

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 зернотукової сівалки з обгрунтуванням параметрів висівного апарату»

Виконав здобувач вищої освіти II курсу,

групи ГМ-23М-1.1

ОНП «Галузеве машинобудування»

спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

_____ Сабіров Сергій Валерійович

« ____ » _____ 2025 р.

Керівник роботи

професор, канд. техн. наук

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 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-наукова програма галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« » 2025 року

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

Сабіров Сергій Валерійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) «Модернізація зернотукової сівалки з обґрунтуванням параметрів висівного апарату»

2. Керівник роботи (проекту)
Васильковський Олексій Михайлович, к.т.н., професор
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту 15.05.2025

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи (проекту) Підвищення ефективності дозування насіння під час сівби зернових культур

5. Перелік графічного матеріалу

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
	Пояснювальна записка	15.05.2025	
	Графічна частина	30.05.2025	
	Захист роботи	1-30.06.2025	

Дата видачі завдання

«5» березня 2025 р.

Підпис керівника

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«5» березня 2025 р.

Підпис здобувача _____ Сергій САБІРОВ
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Магістерська робота присвячена вирішенню актуальної науково-практичної задачі підвищення ефективності роботи посівних машин шляхом модернізації зернотукової сівалки СЗ-3,6А із запровадженням внутрішньоребристого висівного апарату.

У роботі здійснено аналіз існуючих конструкцій висівних механізмів та виявлено їх переваги і недоліки, на основі чого запропоновано оригінальну конструкцію внутрішньоребристого висівного апарату, що забезпечує стабільне дозування насіння різних сільськогосподарських культур. Експериментально визначено конструкційно-технологічні параметри розробленого апарату, які дозволяють отримати бажану дозуючу здатність на насінні різних культур – проса, пшениці та сої.

У інженерній частині обґрунтовані основні параметри сівалки, оснащеної внутрішньореберчастим висівним апаратом та здійснено відповідні підтверджуючі розрахунки.

Запропоновані зміни в конструкції сівалки не потребують суттєвих капіталовкладень та можуть бути реалізовані навіть в умовах ремонтних майстерень сільськогосподарських підприємств.

ЗМІСТ

1. Вступ.....	7
2. Наукова частина.....	9
3. Інженерна частина.....	26
4. Охорона праці.....	43
5. Економічна ефективність.....	46
6. Висновок.....	47
Список використаної літератури.....	48
Додатки.....	51

					MP 00. 000 ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		6

1. ВСТУП

Зростання ефективності зернових рядкових сівалок потребує комплексного підходу до їх модернізації, що включає покращення продуктивних характеристик, збільшення ресурсу роботи, розширення функціональних можливостей та впровадження передових інженерних розробок у створенні стандартизованих робочих вузлів (системи дозування насіння, трансмісійних механізмів, органів для формування борозен тощо).

Зернові культури відіграють ключову роль в аграрному секторі України, займаючи понад 13 мільйонів гектарів посівних площ. Варто зазначити, що продуктивність зернових насаджень суттєво залежить від методології висіву та точності проведення посівних операцій.

У сфері висівних пристроїв для зернових сівалок сьогодні домінують два основні типи: традиційні катушкові та інноваційні внутрішньоробристі системи дозування. Внутрішньоробристі дозатори демонструють значні переваги порівняно з класичними катушковими аналогами. Їх характеризує підвищена адаптивність до різних культур, стабільність дозування при стандартних і форсованих робочих режимах, а також мінімізація механічних пошкоджень посівного матеріалу.

З огляду на зростаючі вимоги до ефективності рядкового посіву зернових культур, а також враховуючи масштабність їх вирощування в Україні, оснащення посівної техніки внутрішньоробристими висівними апаратами є перспективним напрямом розвитку, який напевно матиме переваги перед класичними конструкціями. Тож, обґрунтування параметрів внутрішньоробристого апарату для отримання високої якості висіву зернових представляє собою актуальний напрям досліджень.

					MP 00.000 ПЗ						
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата							
Розроб.	Сабіров				Магістерська робота			Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевір.	Васильковський								7	51	
Н.контр.	Мачок							ЦНТУ, гр. ГМ-23М-1.1			
Затв.	Васильковський										

В нашій магістерській роботі проведений аналіз існуючих висівних систем рядкових сівалок, обґрунтовані основні параметри оригінального внутрішньорєбристого висівного апарату, розроблено його технічне рішення, а також креслення основних елементів.

