Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

«Допущено до захисту»
Зав. кафедрою СГМ,
к.т.н.,
_____ Сергій ЛЕЩЕНКО
___ _____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:

«Модернізація сівалки СПП-12 з удосконаленням конструкції висіваючого апарата»

Виконав здобувач вищої освіти__II___курсу,
групи ГМ(СМ)-21М(1.9)
ОПП «Галузеве машинобудування»
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
_____ Годорожа Сергій Олександрович
«____»_____2023 р.

Керівник проекту
доцент, канд. техн. наук
_____Віктор ДЕЙКУН
«_____»_____2023 р.
Рецензент _____
_____

м. Кропивницький

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітки
				Документація загальна		
				Заново розроблена		
А4			СПГ 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	1	
				Документація по		
				інженерній частині		
				Заново розроблена		
А1			СПГ 00.000 КЗ	Сівалка СПП-12	1	
А0			СПГ 00.000 СБ	Сівалка СПП-12	1	
А0			СПГ 00.010	Секція	1	
А1			СПГ 00.020	Апарат висівний	1	
А4			СПГ 00.601	Кришка	1	
А3			СПГ 00.623	Вал	1	
А3			СПГ 10.402	Ніж дисковий		
А4			СПГ 10.562	Тяга	1	
А3			СПГ 30.110	Шків	1	
				Документація по		
				науковій частині		
				Заново розроблена		
А1			СПГ 00.001 НЧ	Мета і задачі досліджень	1	
А1			СПГ 00.002 НЧ	Огляд сівалок для		
				прямого посіву	1	
А1			СПГ 00.003 НЧ	Теоретичні дослідження	1	
А1			СПГ 00.004 НЧ	Результати		
				експериментальних		
				досліджень	1	

Зм.	Арку	№ докум.	Підпис	Дата	**СПГ 00.000 ВП**		
Розробив		Годорожа			**Відомість магістерської роботи**	Літера	Аркуш 3 / Аркушів 2
Перевірив		Дейкун					
Н. контр.		Мачок				**ЦНТУ гр. ГМ(СМ)-21М(1,9)**	
Затвердив		Лещенко					
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата			4

ЗМІСТ

№ розділу	Структурна одиниця і розділ	Аркуш
1	Вступ	5
2	Інженерна частина	6
	2.1. Опис об’єкта розробки	6
	2.2. Технологічні розрахунки	13
	2.3. Висновки Постановка мети і задачі досліджень	23
3	Наукова частина	25
	3.1. Сучасний стан питання із вирощування просапних культур	25
	3.2. Огляд просапних сівалок	26
	3.3. Агротехнічні вимоги до посіву просапних культур.	32
	3.4. Теоретичні дослідження	33
	3.5. Висновки по розділу	42
4	Охорона праці	44
5	Економічна частина	47
6	Загальні висновки	48
	Список використаної літератури	50
	Додатки	52

1. ВСТУП

Впровадження інтенсивних технологій в сільському господарстві дозволяє збільшувати виробництво продукції за рахунок використання високопродуктивних машин, які спроможні забезпечити швидкість та якість виконання робіт.

В силу біологічних особливостей кукурудзи при її вирощуванні велика увага приділяється рівномірності розподілу насіння в рядках посіву, яка значно залежить від якості їх дозування висівними апаратами просапної сівалки, регламентованого агровимогами (не більше 2% нульових та 5% подвійних подач).

У фермерських господарствах Україні для сівби кукурудзи застосовуються універсальні просапні сівалки, які застосовуються при посіві різноманітного спектру культур.

До сучасних просапних сівалок ставляться високі вимоги по забезпеченню продуктивності, підвищенню точності висіву та загортання посівного матеріалу на вказану глибину, зниження травмування насіння та зменшення витрат праці на операціях по догляду за рослинами.

Ефективність вирощування кукурудзи в значній мірі обумовлено якістю сівби, тому вирішення задач подальшого удосконалення конструкцій сівалок, а саме, висівних апаратів, які повинні забезпечувати рівномірність висіву по довжині рядка, є актуальним питанням

Основна мета цієї роботи – зробити внесок в розвиток аграрної галузі України шляхом підвищення продуктивності культивування кукурудзи, а саме: удосконалення висіваючого апарата сівалки СПП-12, який забезпечить рівномірний висів насіння кукурудзи по довжині рядка.

2. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

2.1. Стан питання про машину, яка модернізується.

Технологічний цикл посіву кукурудзи має кілька відповідальних етапів, один з них – це посів. Основне завдання посіву кукурудзи включає в себе чітке дотримання густоти розміщення насінин, рівномірний його розподіл по площі поля, контроль за встановленою глибиною загортання посівного матеріалу.

Посів просапних культур виконують, в основному, пунктирним або стрічковим способами. Це різновиди широкорядного способу сівби.

Тип і конструктивні особливості посівних агрегатів та й увесь комплекс машин для виконання наступних операцій залежать від вибору способу сівби.

Посів кукурудзи виконують сівалкою причіпною СПП-12 (рис. 2.1), яка може бути використана для прямого пожнивного і поукісного висіву просапних культур, таких як соняшник, рицина, люпин, сорго, соя з міжряддями 70 см. При цьому вносяться гранульовані мінеральні добрива.



Рис. 2.1: Сівалка СПП-12

Вузли і механізми сівалки представляють основні компоненти, необхідні для проведення оптимального посіву кукурудзи. Деякі з них включаються:

1. Рама зварної конструкції: надає міцності та стійкості сівалці, забезпечує правильне розташування всіх вузлів і механізмів.

2. Посівні секції: складаються з сошників, ріжучих ножів, ребордів, прикочувальних котків, дискових загортачів і пружин. Ці елементи

відповідають за правильне внесення насіння в ґрунт і його захист.

3. Висіваючі апарати: пневмомеханічного типу, які відповідають за розподіл насіння в рядках посіву з необхідною рівномірністю.

4. Дводискові сошники: використовуються для загортання мінеральних добрив, що вносяться разом з насінням.

5. Туковисіваючі апарати: використовуються для внесення туків у ґрунт поряд з насінням.

6. Гідрофікований маркер: залишає слід для прямолінійного водіння сівалки під час руху агрегату

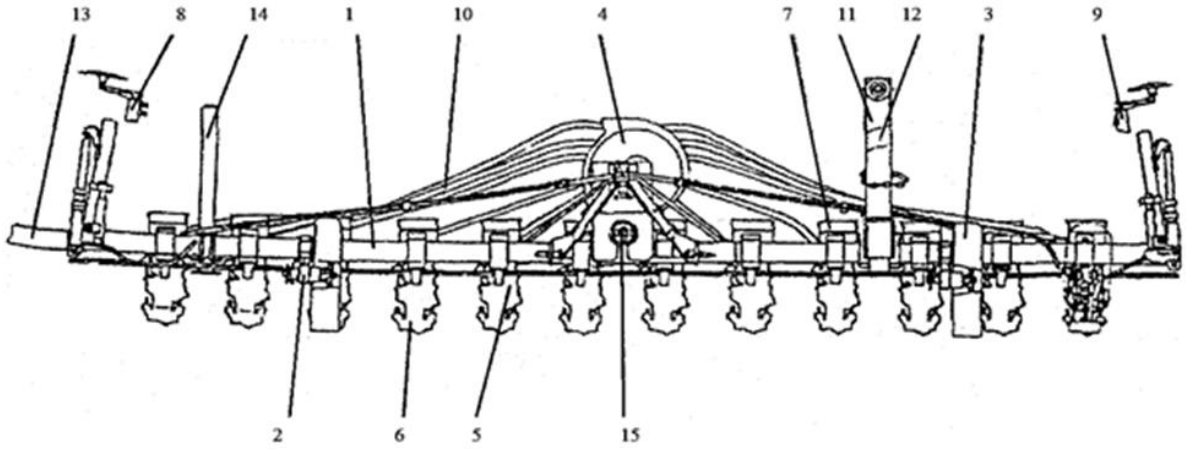


Рис. 2.2. Схема сівалки прямого посіву СПП-12: 1 – рама; 2 – опора; 3 – колесо; 4 – привід вентилятора; 5 – посівна секція; 6 – комковідвід; 7 – бункер; 8, 9 – маркер; 10 – трубопровід; 11, 12 – опора; 13 – дишло; 14 – стійка; 15 – карданний вал з захисним кожухом.

