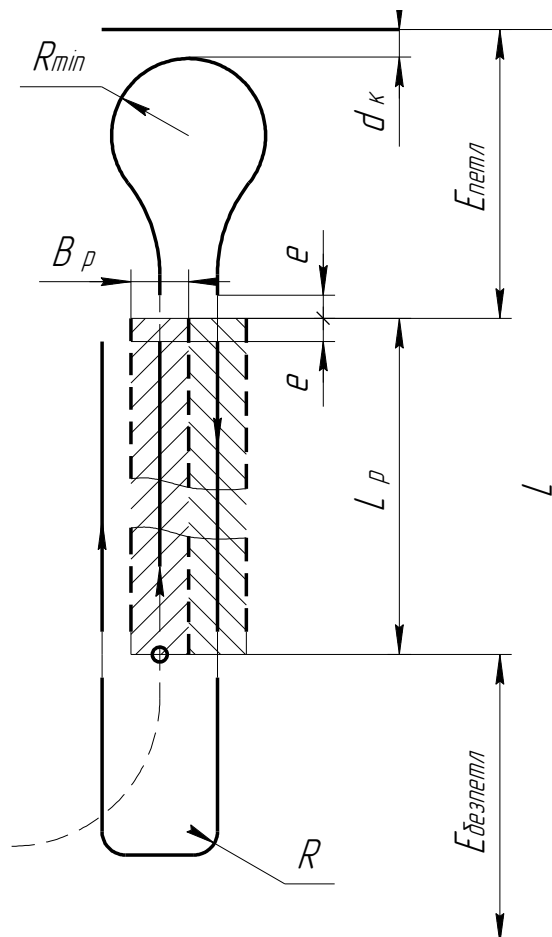


Рис. 3.3. Схема руху агрегату в загинці

Тоді ширина поворотної смуги буде становити

$$E = 1,5 \cdot 7,14 + 4,1 = 14,81 \text{ м}$$

Ширину смуги приймемо кратною робочій ширині агрегату.

Кратність проходів:

$$\kappa = \frac{E}{B} = \frac{14,81}{4,2} = 3,5 \quad (18)$$

Приймемо $\kappa=4$.

Тож, ширина смуги повороту:

$$E = \kappa \cdot B = 4 \cdot 4,2 = 16,8 \text{ м} \quad (19)$$

Оскільки збиральний агрегат не симетричний, то поле розіб'ємо на загінки.

Оптимальна ширина загінки:

$$C_{opt} = \sqrt{2(LB + 8R_{\min}^2)} = \sqrt{2(1500 \cdot 4,2 + 8 \cdot 7,14^2)} = 115,8 \text{ м} \quad (20)$$

де $L = 1500$ м – довжина загінки, м.

Оптимальну ширину загінки узгодимо з шириною агрегату.

Кратність заїздів:

$$\kappa = \frac{C_{opt}}{B} = \frac{115,8}{4,2} = 27,6 \quad (21)$$

Приймемо $\kappa=28$.

Уточнена ширина загінки:

$$C'_{opt} = \kappa \cdot B = 28 \cdot 4,2 = 117,6 \text{ м (або 168 рядків)}$$

Кількість заїздів визначається за формулою:

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot F}{L \cdot C'_{opt}} = \frac{10^4 \cdot 120}{1500 \cdot 117,6} = 6,8 \quad (22)$$

де $F = 120$ га – площа поля;

Тривалість циклу:

$$T_u = \frac{12 \cdot L_p}{10^2 \cdot V} + 2t_n, \quad (25)$$

де L_p - робоча довжина у загінці, м;

$t_n = 0,5$ хв. - час повороту [13] с.203.

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

Робоча довжина у загінці

$$L_p = L - 2 \cdot E = 1500 - 2 \cdot 16,8 = 1466,4 \text{ м}, \quad (26)$$

де $L = 1000$ м – середня довжина загінки, м;

Тривалість циклу:

$$T_{\text{ц}} = \frac{12 \cdot 1466,4}{100 \cdot 8,5} + 2 \cdot 0,5 = 21,7 \text{ хв.} = 0,362 \text{ год.}$$

Циклова технічна продуктивність:

$$W_{\text{ц}} = 0,1 \cdot B \cdot V \cdot T_{\text{ц}} \cdot \tau = 0,1 \cdot 4,2 \cdot 8,5 \cdot 0,362 \cdot 0,98 = 1,29 \text{ га/цикл} \quad (27)$$

Кількість циклів за робочу зміну:

$$n_{\text{ц}} = \frac{W_{\text{зм}}}{W_{\text{ц}}}, \quad (28)$$

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

$$W_{\text{зм}} = Q_{\text{оп}} \cdot T_{\text{зм}} \cdot \tau = 3,5 \cdot 7 \cdot 0,98 = 24,01 \text{ га/зм}, \quad (29)$$

де $T_{\text{зм}} = 7,0$ год - час зміни.

Кількість циклів за одну робочу зміну:

$$n_{\text{ц}} = \frac{24,01}{1,29} = 18,61 \text{ цикл./зм.}$$

Приймаємо $n_{\text{ц}} = 18$ циклів за робочу зміну.

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

Визначимо теоретичну витрату палива

$$Q_{\text{га}} = \frac{Q_{\text{зм}}}{W_{\text{зм}}}, \quad (30)$$

де $Q_{\text{зм}}$ - витрата палива за зміну, кг/зм.;

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

$$Q_{\text{зм}} = Q_p \cdot T_p + Q_x \cdot t_x + Q_z \cdot t_z, \quad (31)$$

де Q_p , Q_x , Q_z - відповідно годинні витрати палива комбайну Дон-1500 при роботі, холостому переміщенні та на зупинках; $Q_p=24\dots35$ кг/год; $Q_x=14\dots17$ кг/год; $Q_z = 3,5\dots4,5$ кг/год.

T_p , t_x , t_z - час робочих рухів, холостих переміщень і зупинок

Приймемо для розрахунку максимальні значення, оскільки комбайн працює з кукурудзозбиральною приставкою.

Чистий робочий час:

$$T_p = T_{\text{зм}} \tau = 7 \cdot 0,98 = 6,86 \text{ год.}$$

Час холостих рухів і час зупинок:

$$t_x = t_z = \frac{T_{\text{зм}} - T_p}{2} = \frac{7 - 6,86}{2} = 0,07 \text{ год} \quad (32)$$

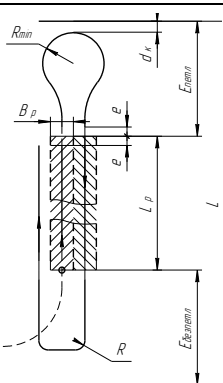
$$Q_{\text{зм}} = 35 \cdot 6,86 + 17 \cdot 0,07 + 4,5 \cdot 0,07 = 241,6 \text{ кг/зм.}$$

На основі розрахунків складемо операційно-технологічну карту (таблиця 3.1) і представимо її у графічній частині роботи.

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

Таблиця 3.1.