Запропоноване удосконалення дозволить підвищити ефективність сівби зернових культур, зменшити перевитрати посівного матеріалу, а також отримати сходи заданої густоти.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		8

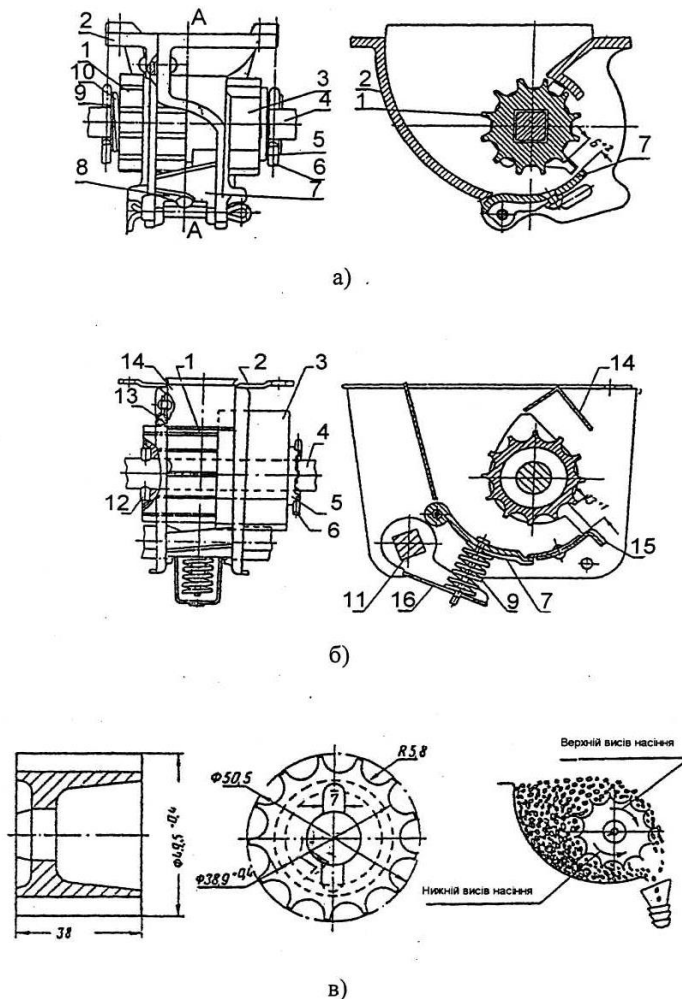


Рис. 2.1. Котушкові висівні апарати з зсувною котушкою:

а- з литою коробкою; б- зі штампованою коробкою; в- котушка апарату; 1 - котушка; 2 -коробки; 3 - муфта; 4 - вал; 5 - регулюємі прокладки; 6 - шплінт; 7 - клапан; 8 - заслінка клапана; 9 - шайба; 10 - пружина; 11 - вал клапана; 12 - штифт; 13 -розетка; 14 — верхній поріжок; 15 - нижній поріжок; 16 - важіль

Це регулювання є обов'язковою процедурою при підготовці сівалки до експлуатації, що супроводжується додатковими трудозатратами, оскільки технологічно вимагає переміщення корпусних елементів дозатора.

З метою спрощення процедури налаштування та оптимізації часових ресурсів, інженери ВІСХОМ у співпраці з фахівцями ПКІ Посівмаш реалізували технічну модернізацію дозуючого апарату сівалки СЗ-3,6А. В оновленій конструкції котушковий елемент фіксується на осі за допомогою плоскої шпонки та запірного кільця. Процес регулювання робочої зони

Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

2.2. Програма і методика експериментального дослідження оригінального внутрішньорєбристого висівного апарату

У рамках виконання завдань дослідження, спрямованих на аналіз функціонування внутрішньорєбристого висівного апарату під час процесу дозування насіннєвого матеріалу, було сформовано програму досліджень, а також сконструйовані засоби проведення експериментів.

У процесі реалізації програми експериментів застосовувалися класичні методики та системи оцінювання експериментальних даних.