Посівні секції (рис. 2.3), до складу яких входять бункери для посівного матеріалу та пневматичні висіваючі апарати, кріпляться до рами знаряддя за допомогою паралелограмних підвісок.

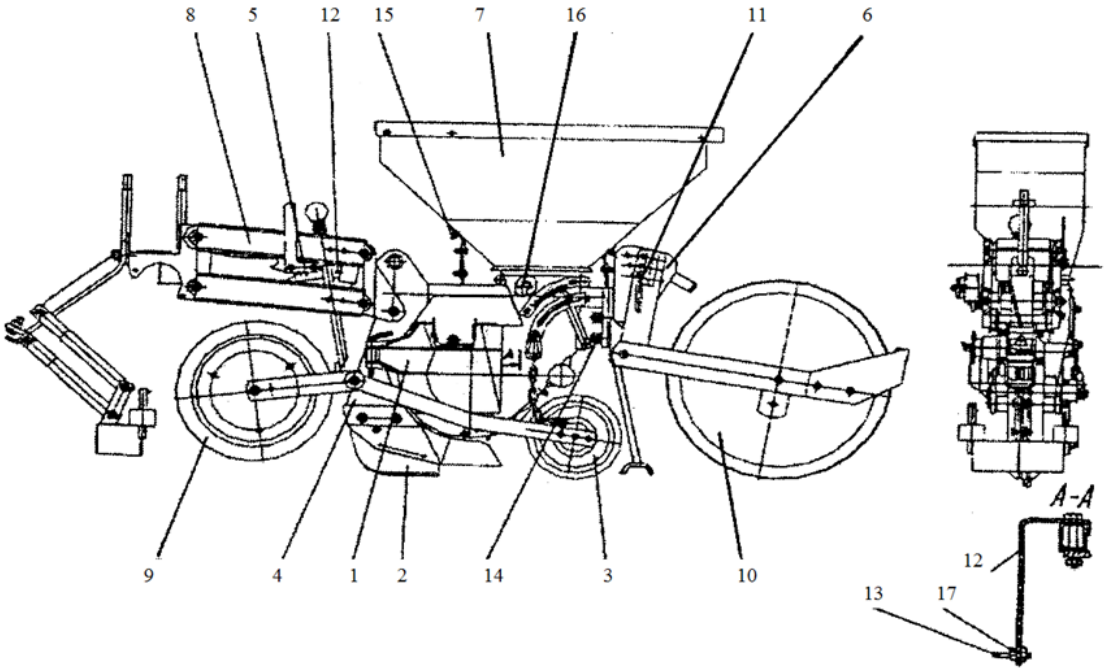


Рис. 2.3. Посівна секція сівалки СПП-12: 1 – висівний апарат, 2 – сошник, 3 – проміжний диск, 4, 5 – кронштейн, 6, 7 - бункер, 8 – паралелограмний механізм, 9 – колесо, 10 – фіксатор, 11 – скоба, 12 – обмежувач, 13 – болти.

Висіваючі елементи для посіву кукурудзи у стандартному виконанні встановлюються на ширину міжряддя 70 см. Контроль за шириною міжрядь виконується виміром від середини одного сошника до середини наступного. При розташуванні коліс між висіваючими елементами, ширина міжрядь може змінюватися в діапазоні 45-70 см.

Сівалка СПП-12 агрегатується з тракторами класу 3.

Робочий процес відбувається в системі посіву, яка використовується для розсіювання насіння та добрив на полі під час сівби. Основні кроки цього процесу можна узагальнити наступним чином:

Насіння та добрива зберігаються у бункерах на сівалках. У цих бункерах знаходяться запаси насіння та добрив, які будуть використовуватись під час сівби.

Під час руху сівалки по полю, насіння самопливом поступово переходить з бункерів до верхньої частини висівних барабанів. Це відбувається за допомогою опорно-приводних коліс, які приводять в рух висівні барабани.

На верхній частині кожного висівного барабана розміщені комірки, в які потрапляє насіння. Ролик, що розташований на барабані, зчищає зайве насіння з поверхні барабана, що сприяє кращому заповненню комірок насінням.

Під час обертання барабана насіння переміщується у нижню частину барабана, де воно випадає з комірок під дією клиновидних виштовхувачів. Це дозволяє розсіювати насіння рівномірно по полю.

Випавше насіння потрапляє в порожнину сошника, яка є частиною сівалки. Сошник виконує роль направляючої структури, що спрямовує насіння у борозну на певній глибині.

Одночасно з висіванням насіння, туковисівні апарати подають мінеральні добрива в тукопроводи, які також спрямовуються до сошників.

Добрива, які подаються з туковисівних апаратів, розподіляються у ґрунті з лівого та правого боків від рядка насіння. Це забезпечує рівномірне розподілення добрив по полю та оптимальне живлення рослин.

Для створення борозен загортачі використовуються. Вони загортають борозна після висіву насіння та розподілу добрив, що допомагає зберегти насіння та добрива у землі, захистити їх від випаровування та відмивання дощами.

Тукові сошники, що використовуються для висіву насіння, мають спеціальні грудковідводи. Ці відводи допомагають відводити грудки ґрунту з зони рядка, що формуються під час висіву насіння, для забезпечення оптимального розвитку сіянців.

Сошник, що використовується для висіву насіння, має долотоподібну форму. Він впикує в ґрунт та створює борозну для розміщення насіння на потрібній глибині. Попереду сошника розташовується ніж з ребордами, який допомагає розрізати землю і покращує проникнення сошника у ґрунт.

Для створення розрідження в пневматичних апаратах на сівалці встановлено вентилятор з приводами від гідросистеми трактора.

На рамі сівалки встановлені туковисіваючі апарати з бункерами, під якими закріплений прилад шнекового типу для завантаження їх мінеральними добривами.

На рамі сівалки встановлені туковисіваючі апарати з бункерами, під якими закріплений прилад шнекового типу для завантаження їх мінеральними добривами.

На брусі рами на радіальних поводках встановлені дводискові тукові сошники.

Привід висіваючих і туковисіваючих апаратів здійснюється від опорно-приводних коліс через ланцюгову передачу.

По бокам рами шарнірно закріплені гідрофіковані маркери.

Транспортування сівалки по дорогам проводиться на двох транспортних колесах.

Сівалка устаткована системою контролю висіву і рівня насіння у бункерах, яка служить для автоматичного контролю процесу висіву насіння у грунт і рівня насіння і добрив у бункерах.

У разі припинення польоту насіння в контрольованій зоні висіваючого апарату із-за засмічення сошника чи відсутності висіву по іншим причинам, вмикається звуковий сигнал, а на пульті засвічується номер сошника, в якому припинився висів насіння.

При зниженні рівня насіння і добрив у бункерах нижче контрольованого, короткочасно вмикається звуковий сигнал і засвічується світловий індикатор.

Принцип роботи механізмів сівалки полягає в наступному.

Обертання дисків насіннєвисіваючих апаратів здійснюється від опорно-приводних коліс за допомогою ланцюгової передачі.

Розрідження у порожнині кришки висіваючого апарату створюється вентилятором, який приводиться в дію від гідросистеми трактора.

Насіння, яке присмоктується до отворів диска, що обертається, які знаходяться в зоні розрідження, транспортується із забірної камери.