Операційно-технологічна карта на збирання кукурудзи

Назва груп показників	Параметри, вимоги, нормативи	Схеми
Умови роботи	Площа - 120 га, середня довжина гонів - 1500 м, ширина поля - 800 м.	
Агротехнічні вимоги	Втрати вільного зерна за комбайном – не більше 0,7%; повнота збирання качанів – не менш ніж 98,5%; недомолот качанів – не більше 1,2%; кількість зерна у силосній масі – не більше 0,8%; вміст шматків стрижнів качанів та стебел у воросі кукурудзи – не більше 4%; подрібнення зерна кукурудзи – не більше 2,5%;	
Склад агрегату і підготовка до роботи	Комбайн самохідний Дон-1500. Приймач-пристрій КМД-6. Підготовка: щозміни робити ТО агрегату; висота зрізу стебел 10-15 см; відстань між відривними пластинами 18-25 мм.	
Підготовка поля	Перед початком роботи агрегату поле необхідно оглянути. Усунути перешкоди. Забезпечити: - ширину заїнок 117,6 м, або 168 рядків; - ширину поворотної смуги 16,4 м.	
Спосіб руху	Спосіб руху - загінковий, спосіб повороту – грушевидний на початку заїнки і надалі - безпетлевий	
Швидкість руху	Робоча передача - II, Робоча швидкість 8,5 км/год	
Показники організаційного процесу	Тривалість циклу – 21,7 хв., продуктивність за цикл – 1,29 га/цикл; змінна продуктивність – 24,08 га/зм; кількість циклів за зміну – 18 цикл/зм; витрати дизелю – 241,6 кг/зм.	
Контроль за якістю роботи комбайну КСКУ-6	При оцінці якості збирання враховуються такі показники: незібраних качанів повинно бути не більше 1,5%, втрати зерна не більше – 0,5%, висота зрізу – 10...15 см, незібраних ділянок не допускається.	

3. НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1. Опис об'єкта досліджень і удосконалення

Об'єктом досліджень і удосконалення є процес протягування стебел качановідривним апаратом кукурудзозбиральної приставки.

Качановідривний апарат (рис. 3.1) складається з двох основних складових одиниць: протягувальних вальців 1 і відривних пластин 2.

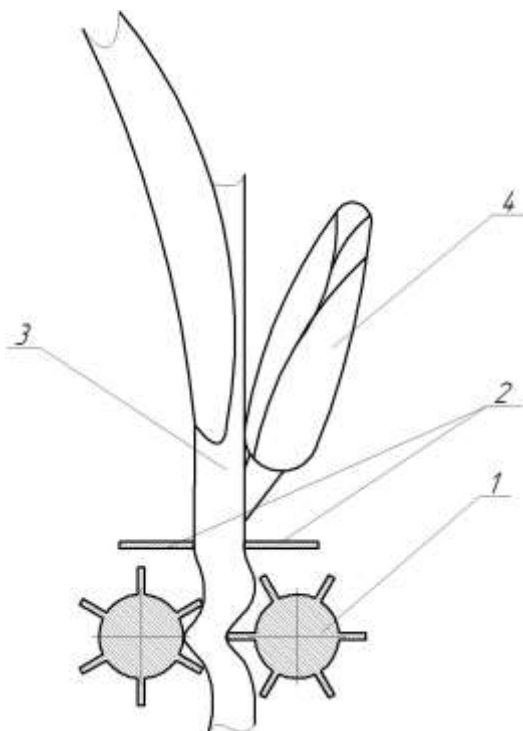


Рис. 3.1. Відривний апарат кукурудзозбирального комбайну

Основною проблемою в роботі качановідривних апаратів у реальних умовах є неузгодженість параметрів: «діаметр стебла» – d , «зазор між вальцями» – δ та «зазор між відривними пластинами» – h . Дана неузгодженість впливає у підвищений рівень проковзування стебел – внаслідок великого зазору δ і малих значень d і h , і погіршення роботи апарата за рахунок забивання. Іншою проблемою є зменшений зазор між вальцями δ при великих діаметрах d і малій відстані h , яка проявляється у відриванні частини стебла, разом з качаном і погіршення роботи наступних органів – транспортера, молотарки тощо.

З метою розробки рекомендацій щодо співвідношення даних параметрів проведемо експериментальні дослідження процесу протягування стебел вальцями серійної машини у лабораторних умовах.

3.2. Методика проведення дослідів

Досліди будемо проводити шляхом реалізації плану повного факторного експерименту (ПФЕ 2^3).

Критерієм оцінки Y обрали швидкість протягування стебла. Швидкість протягування повинна бути якомога ближчою до колової швидкості вальців, тобто рух має бути з мінімальним проковзуванням. При цьому не повинно спостерігатись відривання стебел.

Діючими факторами обрали: X_1 – діаметр стебла кукурудзи біля комелю, X_2 – зазор між вальцями і X_3 – зазор між відривними пластинами.

Експерименти проводили на лабораторній установці (рис. 3.2).



Рис. 3.2. Процес протягування стебла відривним апаратом

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

МР 00. 000 ПЗ

Арк.

24

Для проведення ПФЕ 2^3 ми встановили наступні рівні варіювання факторів (табл. 3.1). Швидкість розраховували при відомих значеннях довжини стебел, шляхом вимірювання часу протягування стебла.

Таблиця 3.1

Результати кодування факторів

Фактор	Натуральне позначення	Кодове позначення	Інтервал варіювання	Рівні варіювання					
				натуральні			кодові		
				верхній	нульовий	нижній	верхній	нульовий	нижній
Діаметр стебла, мм	d	X_1	5	30	25	20	+1	0	-1
Зазор між вальцями, мм	δ	X_2	10	30	20	10	+1	0	-1
Зазор між відривними пластинами, мм	h	X_3	6	30	24	18	+1	0	-1

Для його опису використаємо неповне квадратне рівняння:

$$y = \theta_0 + \theta_1 \cdot x_1 + \theta_2 \cdot x_2 + \theta_3 \cdot x_3 + \theta_{1,2} \cdot x_1 \cdot x_2 + \theta_{1,3} \cdot x_1 \cdot x_3 + \theta_{2,3} \cdot x_2 \cdot x_3$$

Для побудови плану-матриці дослідів кодували фактори, перевівши їх у безрозмірні величини (табл.3.2).

Для зниження похибок, досліди проводили у трикратній повторності.

Таблиця 3.2

План-матриця факторного експерименту ПФЕ 2^3

Номер досліду	Значення кодових факторів			Взаємодія кодових факторів		
	x_1	x_2	x_3	$x_1 x_2$	$x_1 x_3$	$x_2 x_3$
1	-1	-1	-1	+1	+1	+1
2	+1	-1	-1	-1	-1	+1
3	-1	+1	-1	-1	+1	-1
4	+1	+1	-1	+1	-1	-1
5	-1	-1	+1	+1	-1	-1
6	+1	-1	+1	-1	+1	-1
7	-1	+1	+1	-1	-1	+1
8	+1	+1	+1	+1	+1	+1

3.3. Результати експериментальних досліджень

Значення мас підсіву після проведення кожного дослідів наведено у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Умови проведення дослідів

Номер дослідів	Значення кодових факторів			Швидкість протягування			Середнє значення у, $\bar{Y}_n, \%$
				за повторностями			
	x_1	x_2	x_3	I Y_{u1}	II Y_{u2}	III Y_{u3}	
1	-1	-1	-1	0,4	0,42	0,39	0,403
2	+1	-1	-1	0,44	0,45	0,46	0,450
3	-1	+1	-1	0,17	0,20	0,20	0,190
4	+1	+1	-1	0,31	0,29	0,30	0,300
5	-1	-1	+1	0,39	0,41	0,41	0,403
6	+1	-1	+1	0,50	0,49	0,49	0,493
7	-1	+1	+1	0,16	0,19	0,20	0,183
8	+1	+1	+1	0,28	0,31	0,31	0,300

Перевірку відтворюваності дослідів здійснювали за критерієм Кохрена:

$$G = \frac{S_{u\max}^2}{\sum_{u=1}^n S_u^2} \leq G(0,05; n; f_u),$$

де $G(0,05; n; f_u)$ – табличне значення критерію Кохрена; $S_{u\max}^2$ – найбільша із дисперсій; 0,05 – означає 5% - й рівень значущості; n – число незалежних оцінок дисперсій (кількість дослідів);

$f_u = m_0 - 1$ – число ступенів вільності; m_0 – число повторностей.

$$S_u^2 = \frac{1}{m_0 - 1} \cdot \sum_{i=1}^{m_0} (Y_{ui} - Y_{u.cp})^2,$$

де S_u^2 – дисперсія, що характеризує розсіювання результатів в u -му досліді;
 i – номер повторюваності; Y_{ui} – вихідний параметр при i -й повторюваності.