Програма експериментів сформована на встановлення дозувальної ефективності та дослідження формування міжнасіннєвих інтервалів у рядку залежно від характеристик насіннєвого потоку;

У досліджах використовувалося насіння двох культур, які суттєво відрізняються розмірними характеристиками – пшениці, проса та сої.

Шляхом проведення ранжування нами обрано найбільш впливові фактор на процес норму висіву насіння Q_0 : частота обертання диску, висота та ширина висівного вікна.

З метою отримання високої надійності, досліди виконували у 3-кратній повторності.

Досліди проводили на висівному апараті, схему і загальний вигляд якого наведено на рис. 2.9, 2.10.

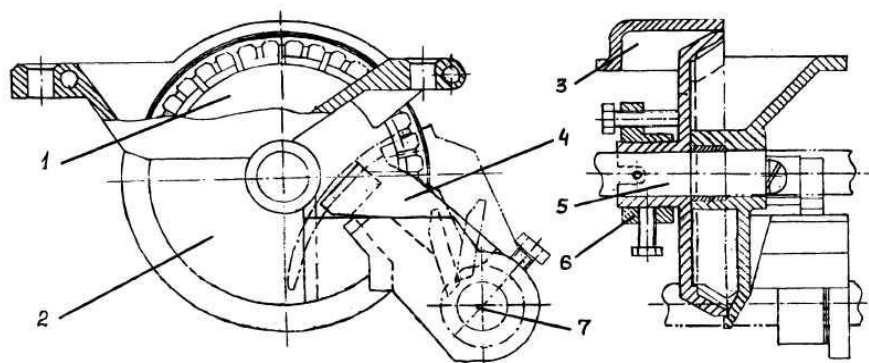


Рис.2.9. Схема висівного апарату:

1 - тарілчастий рєбристий висівний диск; 2 - корпус апарату; 3 - кришка;
4 - дозатор (заслінка); 5 - вал; 6 - втулка; 7 - привід заслінки

Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

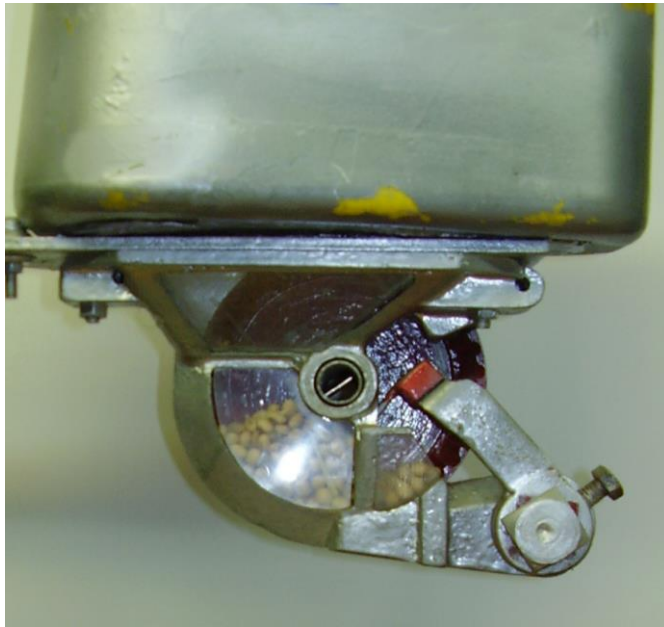


Рис.2.10. Загальний вигляд висівного апарату

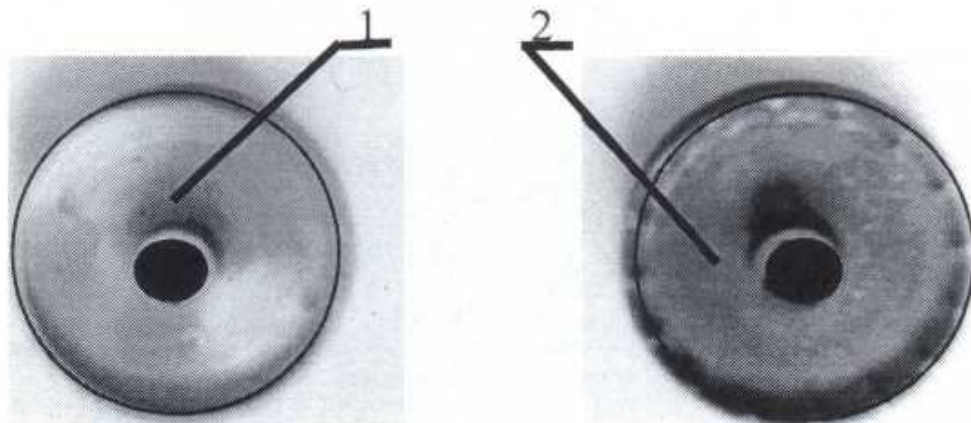


Рис.2.11. Дослідні диски висівного апарату:

1- з гладкою поверхнею; 2- з ребристою поверхнею

Будова експериментальної установки

Експериментальний стенд (рис. 5.1) містить бункер для насінневого матеріалу 1, експериментальний висівний апарат 2 із приводними елементами 3, несучу конструкцію 4, імітатор ґрунтового середовища у вигляді рухомої стрічки 5 та систему приведення в дію конвеєрної стрічки 6. Для запобігання переміщенню насінневих частинок по поверхні, на стрічку нанесено шар із консистентного мастила.

Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

де $q_{(10)}$ – маса насіння за 10 обертів, г ;

$t_{\partial(10)}$ – час висіву за 10 обертів, с.

Норма висіву насіння на гектар Q_{∂} :

$$Q_{\partial} = \frac{\bar{q}_{\partial} \cdot 10^3}{b \cdot V_m};$$

де b – ширина міжрядь, см ;

V_m – швидкість руху липкої стрічки, м/с.

2.3. Результати досліджень

Підсумки експериментального вивчення дозувальної ефективності розробленого внутрішньорєбристого висівного механізму представлені у вигляді графіків (рим. 2.13, 2.14).

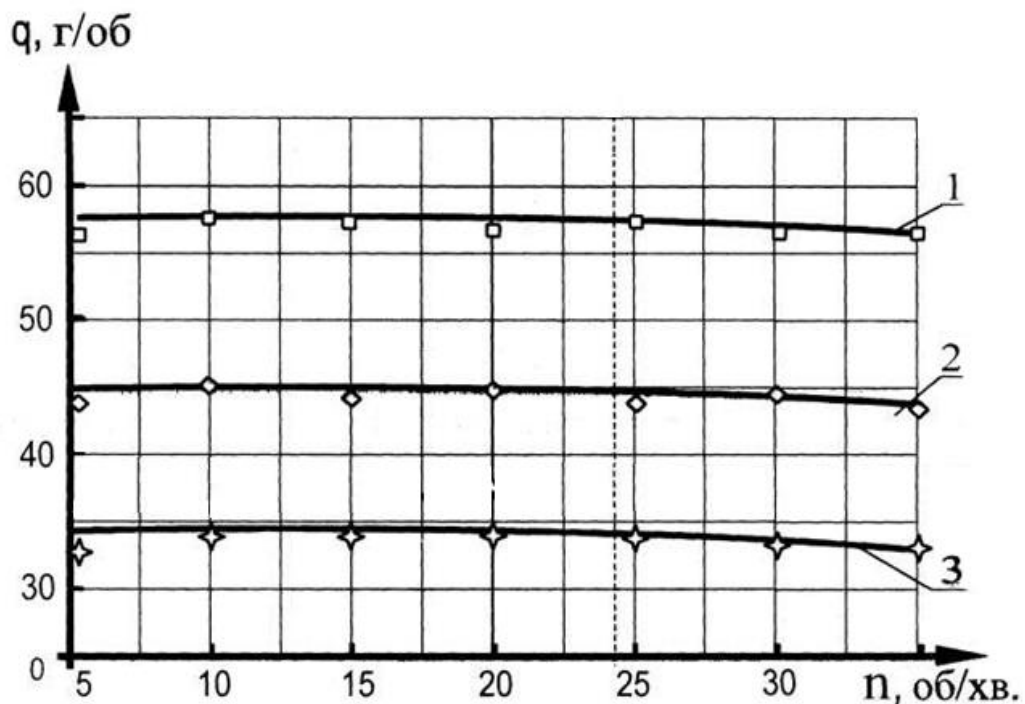


Рис.2.13. Залежність питомої подачі насіння різних культур від частоти обертання висівного диска:

1- пшениця; 2- просо; 3- соя

12,9...63,4 г/об., для пшениці – 13,1...58,8 г/об. І для сої – 4,6...38,8 г/об., для соняшника (4,4...26,8 г/об), та інших досліджуваних культур.