Видалення зайвого насіння, присмоктаного до отворів, здійснюється скидачем зайвого насіння.

Одночасно з висівом насіння відбувається висів мінеральних добрив. Шнеки туковисіваючих апаратів захоплюють мінеральні добрива, що знаходяться в бункерів і виносять їх через вікна і тукопроводи в борозни, створені туковими сошниками. Дводискові сошники загортають туки у грунт обабіч висіву насіння та глибше на 20…30 мм.

У нижній частині висіваючого апарату при переході отворів з насінням із зони розрідження в зону атмосферного тиску насіння по одному відпадає від отворів і по насіннєпроводу направляється на дно борозни, створеної п’ятою сошниками.

Грунт ущільнюється прикочуючими котками, які створюють контакт насіння з ґрунтом і підтягуванням до них вологи.

Дисковими загортачами борозна закривається, а пружинно гребінкою вирівнюється рельєф поля.

При висіві сої вентилятор не вмикається і висів відбувається механічним способом. Насіння із бункеру поступає в порожнини лопатевої котушки і захоплюється комірками і через вікно викидається в борозну, створену способом. Насіння із бункеру поступає в порожнини лопатевої котушки і захоплюється комірками і через вікно викидається в борозну, створену сошником.

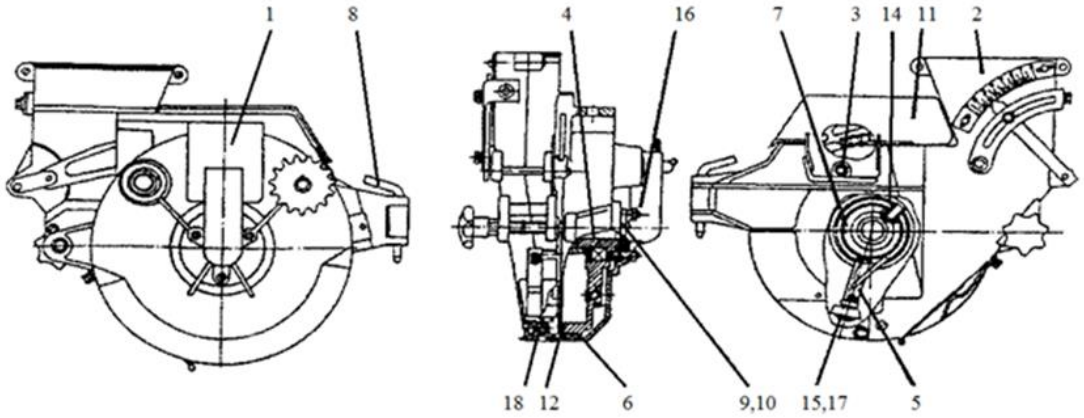


Рис. 2.4. Висівний апарат сівалки СПП-12: 1, 2 – корпус; 3 – ручка; 4 – ведений диск; 5 – ролик; 6 – кришка; 7 – опора; 8 – фіксатор; 9, 10, 12 – прокладка; 11 – кришка; 13 – кільце; 14 – гвинт; 15 – болт; 16 – гайка; 17, 18 – шайба; 19 – шпилька.

Таблиця 2.1

Технічні характеристики сівалки СПП-12

Тип машини	начіпна
Продуктивність за годину основного часу, га	3,24
Ширина міжрядь, мм	450, 500, 700
Робоча швидкість агрегату, км/год	5-7
Об'єм бункера для посівного матеріалу, л	12×28
Інтервал між зернинами, см	3,8 – 28,5
Кількість рядків	12
Глибина загортання посівного матеріалу, см	2 - 5,5
Габаритні розміри в робочому положенні, не більше, мм:	
- довжина	7100
- ширина	2450
- висота	2850

Апарат для посіву працює так:

Насіння засипається в бункер 8 сівалки і надходить в камеру апарату через приймальне вікно. Під час роботи знаряддя вентилятор відсмоктує повітря з камери розрідження 2 кришки апарата. Присмоктувальні отвори висівного диска 3 притягують вміст, що знаходиться в камері. Висівний диск обертається, посівний матеріал разом з диском рухається знизу догори до скидача зайвого насіння. Відсічний механізм скидання відокремлює вміст від присмоктувальних отворів висівного диска, утворюючи поодинокий потік, який рухається до нижньої частини апарату. Так, у нижній частині апарату отвори висівного диска виходять із зони дії вакуумної камери (зона А) і потрапляють у зону атмосферного тиску (зона Б). Це створює різницю тиску, яка допомагає відокремити насіння від отворів диска. У результаті цієї різниці тиску насіння відпадає від присмоктувальних отворів диска і потрапляє в канал сошника 4. Звідти насіння направляється в борозну для посіву. Цей процес дозволяє ефективно і рівномірно посіяти насіння на полі за допомогою сівалки.

2.2 Технологічні розрахунки

1. Об’єм бункера раціональний

$$V = \frac{K_З K L b Q}{10^4 \gamma}, \qquad (2.1)$$

де: $К_З$ – коефіцієнт, враховуючий необхідний запас насіння кукурудзи, коли сівалка зупиняється для чергового заправлення посівним матеріалом, $К_З$=1,5;

К – кількість сошників, до яких надходить посівний матеріал з одного бункера, К=1;

L – шлях посівного агрегату від заправки до заправки, з урахуванням розмірів поля, м

$L=mL_г$,

де: $L_г$ – довжина одного гону на полі, $L_г$=1200 м;

m – кількість гонів;

L=14·1200=16800 м;

b – ширина міжрядь, b=70 см;

Q – норма висіву кукурудзи;

γ – об'ємна маса насіння кукурудзи.

Норма висіву для насіння кукурудзи обраховується в штуках на 1 га.

$$Q = \frac{Mq_o}{10^6},$$

де: M – кількість насінин кукурудзи на 1 га;

q_o – абсолютна маса 1000 шт. насінин кукурудзи (q_o=250 г).

$$Q = \frac{120000 \cdot 2500}{10^6} = 30 \text{ тис.шт./га}.$$

Об'єм бункера визначається:

$$V = \frac{1{,}5 \cdot 1 \cdot 16800 \cdot 70 \cdot 30}{10^4 \cdot 850} = 6{,}2 \text{ дм}^3.$$

2. Розрахунок пневматичного висіваючого апарату

Визначаємо необхідне розрідження потоку для забезпечення присмоктування насінин до отворів диску.

Коли число обертів диска збільшується, то насіння кукурудзи під дією відцентрових сил долає силу присмоктування, відривається від отвору і переміщується по осі У (рис. 2.5).

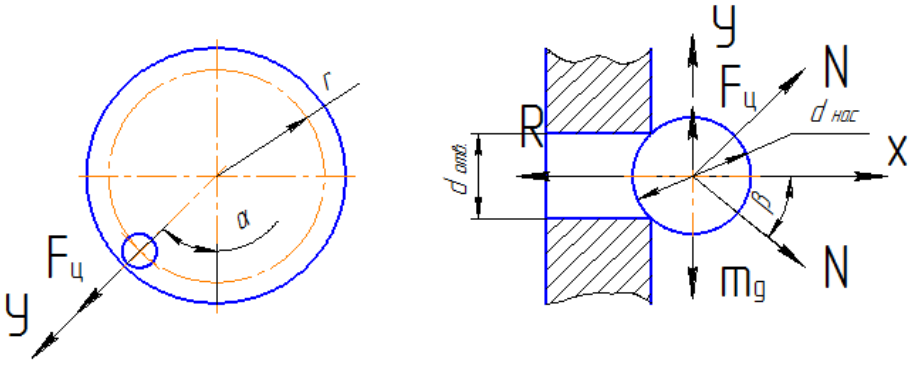


Рис. 2.5 Схема сил, діючих на насінину, присмоктану до отвору.