Розрахункові дисперсії

$$S_{u1}^2 = \frac{1}{3-1} \cdot (0,4 - 0,403)^2 + (0,42 - 0,403)^2 + (0,39 - 0,403)^2 = 0,00023.$$

$$S_{u2}^2 = \frac{1}{3-1} \cdot (0,44 - 0,45)^2 + (0,45 - 0,45)^2 + (0,46 - 0,45)^2 = 0,0001.$$

$$S_{u3}^2 = \frac{1}{3-1} \cdot (0,17 - 0,19)^2 + (0,20 - 0,19)^2 + (0,20 - 0,19)^2 = 0,0003.$$

$$S_{u4}^2 = \frac{1}{3-1} \cdot (0,31 - 0,30)^2 + (0,29 - 0,30)^2 + (0,30 - 0,30)^2 = 0,0001.$$

$$S_{u5}^2 = \frac{1}{3-1} \cdot (0,39 - 0,403)^2 + (0,41 - 0,403)^2 + (0,41 - 0,403)^2 = 0,00013.$$

$$S_{u6}^2 = \frac{1}{3-1} \cdot (0,50 - 0,493)^2 + (0,49 - 0,493)^2 + (0,49 - 0,493)^2 = 0,0003.$$

$$S_{u7}^2 = \frac{1}{3-1} \cdot (0,16 - 0,183)^2 + (0,19 - 0,183)^2 + (0,20 - 0,183)^2 = 0,00043.$$

$$S_{u8}^2 = \frac{1}{3-1} \cdot (0,28 - 0,30)^2 + (0,31 - 0,30)^2 + (0,31 - 0,30)^2 = 0,0003.$$

Розрахункове значення критерію Кохрена становитиме

$$G = \frac{0,00043}{0,00023 + 0,0001 + 0,0003 + 0,0001 + 0,00013 + 0,0003 + 0,00043 + 0,0003} = 0,0001$$

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

Табличне значення Кохрена $G(0,05;8;2)=0,516$, що більше розрахункового. Таким чином виконується умова і процес відтворюється.

Коефіцієнти статистичної математичної моделі (рівняння регресії) визначимо за формулами:

$$b_0 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{u=1}^n y_{u.cp} ,$$

$$b_i = \frac{1}{n} \cdot \sum_{u=1}^n x_{iu} \cdot y_{u.cp} ,$$

$$b_{ij} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{u=1}^n x_{iu} \cdot x_{ju} \cdot y_{u.cp} ,$$

де x_{iu} – значення i -го кодового фактора в рядку матриці в u -му досліді;
 x_{ju} – значення j -го кодового фактора в рядку матриці в u -му досліді.

Підставивши відповідні значення у формули отримаємо:

$$b_0 = \frac{1}{8} \cdot (0,403 + 0,45 + 0,19 + 0,3 + 0,403 + 0,493 + 0,183 + 0,3) = 0,34$$

$$b_1 = \frac{1}{8} \cdot (-0,403 + 0,45 - 0,19 + 0,3 - 0,403 + 0,493 - 0,183 + 0,3) = 0,045$$

$$b_2 = \frac{1}{8} \cdot (-0,403 - 0,45 + 0,19 + 0,3 - 0,403 - 0,493 + 0,183 + 0,3) = -0,097$$

$$b_3 = \frac{1}{8} \cdot (-0,403 - 0,45 - 0,19 - 0,3 + 0,403 + 0,493 + 0,183 + 0,3) = 0,0046$$

$$b_{1,2} = \frac{1}{8} \cdot (0,403 - 0,45 - 0,19 + 0,3 + 0,403 - 0,493 - 0,183 + 0,3) = 0,0113$$

$$b_{1,3} = \frac{1}{8} \cdot (0,403 - 0,45 + 0,19 + -0,3 - 0,403 + 0,493 - 0,183 + 0,3) = 0,0062$$

$$b_{2,3} = \frac{1}{8} \cdot (0,403 + 0,45 - 0,19 - 0,3 - 0,403 - 0,493 + 0,183 + 0,3) = -0,006$$

					МР 00. 000 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

Таким чином, статистична математична модель, що описує процес протягування стебел має вигляд:

$$y = 0,34 + 0,045 \cdot x_1 - 0,097 \cdot x_2 + 0,0046 \cdot x_3 + 0,0113 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,0062 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0,006 \cdot x_2 \cdot x_3$$

Перевірку адекватності рівняння проводимо за F-критерієм Фішера. Адекватність матиме місце, якщо:

$$F = \frac{S_{ad}^2}{S_y^2} < F(0,05; f_{ad}; f_y),$$

де S_{ad}^2 – дисперсія адекватності; $F(0,05; f_{ad}; f_y)$ – критерій Фішера на 5% рівні значущості; f_{ad} – число ступенів вільності дисперсії адекватності:

$$f_{ad} = n - k - 1, = 8 - 3 - 1 = 4.$$

де k – число факторів; f_y – число ступенів вільності дисперсії відтворення:

$$f_y = n \cdot (m_0 - 1) = 8 \cdot (3 - 1) = 16.$$

Дисперсія S_{ad}^2 обчислюється за формулою:

$$S_{ad}^2 = \frac{1}{n - k - 1} \cdot \sum_{u=1}^n (Y_u - Y_{u.cp})^2,$$

де Y_u – розрахункове значення відгуку в i -му досліді для лінійної частини рівняння регресії

$$Y_u^{(1)} = 0,3875;$$

$$Y_u^{(5)} = 0,3967;$$

$$Y_u^{(2)} = 0,4783;$$

$$Y_u^{(6)} = 0,4875$$

$$Y_u^{(3)} = 0,1933;$$

$$Y_u^{(7)} = 0,2025$$

$$Y_u^{(4)} = 0,2842;$$

$$Y_u^{(8)} = 0,2933.$$

Підставивши значення в формулу отримаємо:

$$S_{ad}^2 = \frac{(0,3875 - 0,403)^2 + (0,4783 - 0,45)^2 + (0,1933 - 0,19)^2 + (0,2843 - 0,3)^2}{8 - 3 - 1} + \\ + \frac{(0,3967 - 0,403)^2 + (0,4875 - 0,493)^2 + (0,2025 - 0,183)^2 + (0,2933 - 0,3)^2}{8 - 3 - 1} = 0,0005$$

Дисперсію відтворюваності визначимо за формулою

$$S_y^2 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{u=1}^n S_u^2.$$

$$S_y^2 = \frac{1}{8} \cdot (0,00023 + 0,0001 + 0,0003 + 0,0001 + 0,00013 + 0,0003 + 0,00043 + 0,0003) = 0,000204$$

$$F = 0,000204 = 2,11 < F(0,05; 4; 16) = 3,110.$$

Таким чином отримана статистична математична модель адекватно описує процес.

Визначимо значущість коефіцієнтів моделі за критерієм Стюдента.

Коефіцієнт вважають значущим, коли виконується нерівність:

$$|b_a| \geq \Delta b_a = t(0,05; f_y) \cdot \frac{S_y}{\sqrt{n}},$$

					МР 00. 000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

де b_a – коефіцієнти $b_0, b_1, b_2, b_{1,2}$; Δb_a – довірча границя; $t(0,05; f_y)$ – критерій Стюдента при 5% - му рівні значущості та числі ступенів вільності дисперсії відтворюваності f_y .