Дослідження підтвердили, що дозувальна здатність для кожного типу насінневого матеріалу змінюється в лінійній залежності від величини відкриття технологічного вікна, причому мінімально допустимий показник відкриття заслінки визначається технологічною можливістю здійснення висіву без затиснення насінин між ребрами розподільчого диска та крайкою регулювальної заслінки.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		25

геометричну конфігурацію та розмірні характеристики ребер, їх кількісний показник, параметри ширини робочої зони диску, що позначаються як $B_{1д}$ та $B_{2д}$, вертикальний розмір висівного отвору, параметр розмір $l_{д}$ нижнього порогового елемента, а також габаритні розміри вхідного отвору l_2 .

Стабільний рух потоку посівного матеріалу може відбуватися як за наявності нерухомого вертикального стовпа матеріалу в корпусній частині шириною, так і без такого стовпа. Ця особливість залежить від фізичних та механічних властивостей робочого матеріалу, протяжності контактної зони, габаритних показників робочого елемента та величини C_1 , що характеризує ступінь відкриття висівного отвору.

При загальному розгляді процесу руху посівного матеріалу в корпусному елементі можна виділити дві функціональні зони: зону початкового формування потоку, що має довжину l , та зону подальшого транспортування з довжиною $l_{д}$. Зона формування характеризується трикутноподібною геометрією з кутовим показником ϵ_1 при основі, від якого безпосередньо залежить параметр довжини l . Експериментальні дослідження показали, що числове значення кута ϵ_1 варіюється в межах $6-12^\circ$ залежно від впливу різноманітних факторів зовнішнього та внутрішнього характеру.

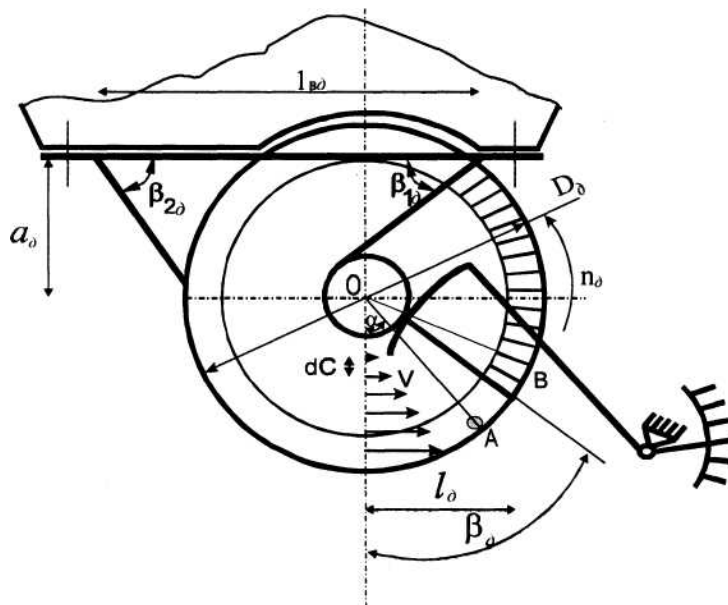


Рис. 3.2. Схема до визначення основних параметрів внутрішньоребристого висівного апарата.

Визначимо діапазон передавальних відношень:

- мінімальне:

$$i_{\min} = \frac{60 \cdot 3,6 \cdot \pi \cdot 1,17}{10 \cdot 40 \cdot 0,8 \cdot 24 \cdot (1 - 0,1)} = 0,115$$

- максимальне:

$$i_{\max} = \frac{250 \cdot 3,6 \cdot \pi \cdot 1,17}{10 \cdot 40 \cdot 0,8 \cdot 24 \cdot (1 - 0,1)} = 0,478$$

Перевіримо забезпечення заданих норм:

- мінімальна:

$$Q_{\min} = \frac{10 \cdot 40 \cdot 0,8 \cdot 0,115 \cdot 24 \cdot (1 - 0,1)}{3,6 \cdot \pi \cdot 1,17} = 60,1 \text{ кг/га}$$

- максимальна:

$$Q_{\max} = \frac{10 \cdot 40 \cdot 0,8 \cdot 0,478 \cdot 24 \cdot (1 - 0,1)}{3,6 \cdot \pi \cdot 1,17} = 249,7 \text{ кг/га}$$

Інтервал норм дозування знаходиться у межах похибки.