Умова рівноваги насіння кукурудзи:

$$\begin{cases} \sum X = 0 \\ \sum Y = 0 \end{cases} \qquad \begin{cases} R - N\cos\beta = 0 \\ F_ц - m_g \sin\alpha - N\sin\beta = 0 \end{cases}, \tag{2.2}$$

де: R – сила присмоктування насінини;

$F_ц$ – відцентрова сила інерції;

α – кутова координата;

N – реакція ребра отвору;

β – кут між N і віссю X.

Розмір сили присмоктування R залежить від розрідження у вакуумній камері висіваючого апарату, а за величиною розрідження визначається якість роботи пневматичного висіваючого апарату.

Визначаємо необхідне розрідження.

Виділяють три характерні випадки присмоктування насінин до отворів присмоктувального диска.

1. Насінина може знаходитися у близькості до отворів, яка кратна його розмірам:

$$\Delta P_1 = \frac{\left[1+0{,}8\cdot\left(\frac{d_{нас}}{2d_{отв}}\right)^{-1{,}4}\right]\gamma_в V_{кр}^2\left(K-\sin\alpha\right)\sqrt{d_{нас}^2-d_{отв}^2}}{1{,}15\cdot\left(2\frac{d_{нас}}{d_{отв}}\right)^{-2{,}8}\mu^2 q d_{отв.}}. \qquad (2.3)$$

2. Насінина може знаходитися в стані присмоктування, вона захоплюється біля ребер отворів рухомим потоком повітря:

$$\Delta P_2 = \frac{\gamma_в V_{кр}^2\left(K-\sin\alpha\right)\sqrt{d_{нас}^2-d_{отв}^2}}{2q\mu^2 d_{отв.}}. \qquad (2.4)$$

3. Насінина присмокталася до отвору і може обертатися одночасно з диском:

$$\Delta P_3 = \frac{4mg\left(K-\sin\alpha\right)\sqrt{d_{нас}^2-d_{отв}^2}}{\pi d_{отв.}^3}, \qquad (2.5)$$

де: $d_{нас}$ – середній розмір насінини кукурудзи, $d_{нас}\approx 8{,}3$ мм;

m – маса однієї насінини кукурудзи, $m=334\cdot10^{-6}$ кг;

$d_{отв.}$ – діаметр отвору висіваючого диску,

$$d_{отв.}=0{,}7\ d_{нас}=0{,}7\cdot 8{,}3=5{,}8 \text{ мм},$$

приймаємо значення $d_{отв.}=5{,}5$, яке використовують для висіву насіння кукурудзи універсальним апаратом.

$\gamma_в$ – питома вага повітря; приймаємо $\gamma_в=1{,}4$ кг/дм^3 (нормальні умови);

μ – коефіцієнт витрат посівного матеріалу, μ=0,8;

$V_{кр}$ – критична швидкість повітряного потоку насіннєвої маси, яка дорівнює швидкості витання насіння.

$V_{кр}^{кук.} = 9{,}8...13{,}5\ \ м/с$, приймаємо $V_{кр}^{ку.} = 12\ \ м/с$;

q – прискорення вільного падіння, q=9,8 м/с;

К – коефіцієнт кінематичного режиму руху висіваючого диска:

$$K = \frac{\omega^2 r}{q}.$$

$$\omega = \frac{\pi n_q}{30}, \text{ с}^{-1},$$

де r – радіус розташування отворів висіваючого диска, приймаємо конструктивно r=0,06 м.

n_q – частота обертання висіваючого диска,

$$n_q = \frac{QV_a}{z(1-\xi)},$$

V_a – швидкість руху посівного агрегату, м/с;

z – число отворів у диску, z=22;

ξ – коефіцієнт тертя ковзання

$$\xi = 0{,}05 \pm 0{,}1.$$

Розрахунок ведемо при нормі висіву насіння кукурудзи на зерно Q=5,6 шт./м і розрахункової швидкості посівного агрегату V_a=3,3 м/с.

$$n_q = \frac{5{,}6 \cdot 3{,}3}{22 \cdot (1-0{,}08)} = 0{,}91\ \text{м/с}.$$

$$n_q = 55{,}3\ \text{хв}^{-1}.$$

$$\omega = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}91}{30} = 9{,}5 \cdot 10^{-2},$$

тоді

$$K = \frac{\left(9{,}5 \cdot 10^{-2}\right)^2 \cdot 0{,}06}{9{,}81} = 5{,}9 \cdot 10^{-5}.$$

Розраховуємо необхідне розрідження у трьох випадках при куті α=180° при умові, що насінина відривається від отвору і при створенні сприятливих умов для завчасного відриву насінини, щоб не порушувалася якість висіву.

$$\Delta P_1 = \frac{\left[1+0{,}8\cdot\left(\frac{8{,}3\cdot10^{-3}}{2\cdot5{,}5\cdot10^{-3}}\right)^{-1{,}4}\right]\cdot1{,}24\cdot12^2\left(0{,}2-\sin180°\right)\sqrt{\left(8{,}3\cdot10^{-3}\right)^2-\left(5{,}5\cdot10^{-3}\right)^2}}{1{,}15\cdot\left(2\frac{8{,}3\cdot10^{-3}}{5{,}5\cdot10^{-3}}\right)^{-2{,}8}\ 0{,}8^2\cdot9{,}81\cdot5{,}5\cdot10^{-3}} =$$

$= 232\ \text{кг/м}^2 = 232\ \text{мм.вод.ст.}$

$$P_2 = \frac{1{,}24\cdot12^2 0{,}2\left(0{,}2-\sin180°\right)\sqrt{\left(\left(8{,}3\cdot10^{-3}\right)^2-\left(5{,}5\cdot10^{-3}\right)^2\right)}}{2\cdot9{,}81\cdot0{,}8^2\cdot5{,}5\cdot10^{-3}} =$$

$= 9{,}7\ \text{кг/м}^2 \approx 9{,}7\ \text{мм.вод.ст}$

.

$$P_3 = \frac{4\cdot334\cdot10^{-6}\cdot9{,}8\cdot\left(0{,}2-\sin180°\right)\sqrt{\left(8{,}3\cdot10^{-3}\right)^2-\left(5{,}5\cdot10^{-3}\right)^2}}{3{,}14\cdot\left(5{,}5\cdot10^{-3}\right)^3} =$$

$= 348\ \text{кг/м}^2 \approx 350\ \text{мм.вод.ст.}$

При посіві насіння кукурудзи розраховане розрідження є достатнім для нормальної роботи висіваючого апарату.

3. Визначаємо витрати тиску в пневматичній системі висіваючого апарату.

Коли повітря рухається по повітропроводах, тиск може витрачатися на переборення тертя $P_{тр}$ та місцевих опорів $P_{м.о.}$

$$P_\xi = P_{тр} + P_{м.о.}. \qquad (2.6)$$

Витрачання тиску на тертя в круглих трубопроводах:

$$P_{тр} = \lambda\frac{\ell}{Д}\frac{\gamma_в V^2}{2q}, \qquad (2.7)$$

де: ℓ – довжина трубопроводу, м;

Д – діаметр трубопроводу, мм;

λ – коефіцієнт опору тертя, визначається з функції числа Рейнольдса та визначається за формулою Нікурадзе:

$$\lambda = 0{,}032 + 0{,}221\,Re^{-0.237},$$

де Re – число Рейнольдса,

$$Re = \frac{ДV}{\nu}, \qquad (2.8).$$

де ν – коефіцієнт кінематичної в’язкості.