Оскільки при 5% - му рівні значущості $\alpha = 0,05$, а $f_y = 16$, то $t = 2,1$.

$$\Delta b_a = 2,1 \cdot \frac{\sqrt{0,000204}}{\sqrt{8}} = 0,0107.$$

Тож всі фактори, що мають значущість менше 0,0107 вважаються незначущими і здійснюють незначний вплив на процес протягування стебел.

Поверхні відгуку наведені на рис. 3.3-3.5.

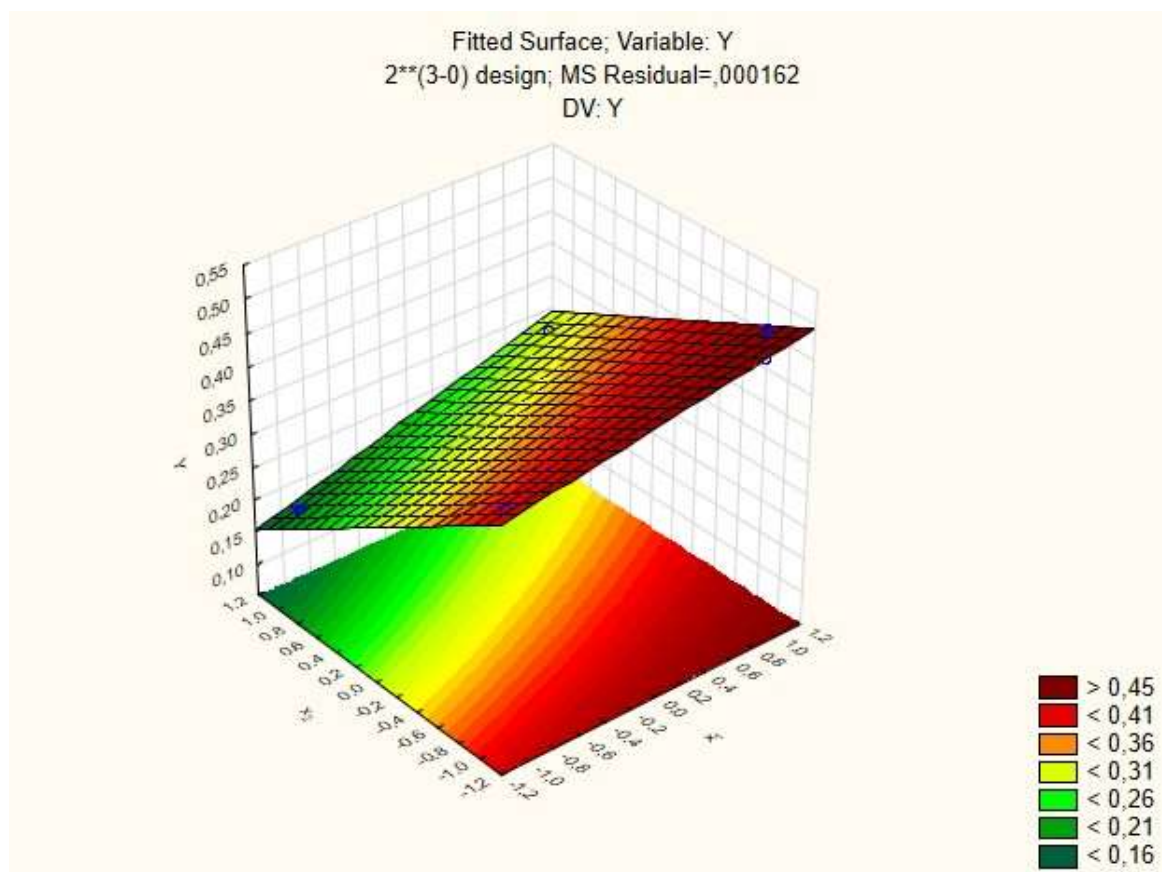


Рис. 3.3. Залежність швидкості протягування стебел кукурудзи Y від діаметра стебел x_1 і відстані між вальцями x_2

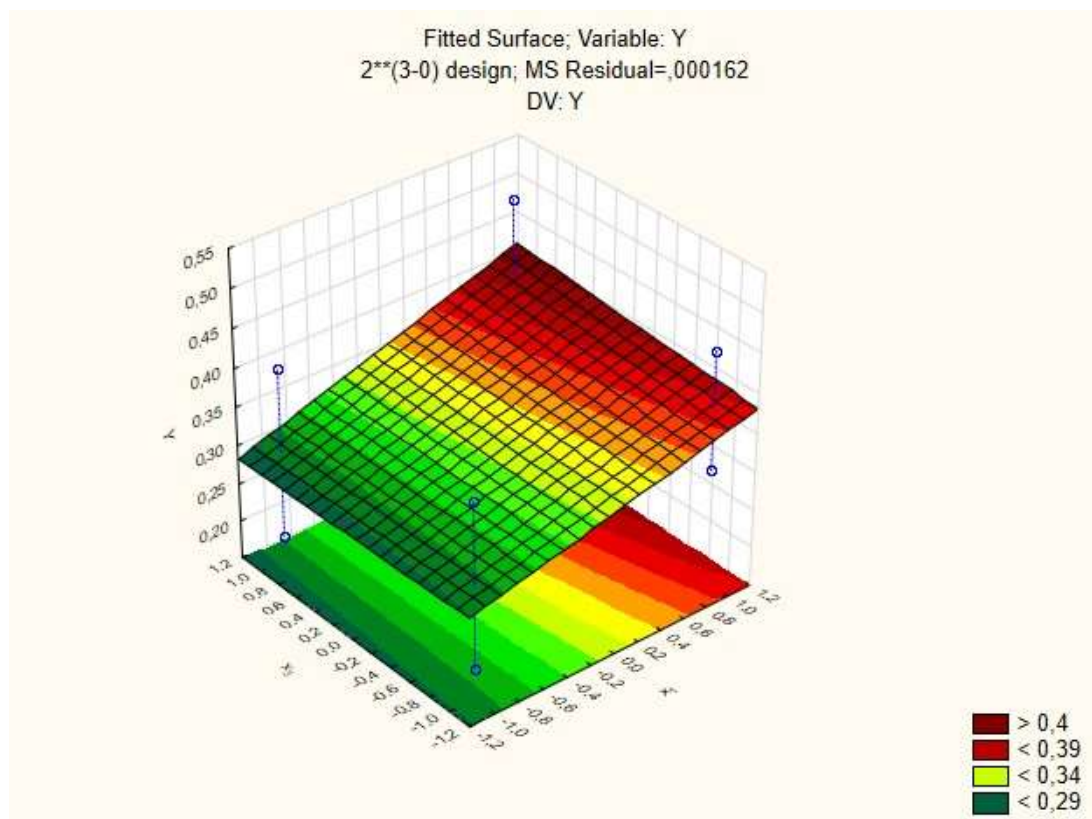


Рис. 3.4. Залежність швидкості протягування стебел кукурудзи Y від діаметра стебел x_1 і зазору між протягувальними вальцями x_3