3.3.2. Розрахунок туковисівного апарата

Туковисівні апарати сівалки СЗ-3,6А мають у основі конструкції штифтові катушки (рис.3.3). Вони мають забезпечувати дозування туків з нормами $Q = 20 \dots 200$ кг/га.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		32

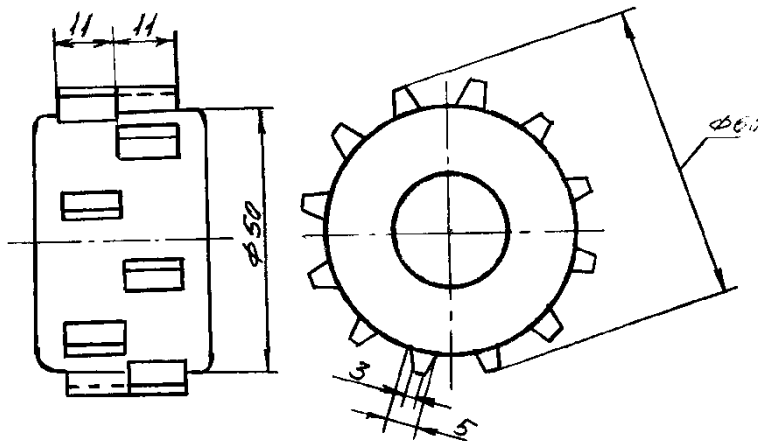


Рис. 3.3. Штифтова тукова катушка.

Подача туків за один оберт катушки:

$$g_o = \gamma_T \left[\left(\frac{\pi(d_1^2 - d_2^2)L_k}{4} - V_{шт} \cdot Z \right) \cdot \mu + \pi \cdot d_1 \cdot L_k \cdot C_{пр} \right] \cdot 10^{-3},$$

де g_o – подача катушки, г/об;

$\gamma_T = 1,05$ г/см³ – об'ємна маса гранульованого суперфосфату, г/см³;

$d_1 = 60$ мм- зовнішній діаметр катушки, мм;

$d_2 = 50$ мм- діаметр катушки по впадинам, мм; ;

$L_k = 34$ мм – робоча довжина катушки, мм;

$V_{шт}$ – об'єм штифта, мм³,

$Z = 12$ – кількість штифтів на катушці,

$\mu = 0,5$ - коефіцієнт заповнення жолобків;

$C_{пр}$ – приведена товщина активного шару, мм.

Визначимо складові рівняння.

Об'єм штифта (розміри на рис. 3.3):

$$V_{шт} = \frac{3+5}{2} \cdot 5 \cdot 11 = 220 \text{ мм}^3$$

Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
----	------	----------	-------	------

Загальне передавальне відношення

$$i = \frac{z_1 \cdot z_3 \cdot z_5 \cdot z_B \cdot z_9 \cdot z_{11}}{z_2 \cdot z_4 \cdot z_6 \cdot z_7 \cdot z_{10} \cdot z_{12}} = \frac{16 \cdot 9 \cdot 27 \cdot 12 \cdot 7 \cdot 14}{14 \cdot 16 \cdot 16 \cdot 19 \cdot 14 \cdot 10} = 0,479$$

Найбільша робоча частота обертання опорно-приводного колеса

$$n_K = \frac{60 \cdot V}{\pi \cdot D_K}$$

де $V = 15 \text{ км/год} = 4,2 \text{ м/с}$ – максимальна швидкість руху сівалки.

$$n_K = \frac{60 \cdot 4,2}{3,14 \cdot 1,17} = 68 \text{ об/хв.}$$

Найбільша робоча частота обертання контрприводу

$$n_{II} = n_K \cdot \frac{z_1}{z_2} = 68 \cdot \frac{16}{14} = 78,7 \text{ об/хв}$$

Аналогічно знаходимо частоти обертання кожного валу:

$$n_{III} = n_{II} \cdot \frac{z_3}{z_4} = 78,7 \cdot \frac{9}{16} = 44,3 \text{ об/хв}$$

$$n_{IV} = n_{III} \cdot \frac{z_5}{z_6} = 44,3 \cdot \frac{27}{16} = 74,7 \text{ об/хв}$$

$$n_V = n_{IV} \cdot \frac{z_7}{z_8} = 74,7 \cdot \frac{12}{19} = 47,2 \text{ об/хв}$$

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		37

Тягові можливості трактора при цьому використовуються на 76%.