За барометричного тиску $P_б$=76 мм. рт. ст. і температури 20°С

$$\nu=0{,}149\cdot10^{-4}\ \text{мR/с}.$$

Швидкість повітряного потоку в трубопроводі:

$$V = 4{,}04\sqrt{h_д}\,, \tag{2.9}$$

де $h_д$ – динамічний тиск, $h_д$ =37,2 кг/м^2.

$$V = 4{,}04\sqrt{37{,}2} = 24{,}64.$$

– для трубопроводів, які мають діаметр 32 мм:

$$\mathrm{Re} = \frac{0{,}032\cdot 24{,}64}{0{,}149\cdot10^{-4}} = 5{,}3\cdot10^{4}.$$

– для трубопроводів, які мають діаметр 75 мм:

$$\mathrm{Re} = \frac{0{,}075\cdot 24{,}64}{0{,}149\cdot10^{-4}} = 1{,}24\cdot10^{5}.$$

Визначення коефіцієнту опору тертя:

– для трубопроводів, які мають діаметр 32 мм:

$\lambda=0{,}032+0{,}021\cdot(5{,}3\cdot10^{4})^{-0{,}237}=4{,}8\cdot10^{-2}$;

– для трубопроводів, які мають діаметр 75 мм:

$\lambda=0{,}032+0{,}021\cdot(1{,}24\cdot10^{5})^{-0{,}237}=4{,}5\cdot10^{-2}$.

Витрати тиску в пневматичній системі з кількістю повітропроводів 12:

– при діаметрі 32 мм і довжині 0,7 м

$$P_{тр} = 0{,}048\cdot\frac{0{,}7}{0{,}032}\cdot\frac{1{,}24\cdot24{,}64^{2}}{2\cdot9{,}8}\cdot12 = 483{,}9\ \text{кг/м}^2;$$

– при діаметрі 75 мм і довжині 7,8 м

$$P_{тр} = 0{,}045\cdot\frac{7{,}8}{0{,}075}\cdot\frac{1{,}24\cdot24{,}64^{2}}{2\cdot9{,}8}\cdot12 = 179{,}75\ \text{кг/м}^2.$$

Сумарні витрати тиску на тертя в пневматичній системі:

$P_{тр}$=483,9+179,75=663,65 кг/м^2.

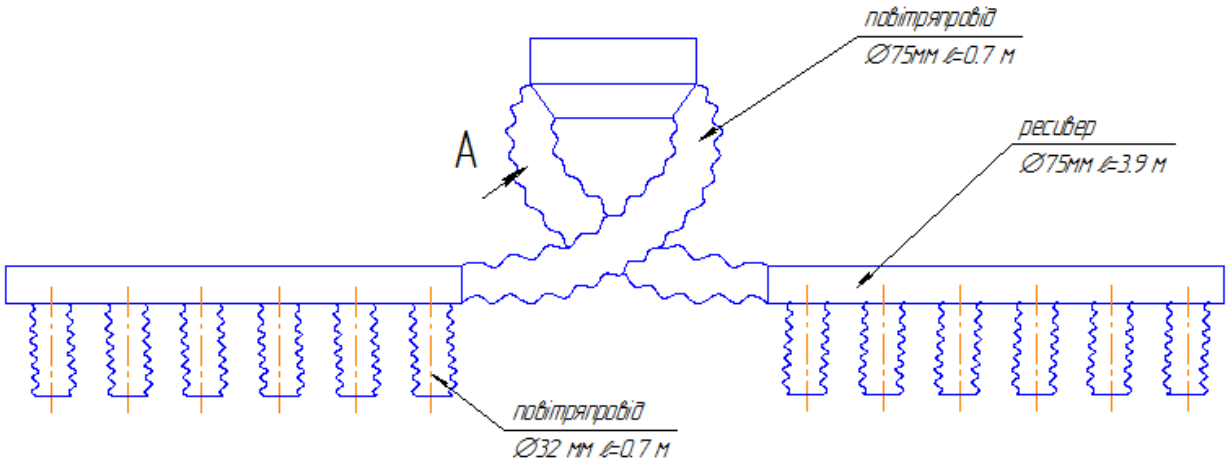


Рис. 2.6. Схема розташування повітропроводів.

За допомогою функції динамічного тиску визначаємо Витрати тиску на подолання місцевих опорів:

$$P_{м.о.} = \xi \frac{\gamma_в V^2}{2q}, \qquad (2.10)$$

де: ξ – коефіцієнт місцевого опору.

Найпоширенішим вважається місцевий опір, щ може виникнути при розширюванні чи звужуванні повітропровода, або ж при його перегинанні.

1. При раптовому звуженні повітропровода

$$\xi_{в.з.} = 0{,}5 \cdot \left(1 - \frac{f}{F}\right), \qquad (2.11)$$

де $F \approx 2f$,

$\xi = 0{,}25$.

для 12-ти входжень у ресивер

$$P_{м.о_1} = 0{,}25 \cdot \frac{1{,}24 \cdot 24{,}64^2}{2 \cdot 9{,}8} \cdot 12 = 115{,}2 \ \text{кг/м}^2.$$

2. Згин повітропровода

$$\xi_к = К_к \cdot \xi_1 \cdot \xi_2 \cdot \xi_3, \qquad (2.12)$$

де: $К_к = 0{,}73$ – постійний коефіцієнт пропорційності;

ξ_1 – коефіцієнт залежності від радіуса заокруглення повітропроводу (R/Д);

ξ_2 – коефіцієнт, який залежить від кута повороту коліна повітропроводу (α).

ξ_3 – коефіцієнт, що залежить від форми поперечного перерізу повітропроводу. Для перерізу круглої форми $\xi_3 = 1{,}0$.

Коефіцієнт місцевого опору для ділянки А (рис. 2.7)

Приймаємо за табличними даними

для R/Д=5 ξ_1=0,12.

для α=40° ξ_2=0,6.

$\xi_к$=0,12·0,6·1,0=0,072.

$$P_{м.о_2} = 0{,}072 \cdot \frac{1{,}24 \cdot 24{,}64^2}{2 \cdot 9{,}8} \cdot 12 = 5{,}52 \ \text{кг/м}^2$$

.

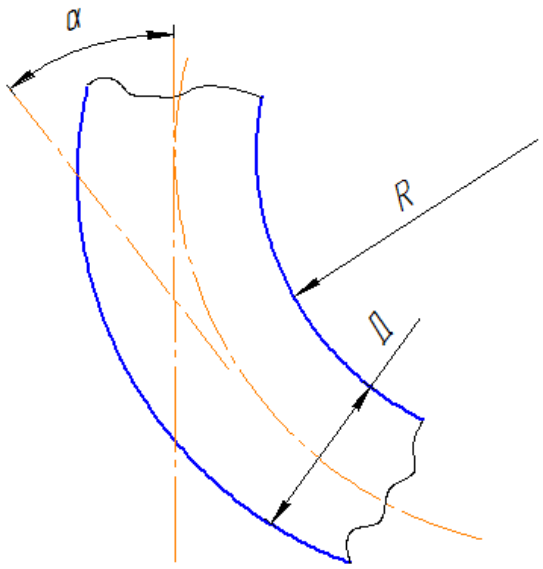


Рис. 2.7. Схема скруглення повітропроводу

Сума витрат тиску на місцеві опори

$P_{м.о.}$=115,2+5,52=120,7 кг/м^2.

Розрідження для якісної роботи апаратів, яке може бути утворене вентилятором

ΣР=350+281,37=631,37 мм. вод. ст.=6314 Па.

3. Розрахунок вентилятора

Основні показники вентилятора:

– витрачання повітря, м^3/с;

– швидкість повітря, м/с;

– натиск.