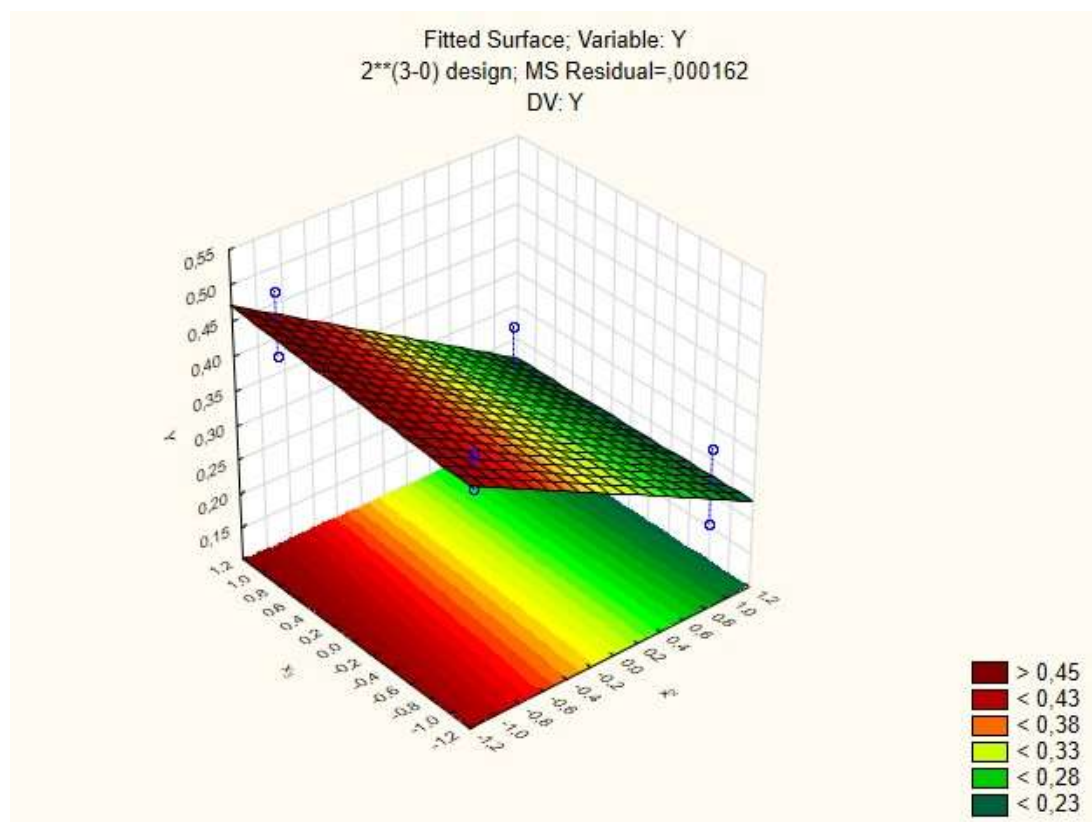


Рис. 3.5. Залежність швидкості протягування стебел кукурудзи Y від відстані між вальцями x_2 і зазору між протягувальними вальцями x_3

Аналіз отриманих залежностей дозволяє зробити висновки:

- найбільш впливовим фактором на швидкість протягування стебел є відстань між протягувальними вальцями, зі зменшенням якої величина проковзування набуває мінімального значення, а швидкість протягування збільшується;
- величина зазору між відривними пластинами, практично не впливає на швидкість протягування стебел;
- раціональними параметрами відривного апарату можна вважати: відстань між протягувальними вальцями 10-15 мм (на вході) у всьому дослідженому діапазоні діаметрів стебел (20-30 мм). При цьому зазор між відривними пластинами можна обирати 18-30 мм, залежно від мінімального діаметру повноцінних качанів без суттєвої втрати швидкості протягування.

3.5. Технологічні розрахунки відривного апарату кукурудзозбиральної приставки

Відривний апарат приставки включає в себе подавальні ланцюги, відривні пластини і протягувальні вальці.

Першими робочими органами, що вводять стебла до відривного апарату є подавальні ланцюги (рис. 3.6). Вони встановлені під кутом до горизонту α (рис. 3.7), який, за відсутності протискочувальних пристроїв для відокремлених качанів повинен бути 20 - 30°.

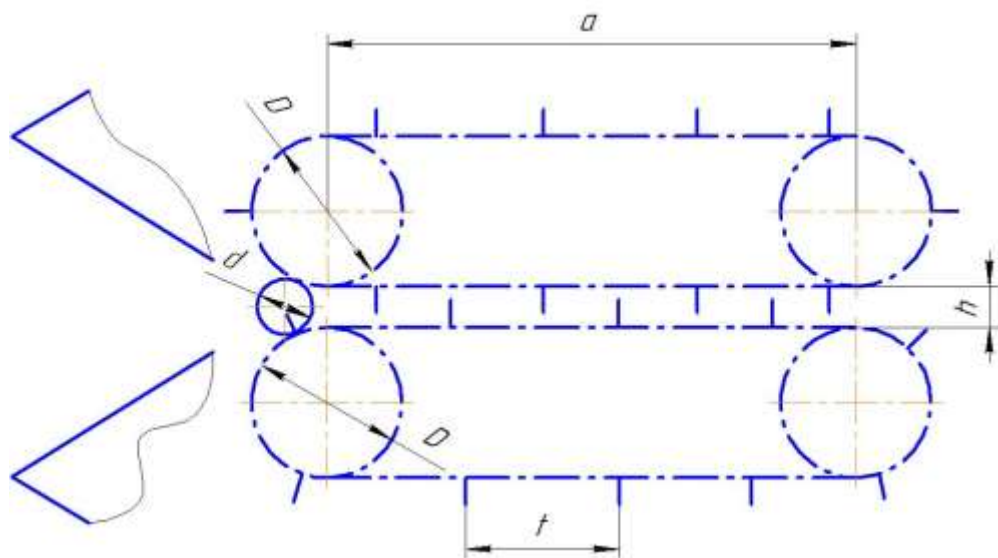


Рис. 3.6. Подавальні ланцюги приставки КМД-6

Важливим параметром подавальних ланцюгів є діаметр ведених зірочок, який визначають за створення умов защемлення стебел

$$D \geq \frac{d - h \cdot \sqrt{f^2 + 1}}{\sqrt{f^2 + 1} - 1}$$

де $d = 30$ мм – максимальний діаметр стебел кукурудзи;

$h = 20$ мм- відстань між виступами зірочок;

$f = 0,4-0,5$ - коефіцієнт тертя стебел кукурудзи по сталі. Прийmemo для подальших розрахунків середнє значення $f = 0,45$.

$$D \geq \frac{30 - 20 \cdot \sqrt{0,45^2 + 1}}{\sqrt{0,45^2 + 1} - 1} = 83,53 \text{ мм}$$

Прийmemo діаметр $D = 100$ мм.

Для гарантованого захоплення і защемлення стебел прийmemo для застосування лапки, які закріпимо на ланцюгах. Крок лапок T пропорційний до кроку ланок ланцюга $t = 38,1$ мм і становить

$$T = (10-20) \cdot t = 12 \cdot 38,1 = 457,2 \text{ мм.}$$

Швидкість подавальних ланцюгів визначимо за умов незавалювання стебел по ходу переміщення приставки.

Кут абсолютної швидкості

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

де k – режимний коефіцієнт

$\alpha = 30^\circ$ - кут нахилу ланцюгів до горизонту.

					MP 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		34

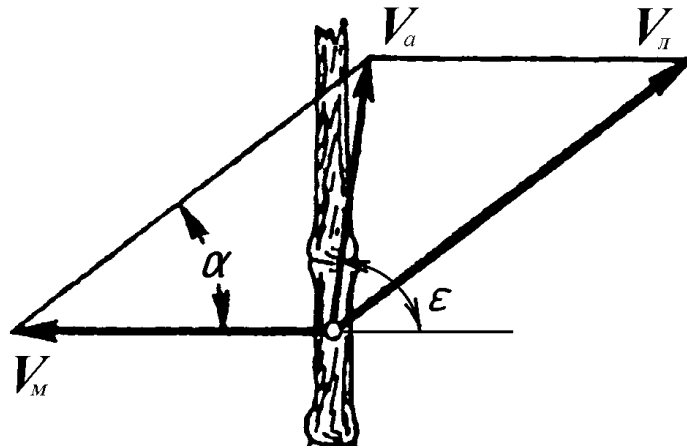


Рис. 3.7. Схема (паралелограм) швидкостей для визначення режимних параметрів подавальних ланцюгів.