Розрахунок на міцність ланцюгової передачі

Розрахуємо ланцюгову передачу з роликівим ланцюгом від опорно-приводного колеса до вала контрприводу.

Потужність на опорно-приводному колесі сівалки:

$$N_{\text{zk}} = \frac{M_{\text{k}} \cdot n_{\text{zk}}}{9550},$$

де M_{k} – крутний момент на колесі, Н·м.

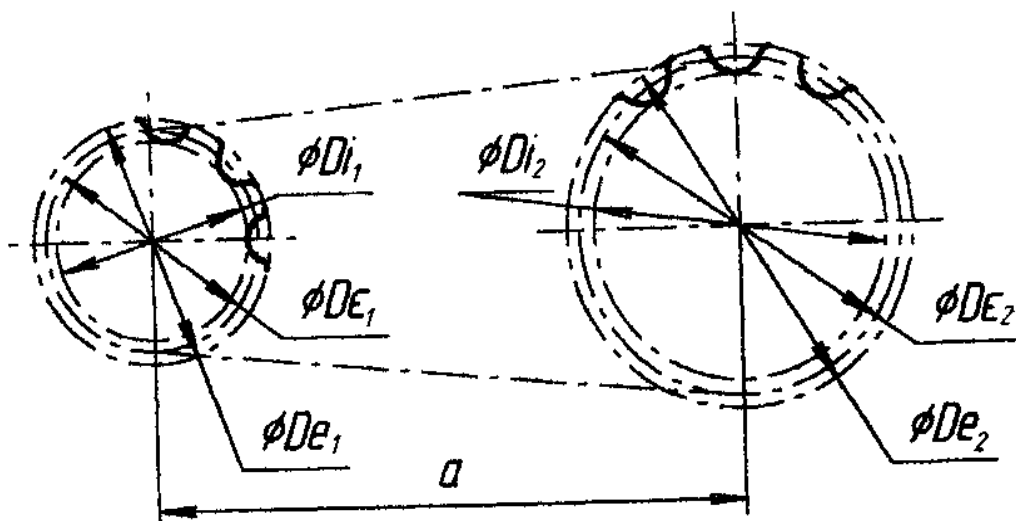


Рис. 3.4. Схема ланцюгової передачі.

Максимальний крутний момент приводного колеса розраховується як

$$M = \frac{f \cdot G \cdot D_{\text{k}}}{2 \cdot K}$$

де f – коефіцієнт зчеплення $f=0,45$;

G – частина сили ваги сівалки, що припадає на колеса, Н;

K – кількість опорних і опорно-приводних коліс на сівалці.

Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

де $a=1270$ мм – дійсна міжосьова відстань передачі.

Міжосьова відстань, виражена в кроках:

$$a_t = \frac{1270}{31,75} = 40$$

Термін служби ланцюга:

$$T = \frac{5200 \cdot 3 \cdot 0,82 \cdot \sqrt{16 \cdot \sqrt[3]{40 \cdot 1,14}}}{12,4 \cdot \sqrt[3]{5,76 \cdot 1}} = 15506 \text{ год.},$$

що перевищує прогнозований термін служби.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		42

5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

Під час експериментальних досліджень виявлено, що внутрішньорєберчастий висівний апарат має переваги за техніко-економічними показниками порівняно з традиційним катушковим механізмом. Така модернізація призвела до зростання загальної ваги агрегату на 2 кілограми, проте значно оптимізувала процес налаштування обсягів висіву насінневого матеріалу, скоротивши цю операцію на 3 хвилини протягом робочого дня.

Зменшення маси сівалки орієнтовно на 4,7 кілограма зумовила ліквідація механізму регулювання норми висіву за рахунок зміни робочої довжини катушки.

Одночасно відбулося суттєве скорочення часових витрат: на сервісне обслуговування – орієнтовно на 6 хвилин, а на ліквідацію механічних пошкоджень та деформаційних дефектів – приблизно на 8 хвилин за повну робочу зміну.

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Зм	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		46

ДОДАТКИ

					MP 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		51