Визначення динамічного натиску за допомогою кінетичної енергії одиниці об’єму повітря:

$$H_{дин} = \rho \frac{V^2}{2}, \qquad (2.13)$$

де ρ – щільність повітря у повітропроводі;

V – середня швидкість повітря на виході з повітропроводу, для

кукурудзи $V=0,8V_c$;

де: V_c – швидкість потоку повітря у повітропроводі;

$$V=0,8\cdot 15=12 \text{ м/с.}$$

$$\rho = 0,4645\frac{B}{T}, \qquad (2.14)$$

де: В – барометричний тиск, мм рт. ст.

$$T=273+t.$$

де: t – температура довколишнього середовища, обираємо t=15°,

$$\rho = 0,4645\cdot\frac{760}{273+15} = 1,225 .$$

$$H_{дин} = 1,225\cdot\frac{12^2}{2} = 88,2 \text{ кг/м}^2 .$$

Теоретичний натиск зважаючи на втрати в пневматичній системі

$$H_т = \frac{H_{дин}}{\eta} .$$

$$H_m = \frac{88,2}{0,83} = 106 \text{ кг/м}^2 .$$

Вважаючи, що повітря може всмоктуватися в радіальному напрямку, то визначити секундний об'єм повітря можна за формулою:

$$Q=2\pi r_1 bV\cos\alpha, \qquad (2.15)$$

де: r_1 – радіус камери на вході, який визначаються умовою: площа дванадцяти всмоктуючих отворів з камер висіваючих апаратів і площа вхідного отвору вентилятора однакові, тобто

$$12\cdot\frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi Д_o^2}{4} . \qquad (2.16)$$

$$Д_o = \sqrt{12d^2} = \sqrt{12\cdot 32^{32}} = 110 \text{ мм},$$

тоді r_1=55 мм;

b – ширина камери вентилятора, b=60 мм;

α_1 – кут між дотичними до поверхні лопаті на вході та напрямком руху повітря.

Конструкція вентилятора передбачає значення α_1=20°. Тоді

$Q=2\pi\cdot 0,055\cdot 0,06\cdot 12\cos 20°=0,234$ м^3/с.

Зовнішній діаметр ротора:

$$Д_2 = \frac{60}{\pi n}\sqrt{\frac{H_т}{C_н \rho}}, \qquad (2.17)$$

де: n – кількість обертів колеса, n=4200 об/хв=1,16 об/с;

$C_н$ – коефіцієнт, для радіальних лопатей $C_н$=0,27.

$$Д_2 = \frac{60}{3{,}14 \cdot 1{,}16}\sqrt{\frac{106}{0{,}27 \cdot 1{,}225}} = 0{,}294 \text{ м}.$$

Приймаємо стандартне значення $Д_2$=300 мм з урахуванням втрат.

Визначаємо потужність, необхідну для нормальної роботи вентилятора

$$N = \frac{QH_т}{75n\eta}. \qquad (2.18)$$

$$N = \frac{0{,}234 \cdot 106 \cdot 3600}{75 \cdot 4200 \cdot 0{,}8} = 3{,}54 \text{ кВт}.$$

Для привода вентилятора приймаємо гідромотор ГМШ-50А. Він підходить для з’єднання з гідравлічною системою трактора Т-150К.

2.3. Висновки. Постановка мети і задач досліджень.

Аналіз наукових праць показав, що, незважаючи на значне дослідження питання рівномірності розподілу насіння в рядках посіву, яка значно залежить від якості його дозування висіваючими апаратами просапних сівалок, конструкція їх деяких елементів, у тому числі і дозуючих, впроваджується у виробництво без наукового обґрунтування, виходячи з технологічної простоти виготовлення або традицій, які склалися. Це стримує зростання продуктивності посівних агрегатів (при заданих вимогах до точності висіву), що призводить до затягування строків посіву і, як наслідок, недобору врожаю.

У зв'язку з цим обґрунтування конструктивних і режимних параметрів елементів універсальних пневмовакуумних висівних апаратів просапних сівалок, спрямоване на забезпечення високої якості дозування насіння просапних культур, є актуальною задачею.

Мета дослідження: удосконалення процесу подачі насіння кукурудзи пневмовакуумним висівним апаратом шляхом обгрунтування геометрії дозуючих елементів у зонах захоплення та транспортування насіння.

Задачі:

1) Аналітично обґрунтувати раціональну конструкцію адаптивних дозуючих елементів висівного диска пневмовакуумного висівного апарату.

2) Дослідити закономірності процесу захоплення і винесення насіння адаптивними дозуючими елементами, обґрунтувати їх раціональні параметри.

3) Експериментально оцінити вплив параметрів запропонованих дозуючих елементів і режимів роботи пневмовакуумного висівного апарату на якість дозування насіння кукурудзи.

Об’єкт дослідження: процес подачі насіння кукурудзи висіваючим апаратом пневматичної сівалки.

Предмет дослідження: закономірності процесу подачі насіння кукурудзи дозуючими елементами пневмовакуумного висіваючого апарату.

3. НАУКОВА ЧАСТИНА

3.1. Сучасний стан питання із вирощування просапних культур

Вирощування кукурудзи, сої, соняшників займає особливе місце в загальному виробництві сільськогосподарських просапних культур. Ці культури відіграють значну роль у забезпеченні продовольчої безпеки та виробництві комерційної сільськогосподарської продукції. Високі врожаї та економічна вигідність вирощування просапних культур сприяють їх популярності серед сільськогосподарських виробників. Крім того, вирощування просапних культур має позитивний вплив на ротацію культур, ґрунтознавство та екологічну стійкість сільськогосподарських екосистем.

Посів є однією з ключових технологічних операцій у сільському господарстві, і вона має суворі обмеження щодо часу виконання. Виробники повинні сіяти свої культури швидко і точно. З цією метою землеробська інженерія продовжує розвиватися, використовуючи передові досягнення в галузі пневмо- та гідродинаміки, автоматики, механотроніки і космічного зв'язку, включаючи GPS-навігацію. Ці технології дозволяють сіяти культури швидше, ефективніше і з більшою точністю, сприяючи покращенню врожайності і оптимізації використання ресурсів. Використання GPS-навігації дозволяє сіяти по заздалегідь заданим координатам, забезпечуючи рівномірний розподіл насіння та уникнення перекриття або пропуску ділянок. Це сприяє ефективному використанню часу та ресурсів, що є ключовими факторами для досягнення успіху в посівній діяльності..

Посів просапних культур виконують сівалками точного висіву

Вирощування просапних культур вимагає дотримання деяких важливих технічних параметрів для забезпеченні ефективності процесу [7].

Рівномірний розподіл насіння по довжині рядка дозволяє виконувати вимоги агротехніки щодо розміщення рослин по площі поля. Це забезпечує однаковий доступ до ресурсів (сонця, води, поживних речовин) для кожної рослини і сприяє їх рівномірному розвитку та врожайності.

Стабільна і легко замінна глибина і якість загортання насіння в ґрунт є важливими факторами для забезпечення максимальної польової схожості

насіння та збереження ростків протягом проростання. Це допомагає забезпечити оптимальні умови для проростання насіння, знижує ризик пошкодження ростків і сприяє високій виживаності рослин.

Висока продуктивність сівалки є важливим критерієм для забезпечення встановлених агростроків висіву. Швидкий та ефективний процес висіву дозволяє використовувати доступний час і ресурси оптимально, що є ключовим чинником успішного вирощування просапних культур.

Забезпечення цих технічних параметрів допомагає досягти високої якості посіву, що сприяє підвищенню врожайності та ефективності вирощування просапних культур.

На ринку України представлено сівалки точного висіву для просапних культур, які виробляють провідні фірм Європи і США (Kuhn, Massey Fergusson, Horsh, Great lains, Kverneland, «Maschio-Gaspardo S.p.A» Amazone, John Deere та ін.). Вони мають високу якість виготовлення, стабільність виконання технологічного процесу і надійність конструкції. Але зависока ціна цих сівалок доступна тільки господарствам які мають високий рівень ресурсного та матеріального забезпечення. На ринку вживаних сівалок з Європи і США, представлено теж дорогі зразки і господарства з низьким і задовільним матеріальним станом також не в змозі їх придбати. Та і вартість запчастин до імпортних сівалок теж занадто дорога. Тому господарства які мають достатній, задовільний і низькій рівень ресурсного та матеріального забезпечення віддають перевагу сівалкам вітчизняного виробництва, які хоч і поступаються за технічними характеристиками закордонним аналогам, але доступні за ціною.