Режимний коефіцієнт визначається співвідношенням

$$k = \frac{V_L}{V_M} = (1,2-1,3).$$

Прийmemo $k = 1,25$.

Тоді

$$V_L = k \cdot V_M = 1,25 \cdot \frac{8,5}{3,6} = 2,95 \text{ м/с.}$$

Визначимо кут абсолютної швидкості

$$\varepsilon = \arctg \frac{1,25 \cdot \sin 30}{1,25 \cdot \cos 30 - 1} = 82,4^\circ,$$

що менше 90° і свідчить про відсутність завалювання стебел походу руху машини.

Частота обертання зірочок приводу ланцюгів

$$n = \frac{60 \cdot V_{\text{л}}}{\pi \cdot D} = \frac{60 \cdot 2,95}{3,14 \cdot 0,1} = 563,7 \text{ об/хв.}$$

Визначення параметрів протягувальних вальців (рис. 3.8).

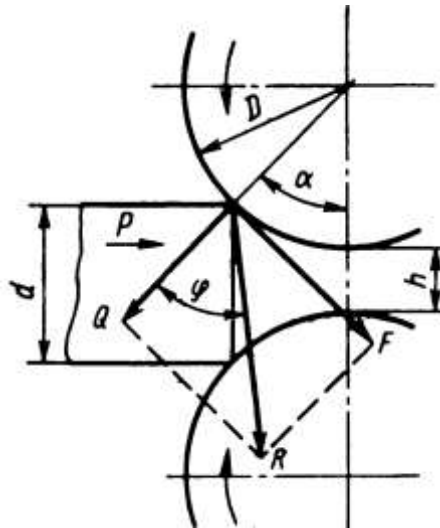


Рис. 3.8. Схема заземлення стебла протягувальними вальцями

Діаметр вальців:

$$D \geq \frac{(d - h) \cdot \sqrt{f^2 + 1}}{\sqrt{f^2 + 1} - 1}$$

де $d=30$ мм - діаметр стебла;

$h=15$ мм - ширина робочої щілини між вальцями;

$$D \geq \frac{(30 - 15) \cdot \sqrt{0,45^2 + 1}}{\sqrt{0,45^2 + 1} - 1} = 92,6 \text{ мм.}$$

Приймемо діаметр вальців $D= 100$ мм.

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

З метою підвищення захоплювальної здатності будемо застосовувати вальці з ребристою зовнішньою поверхнею.

У базовому варіанті використовувалися вальці, оснащені шістьма U - подібними ребрами, які з'єднувалися з основою (валом) клепами. Недоліком такої конструкції є підвищене заломлювання стебел, що при низькій їх вологості призводить до розриву і потрапляння до молотарки великих шматків стебел. Подача стебел до молотарки погіршує обмолот качанів, а значна їх кількість може призвести до аварійної зупинки молотарки. Вирішення останньої задачі можна досягти збільшенням кількості ребер і зменшенням їх взаємного заходження. Крім того, для запобігання значного підвищення маси вальців будемо з'єднувати ребра з вальцями зварюванням.

Креслення модернізованого вальця та оригінальних деталей наведемо у графічній частині проекту.

Колова швидкість вальців обирається з діапазону $V = 4 \dots 4,5$ м/с.

Частота обертання вальців

$$n = \frac{60 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{60 \cdot 4}{3,14 \cdot 0,1} = 764 \text{ об/хвю}$$

Робоча довжина вальців розраховується за формулою

$$H = \frac{V_M \cdot \tau \cdot F_c}{\Delta \cdot h \cdot K_3}$$

де V_M – швидкість приставки; м/с, τ – час протягування стебла, с, F_c – площа перерізу стебла, м², Δ – крок стебел, м, h – відстань між вальцями, м, $K_3 = 0.5 \dots 0.8$ – коефіцієнт заповнення щілини.

Час протягування стебла

$$\tau = \frac{L \cdot \cos \beta \cdot \mu}{V}$$

де $L = 3,5$ м – довжина стебла кукурудзи; β – кут між віссю стебла і віссю вальців ($\beta = 90 - \alpha$); $\mu = 1,25 \dots 1,45$ – коефіцієнт проковзування стебла між вальцями.

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

$$\tau = \frac{4 \cdot \cos 60 \cdot 1,3}{4} = 0,65 \text{ с.}$$

Тоді, довжина вальців

$$H = \frac{8,5 \cdot 0,65 \cdot \frac{3,14 \cdot 0,03^2}{4}}{3,6 \cdot 0,3 \cdot 0,015 \cdot 0,8} = 0,742 \text{ м}$$

Прийmemo довжину вальця $0,75 \text{ м} = 750 \text{ мм}$.

Пропускна здатність пари протягувальних вальців

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

де n – кількість стебел які протягуються між вальцями;

$m = 1 \text{ кг}$ – маса рослини, кг;

τ – час протягування.

Кількість стебел які одночасно прокатуються можна знайти з виразу

$$n = \frac{H \cdot h \cdot K_3}{F_c} = \frac{0,75 \cdot 0,015 \cdot 0,5}{\frac{3,14 \cdot 0,03^2}{4}} = 0,79$$

Таким чином

$$Q^{(I)} = \frac{0,79 \cdot 1,0}{0,65} = 1,2 \text{ кг/с}$$

Пропускна здатність приставки КМД-6, оснащеної шістьма парами вальців

$$Q = 4 \cdot Q^{(I)} = 6 \cdot 1,2 = 7,2 \text{ кг/с}$$

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

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Головними негативними факторами, що здійснюють вплив на організм обслуговуючого персоналу при роботі з приставкою є наступні.

Механічне травмування механізмами трансмісії, силової установки, робочих органів, що беруть участь у виконанні технологічних процесів, а також пасивними елементами – гострими кромками, які можуть зустрічатися в конструкції приставки і комбайна. Падіння механізатора з висоти, внаслідок відповідного розташування робочого місця. Крім того, механізатор може втрапити до ДТП на дорогах загального користування та при роботі і переїздах у полях тощо.

Можлива дія шкідливих речовин – паливно-мастильних матеріалів та технічних рідин, що знаходяться в системі охолодження силової установки, омивача скла та гальмування і зчеплення тощо.

Вібрація і шум від роботи силової установки – двигуна, а також від робочих органів приставки, що в процесі виконання технологічного процесу взаємодіють з оброблюваним матеріалом та елементами конструкції. Це качановідривний апарат, транспортери, молотильно-сепаруючі пристрої тощо.

Негативна дія запиленого повітря робочої зони механізатора на дихальні шляхи.

Пожежна небезпека від можливого підтікання паливних або мастильних рідин і матеріалів на вузли і деталі силової установки комбайна, нагрівання вузлів і деталей приставки та комбайна від тертя, короткого замикання електропроводки електросистеми.

Електробезпека від роботи агрегату поблизу ліній і числених опор електропередач, а також внаслідок виникнення статичного струму;

Небезпека отримання опіків в наслідок наявності великої кількості нагрітих поверхонь – силової установки та системи випуску відпрацьованих газів, гідравлічної системи та елементів системи охолодження тощо.

					МР 00. 000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		

**Інструкція з техніки безпеки при експлуатації
кукурудзозбирального комбайна**

Перед роботою слід перевірити роботу рульового управління, гальм, світлової і звукової сигналізації, тиск в шинах коліс.

До роботи на комбайні допускаються особи з посвідченням тракториста-машиніста і мають відповідні навички з роботи, регулювання, обслуговування і ремонту агрегату.