3.2. Огляд просапних сівалок.

Massey Ferguson (Precision Planting) (США) виготовляють с**івалки точного висіву,** які призначені для посіву усіх видів технічних культур при технологіях традиційного, мінімального або нульового обробітку грунту.



Рис. 3.1. Сівалка точного висіву MASSEY FERGUSON 9100 VE PRECISION PLANTING.

LEMKEN (Німеччина) представляє для сівби просапних культур **сівалку Azurit 9** (рис. 3.2). Головна особливість сівалки Azurit 9 – нова система висіву подвійними рядками (DeltaRow), що дає можливість оптимально розподілити насіння по площі.



Рис. 3.2. Сівалка Azurit 9.

ТОВ «Агромаш-Калина», (Україна) представляє **механічні посівні комплекси «OVTECH» культиваторного типу** (рис. 3.3). Вони виконують прямий посів з повною обробкою стерні при технології мінімального обробітку. За один прохід виконується повний обробіток стерні, основний і передпосівний обробіток, виконується ідеальне насіннєве ложе, посів насіння і добрив проводиться смугою шириною 12-15 см, посівний матеріал покривається мульчею, потім проводиться боронування та коткування.



Рис. 3.3. Механічний посівний комплекс «OVTECH» культиваторного типу.

ТОВ «КапіталПромРесурс»» разом із Заводом Спеціального Технологічного Обладнання ПАТ "Електротехнологія" (Україна) представляє **механічні стерньові сівалки СІВА НОВА** (рис. 3.4), які призначаються для посіву зерно-бобових культур, різних трав з одночасним внесенням сухих мінеральних добрив і прикочуванням посівів.



Рис. 3.4. Механічна стерньова сівалка «Сіва СЗМ 3.6».

Сівалки СІВА НОВА вигідно відрізняються від зарубіжних, тому що повністю пристосовані до вітчизняних умов експлуатації і ремонту. При використанні цих сівалок не потрібний передпосівний обробіток, що дозволить економити паливо, зекономить витрати на зарплату механізаторам; зменшить трудомісткість процесу посіву; збільшить швидкість посіву. дасть змогу вивільнити техніку.

Пневматична сівалка «МатерМакк» (MaterMacc) (Італія).



Рис. 3.5. Сівалка **MaterMacc.**

Модельний ряд сівалок серії TWIN ROW розроблена для вирощування, в першу чергу, кукурудзи, вона гарантує розкладку насінин у шаховому порядку. Така технологія сприяє кращому розташуванні насіння, оптимізує відстані між рослинами у рядках. При шаховому розташуванні у ґрунті рослини мають більший доступ до вологих шарів і поживних речовині отримують більшу дозу сонячного світла.

Швейцарська **сівалка Vaderstad Rapid 600C** (рис. 3.6) здатна виконувати передпосівну підготовку насіннєвого ложа, вирівнює поверхню, посів та прикочування посівного матеріалу за один прохід по полю, здійснює посів після мінімального обробітку ґрунту, після оранки або прямо в стерню.



Рис. 3.6. Сівалка Vaderstad Rapid 600C.

Сівалка Rapid здійснює посів за різних умов, тому що оснащена потужним переднім ґрунтообробним знаряддям та унікальним сошником, який за рахунок високого тиску сприяє ефективному проникненні в ґрунт і здійснює посів безпосередньо в стерню, при цьому зменшується кількість проходів та зберігається волога в грунті.

Український **посівний комплекс «ATD»** (рис. 3.7) за один прохід виконує посів без попереднього обробітку грунту, вносить сипучі і рідкі добрива під горизонт посіву і коткує грунт в смузі висіву, тобто є ресурсозберігаючою універсальною технікою для грунтозахисного землеробства. Використання такого посівного комплексу дає можливість отримувати високі врожаї сільськогосподарських культур і при цьому відновлює родючість грунтів для забезпечення в майбутньому рентабельного рослинництва.



Рис. 3.7. Посівний комплекс «ATD».

Німецький **універсальний висівний комплекс для технології strip-till Focus 6 TD** (рис. 3.8) за один робочий прохід гарантує глибоке розпушування, адресно вносить добрива, підготовлює посівне ложе і висіває насіння просапних культур.



Рис. 3.8. Універсальний висівний комплекс для технології strip-till Focus 6 TD.

Висівний комплекс універсальний при використанні і має гнучку комплектацію. Horsch Focus використовується за технологією strip-till, при мінімальній технології. Різна комбінація обладнання сівалки дає можливість змоделювати знаряддя для висівання практично будь-якої культури.

Агрегат виконує глибоке розпушення ґрунту саме під рядами висіву, якісно звільняє зону розташування кореневої системи культурних рослин від пожнивних залишків.

3.3. Агротехнічні вимоги посіву просапних культур

Від якості сівби кукурудзи в значній мірі залежить урожай зерна і силосної маси кукурудзи.

На основі багаторічних дослідів вітчизняних і зарубіжних дослідників розроблені агротехнічні вимоги до сівби кукурудзи, які розроблялися ВНДІ кукурудзи, ВНДІЦБ за участю УкрНДІСГМ, КПКІ з ґрунтообробних і посівних машин (м. Кіровоград) УкрНДІМЕСГ і УкрМДС.

Основні агротехнічні вимоги до сівби кукурудзи полягають у забезпеченні рівномірного розподілу насіння вздовж рядка. Допускається відхилення від розрахункового інтервалу між насінням кукурудзи ± 30%, а в заданому інтервалі з допустимим відхиленням не менше 85% насіння (при нормі висіву 25-80 тис. насінин/га).

Насіння повинно вкладатися на ущільнене ложе і загортатися на однакову глибину вологим рихлим ґрунтом, а ґрунт за сошниками повинен прикочуватися. Глибина заробки насіння кукурудзи повинна регулюватися з відхиленням в межах 40-120 мм з інтервалом не більше 10 мм. При заданій глибині з відхиленням ± 15 мм повинно бути зароблено 95 % насінин.

Кількість насінин, зароблених в шарі середньої фактичної глибини і двох сусідніх шарах з відхиленням ± 10 мм, повинно бути не менше 95 % при середньоквадратичному відхилені ± 50 мм [4].

Одночасно з висівом насіння повинно забезпечуватись рядкове внесення мінеральних добрив з розміщенням їх нижче на 10-30 мм і збоку - не більше 50 мм. Норма висіву мінеральних добрив коливається від 50 до 150 кг/га з інтервалом 25 кг. Відхилення від заданої норми висіву добрив не повинно перевищувати ± 10% від маси [4].

4

3.4. Теоретичні дослідження.

Класифікація висіваючих апаратів для просапних культур.

Наразі конструкції висівних апаратів серійних кукурудзяних сівалок не завжди задовольняють агротехнічні вимоги до посіву кукурудзи, що являється причиною безперервної інтенсивної роботи науково-дослідних організацій і окремих дослідників в галузі сільськогосподарського машинобудування.

Для точного висіву насіння просапних культур використовується велика кількість конструкцій висівних апаратів. Усі апарати за принципом дії поділяються на такі групи (рис. 3.9): механічні, пневмомеханічні і пневматичної дії

Апарати механічної дії, зокрема комірково-дискові та комірково-стрічкові мають різне розміщення осі обертання висіваючого диска (горизонтальне, похиле, вертикальне), а також апарати котушкового і ложечкового типу є найпоширенішими в багатьох країнах. У європейських країнах також популярні апарати пневмомеханічної дії, які використовують надлишковий тиск.