Перед виїздом на шляхи загального користування потрібно вмикати верхній габаритний ліхтар.

Під час руху шляхами слід дотримуватися вимог «Правил дорожнього руху».

Заборонено рух агрегату шляхами загального призначення у темний час доби.

Допустимий ухил поля до 4⁰.

Перед роботою агрегату слід встановити всі передбачені захисні огороження, особливо в зонах вільного доступу.

Запуск силової установки при увімкнутій муфті зчеплення категорично забороняється.

При вимкненій муфті зчеплення, на панелі приладів має горіти лампочка зеленого кольору з написом «Муфта зчеплення виключена».

Необхідно впевнитися перед вмиканням силової установки у тому, що на комбайні і під ним відсутні люди і тварини, а також вимкнена муфта включення робочих органів.

При зливанні гарячої рідини з системи охолодження силової установки і мастила необхідно остерігатися опіків.

При виконання поворотів агрегату необхідно знижувати швидкість до 2-4 км/год.

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

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Ефект від змін технології вирощування кукурудзи досягається за рахунок збільшення продуктивності агрегату і зменшення часу на збирання урожаю.

Збільшення продуктивності ми досягли збільшенням і ширини агрегату, і робочої швидкості:

$$V_p = \frac{173}{0,85 \cdot (6,3 + 16,8)} = 8,81 \text{ км/год.}$$

$$V_p^{\phi} = \frac{109}{0,85 \cdot (5,4 + 11,2)} = 7,72 \text{ км/год.}$$

З метою запасу розрахункову швидкість базового агрегату приймали 7,5 км/год., а модернізованого – 8,5 км/год.

Технологічна продуктивність комбайну:

$$Q_T = 0,1 \cdot B \cdot V = 0,1 \cdot 4,2 \cdot 8,5 = 3,57 \text{ га/год.}$$

$$Q^{\phi} = 0,1 \cdot 2,8 \cdot 7,5 = 2,1 \text{ га/год.}$$

Час на збирання умовних 100 га становить

$$T = \frac{100}{Q_T} = \frac{100}{3,57} = 28 \text{ год.}$$

$$T^{\phi} = \frac{100}{Q_T} = \frac{100}{2,1} = 47,6 \text{ год.}$$

З урахуванням суттєвої позитивної різниці у перерахованих показниках можемо стверджувати, що удосконалена технологія є більш ефективною.

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

ВИСНОВКИ

У магістерські роботі нами удосконалено технологію вирощування кукурудзи на зерно, що полягає у заміні збирального агрегату, оснащеного приставкою ППК-4, агрегатом з приставкою КМД-6, що дозволило досягти збільшення продуктивності виконання збиральної операції за рахунок збільшення ширини і робочої швидкості.

У науково-дослідницькому розділі, шляхом проведення повного факторного експерименту (ПФЕ 2³) нами обґрунтовано параметри качановідривного апарата приставки. Зокрема встановлено наступне:

- найбільш впливовим фактором на швидкість протягування стебел є відстань між протягувальними вальцями, зі зменшенням якої величина проковзування набуває мінімального значення, а швидкість протягування збільшується;
- величина зазору між відривними пластинами, практично не впливає на швидкість протягування стебел;
- раціональними параметрами відривного апарату можна вважати: відстань між протягувальними вальцями 10-15 мм (на вході) у всьому дослідженому діапазоні діаметрів стебел (20-30 мм). При цьому зазор між відривними пластинами можна обирати 18-30 мм, залежно від мінімального діаметру повноцінних качанів без суттєвої втрати швидкості протягування.

Крім того, розраховані конструктивні параметри елементів качановідривного апарату у розроблено оригінальний валець, оснащений десятьма ребрами для більш ефективного протягування стебел і уникнення проблеми розриву стебел, яка спостерігалась у базовій конструкції, оснащеної шістьма ребрами.

У розділі «Охорона праці» наведено аналіз небезпечних і шкідливих факторів та наведено організаційні заходи щодо запобігання їх впливу на механізаторів.

У економічній частині наведені аспекти з обґрунтування доцільності змін у технології вирощування кукурудзи.

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://www.kuhn.ua/roslynnytstvo/obrobitok-gruntu/lushchylnyky/dyskovi-lushchylnyky/optimer>
2. <http://www.profiagro.com.ua/ua/vnesennya-dobriv/rozkidachi-organichnyh-dobriv/razkidachi-organichnikh-dobriv-tsw-bergmann-detail>
3. <https://kobzarenko.com.ua/ru/produkcija/rozkidach-mneralnih-dobriv/410-rmd-6.html>
4. <https://www.kuhn.ua/roslynnytstvo/obrobitok-gruntu/pluhy/navisni-oborotni-pluhy/master-123>
5. <http://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/1144-znariaddia-dlia-ushchilnennia-poverkhni-hruntu.html>
6. <https://propozitsiya.com/ua/ekspert-test-kultivatori-dlya-sucilnogo-obrobitku-gruntu>
7. https://favorit.ltd/catalog/sevalki_propashnye/
8. <https://elvorti.com/catalog/sivalki-prosapni/#>
9. <https://favorit.ltd/catalog/kultivatory/>
10. http://ua.avgust.com/yak_efektivno_zahistiti_kukurudzu_vid_buryaniv_na_rannih_etapah_rozvitku
11. <https://arkgroupp.com.ua/g22610425-opryskivateli#bot>
12. <https://sninvest.uz/product/berko-025-двухрядный-прицепной-комбайн/>
13. Методичні вказівки по виконанню практичних робіт з курсу "Механізація, електрифікація, автоматизація с.-г. виробництва". Розділ "Експлуатація машино-тракторного парку". КДТУ, 1999.
14. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу "Проектування машин для збирання технічних культур" для студентів спеціальності 8.090215 – "Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва" / Укл. О.М.Васильковський, М.І.Васильковський, В.В.Амосов, С.М.Мороз. – Кіровоград: КДТУ, 2003. – 85 с.

25. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: Теоретичні основи, конструкція, проектування. - К.: Урожай,- 2001. -382с.

26. Козлов Л.И. Охрана труда в сельском хозяйстве. - Минск, Урожай, 1972.-314 с.

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

ДОДАТКИ

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

Перв. примен.	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
Справ. №	A1			MP 00.010	Валець				
					Складальні одиниці				
		1		MP 00.010.010	Корпус	1			
					Деталі				
		2		MP 00.010.601	Вісь	3			
Подп. и дата					Стандартні вироби				
		3			Клепка 8x55 ГОСТ 10299-80	1			
Взам. инб. №									
Подп. и дата									
Инб. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	MP 00.010			
	Разраб.	Шевчук				Валець			
	Проб.	Василькоўський							
	Н.контр.	Мачок				Лит. Лист Листов 1			
	Утв.	Свірень							
							ЦНТУ		
							гр. АІ-20М(14)-2		

МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА
МЕХАНІЗАЦІЯ ВИРОЩУВАННЯ КУКУРУДЗИ
З ОБҐРУНТУВАННЯМ ПАРАМЕТРІВ
КУКУРУДЗОЗБИРАЛЬНОЇ ПРИСТАВКИ

Виконав:

студент групи АІ-20(1,4)-2

Микола ШЕВЧУК

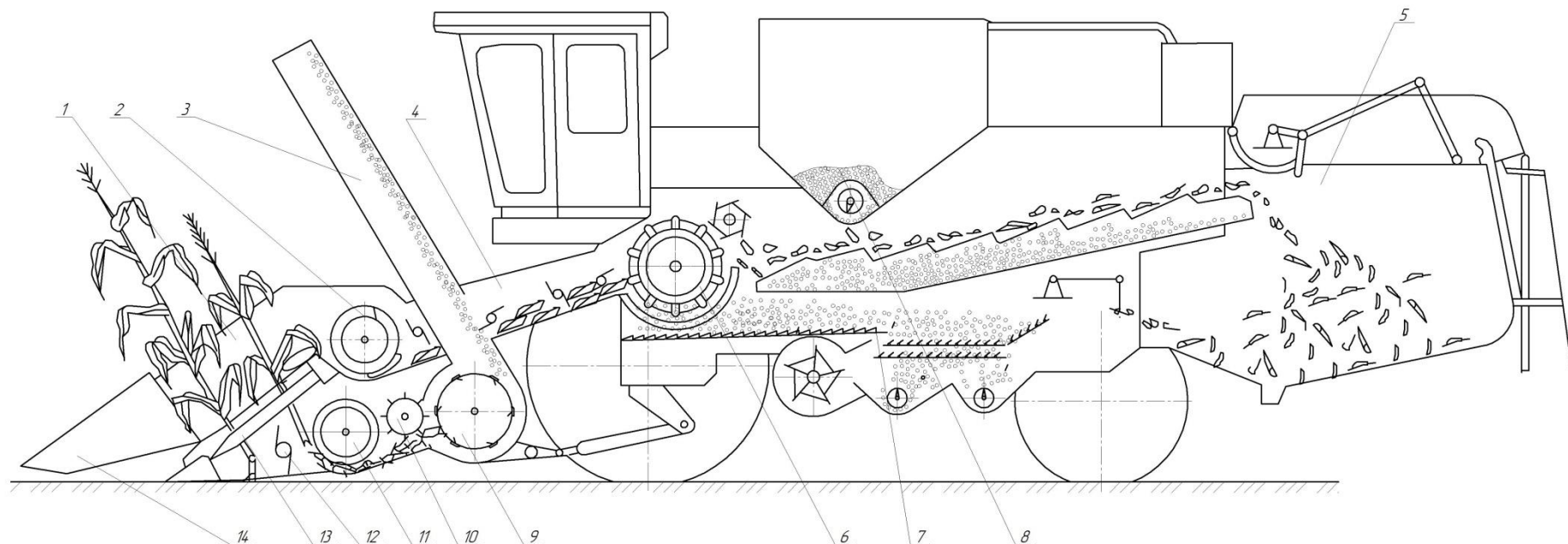
Керівник:

Професор кафедри СГМ

Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

MP 00 0001 74

						MP 00. 001 T4			
Исполн	М.В.Авдеев	Зав. отд.				Карта операционно-технологическая Теоретический чертёж	Авт.	Масшт.	Листов
Исполн	С.В.Савицкий							-	-
Исполн	Р.В.Савицкий						Авт.	Авт.	
Исполн	Р.В.Савицкий					-			
									ЛРПТ4 зп. АИ-2014-2



- | | |
|-------------------------|--------------------------------|
| 1 – приставка КМД-6 | 8 – дункер |
| 2 – шнек качанів | 9 – барабанний подрібнювач |
| 3 –вивантажувач січки | 10 – дітер |
| 4 –похила камера | 11 – шнек стедел |
| 5 –копнувач комбайна | 12 – роторний різальний апарат |
| 6 – молотильний апарат | 13 –качановідокремлююче русло |
| 7 – декасистема очистки | 14 – мис |

[illegible]

MP 00.001 H4

Фактор	Позначення		Інтервал варіювання	Рівні варіювання					
				Натуральні			Кодові		
	Натуральне	Кодове		Верхній	Нульовий	Нижній	Верхній	Нульовий	Нижній
Діаметр стебла, мм	d	X_1	5	30	25	20	+1	0	-1
Зазор між вальцями, мм	K	X_2	10	30	20	10	+1	0	-1
Зазор між відрибними пластинами, мм	h	X_3	6	30	24	18	+1	0	-1

Результати факторного експерименту

Номер досліду	Значення кодованих факторів			Вихідний параметр Y, z			Середнє значення z
				Підпорядкованість			
	X_1	X_2	X_3	I	II	III	
1	-1	-1	-1	0,4	0,42	0,39	0,403
2	+1	-1	-1	0,44	0,45	0,46	0,45
3	-1	+1	-1	0,17	0,20	0,20	0,19
4	+1	+1	-1	0,31	0,29	0,30	0,30
5	-1	-1	+1	0,39	0,41	0,41	0,403
6	+1	-1	+1	0,50	0,49	0,49	0,493
7	-1	+1	+1	0,16	0,19	0,20	0,183
8	+1	+1	+1	0,28	0,31	0,31	0,30

Рівняння регресії

$$Y=0,034+0,045 \cdot X_1-0,097 \cdot X_2+0,046 \cdot X_3+0,0113 \cdot X_1 X_2+0,0062 \cdot X_1 X_3-0,006 \cdot X_2 X_3$$

Перевірка відтворюваності за критерієм Кохрена

$$G(0,05; n; f_u) \geq \frac{S_u^2}{\sum S_{ij}} \quad 0,516 > 0,0001$$

Перевірка адекватності за критерієм Фішера

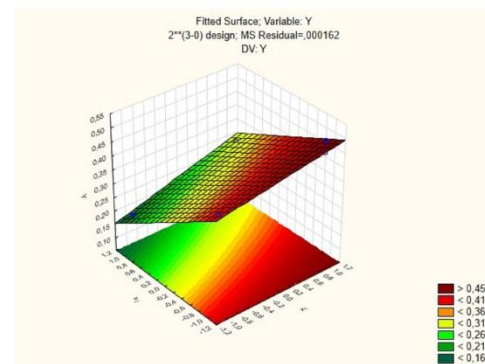
$$F(0,05; f_{ad}; f_y) > F = \frac{S_{ad}^2}{S_y^2} \quad 3,11 > 2,11$$

Перевірка значущості за критерієм Стюдента

$$|b_a| \geq \Delta b_a = t(0,05; f_y) \frac{S_y}{\sqrt{n}} \quad \Delta b_a = 0,0107$$

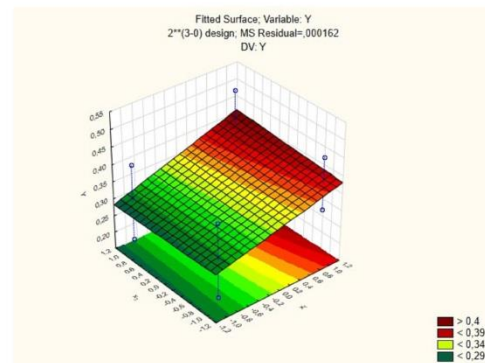
[illegible]

MP 00.002 H4



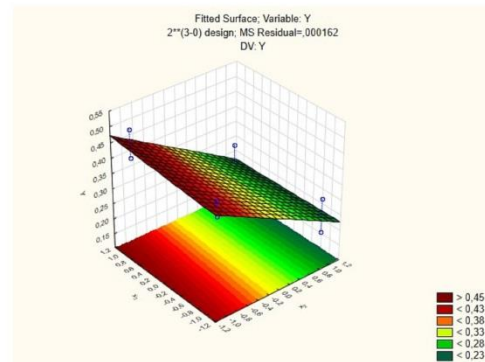
*Залежність швидкості
протягування стебел кукурудзи
від їх діаметра та зазору між
вальцями:*

$$Y=f(X_1, X_2)$$



*Залежність швидкості
протягування стебел кукурудзи
від їх діаметра та зазору між
відрибними пластинами:*

$$Y=f(X_1; X_3)$$



*Залежність швидкості
протягування стедел кукурудзи
від зазору між вальцями та зазору
між відбивними пластинами*

$$Y = f(X_2, X_3)$$

[illegible]