Апарати пневмомеханічної дії мають деякі переваги перед вакуумними апаратами, оскільки їхні комірки не забиваються під час роботи через продування. Це дозволяє уникнути просівів. Пневматичні висівні апарати без обертаючих деталей також є цікавими, оскільки допомагають уникнути пошкодження насіння.

Незважаючи на схожість висівних апаратів, їх конструкції можуть відрізнятися. Це стосується параметрів висівних дисків, форми комірок, типів очисних та виштовхуючих пристроїв, форми та розміру бункерів та інших

характеристик. Наразі проводяться дослідження для вдосконалення конструкцій цих апаратів.

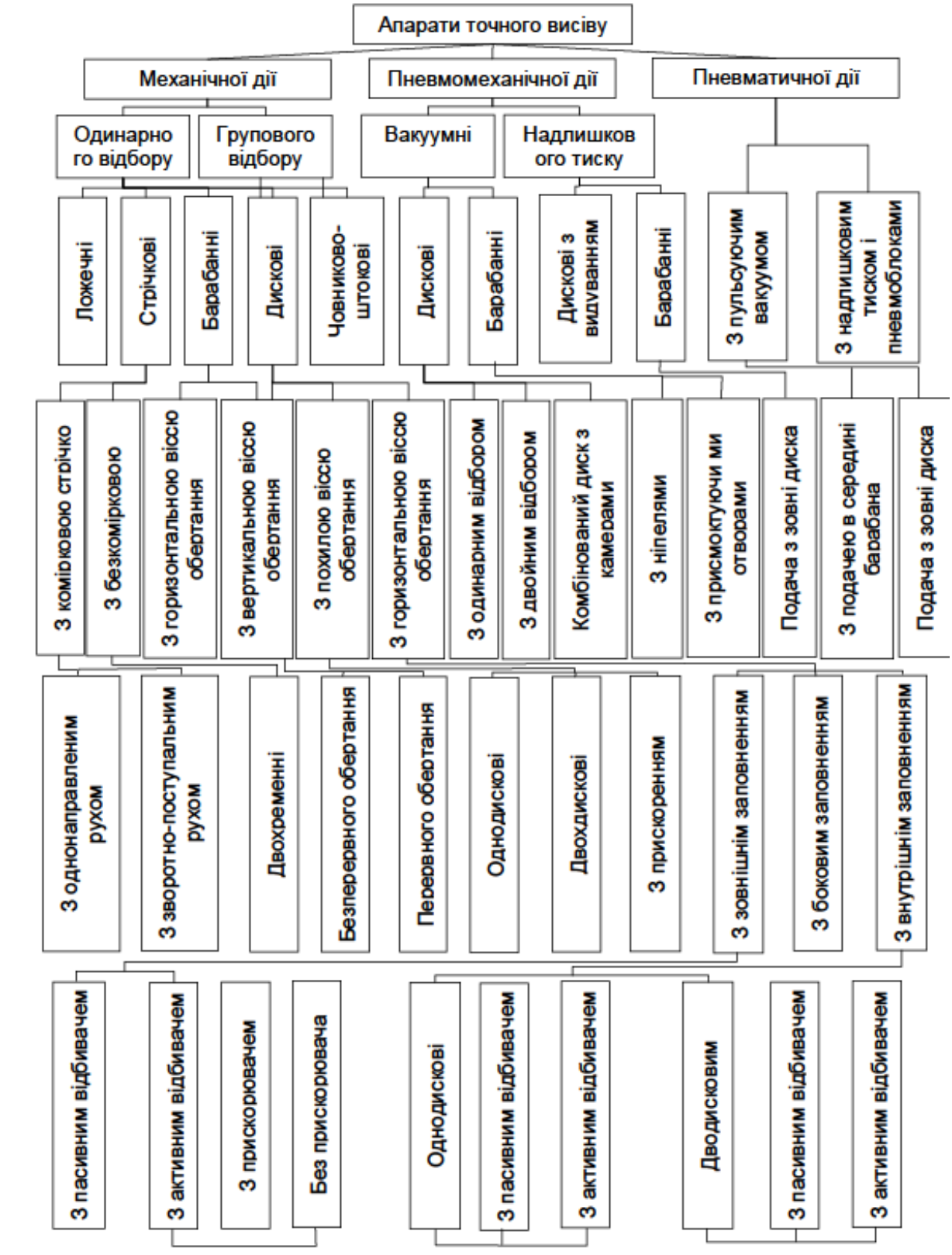


Рис. 3.9. Основні групи висіваючих апаратів

Просапні сівалки технологічний процес висіву виконують наступним чином:

1. Підготовка бункера: Насіння завантажується в бункер сівалки, який зазвичай має коміркові диски. Коміркові диски розташовані в шаховому порядку і мають відповідну кількість комірок для вміщення насіння.

2. Відбір насіння: Насіння з бункера проходить через вхідну фаску, де здійснюється поштучний відбір насінин. Під час проходу насіння виконується попередня орієнтація, що означає, що кожна насінина розташовується в певному положенні перед входом у комірку.

3. Вкладання насіння: Насіння підходить до комірки на коміркову диску. Комірка відкривається, і насіння вкладається в комірку.

4. Транспортування насіння: Висівний диск транспортує насіння з комірки до викидного вікна. Це забезпечує переміщення насіння до насіннєпроводу.

5. Транспортування насіння по насіннєпроводу: Насіннєпровід забезпечує переміщення насіння від висівного апарата до сошника. Він може бути виконаний у вигляді труби або шнека.

6. Утворення борозни: Сівалка формує борозну у грунті. Це може виконуватись за допомогою додаткового органу, наприклад, дискового культиватора, який розташований перед сошником.

7. Заробка насіння ґрунтом: Під час руху сівалки по полю насіння заробляється утвореною борозною і покривається ґрунтом.

Винесення насіння з насіннєвої камери відбувається завдяки силі тертя $\overline{F}$ (рис. 3.10) поверхні висіваючого диска об насіння, що присмоктується. При цьому на насіння діють і сили опору виносу: сила тертя прилеглого шару насіння об частинку, що присмоктується $\overline{P}_{ТР}$, сила вертикального тиску верхнього шару насіння $\overline{P}_{В}$, сила тяжіння $\overline{m}\overline{g}$, сила інерції $\overline{m}\frac{\overline{dV}}{dt}$. Умовно до сил опору можна віднести і силу підпору насіння ворушилкою $\overline{P}_{ПВ}$ із зворотним знаком. Відцентрова сила $\overline{P}_{Ц}$ у розрахунках не враховується, як зневажливо мала.

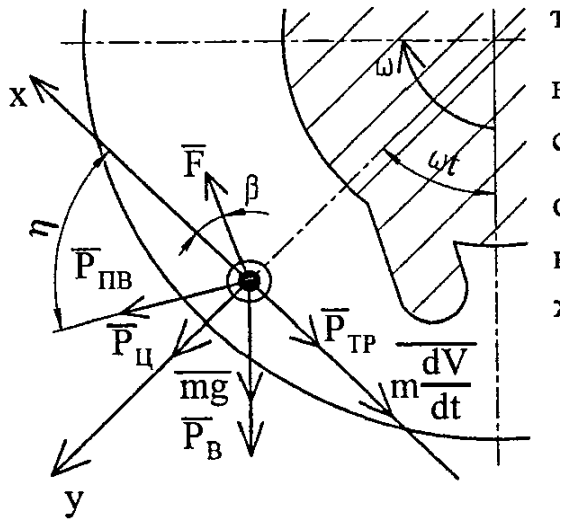


Рис. 3.10. Схема сил, які діють на присмоктану насінину в шарі насіння

Прийнято вважати, що гарантований винос насіння буде забезпечений, якщо виконується умова:

$$\frac{F}{\sum R} = \frac{\left(P_B \operatorname{tg}\beta + P_{пр}\right) f}{\sqrt{R_x^2 + R_y^2}}, \qquad (3.1)$$

Де F – сила тертя поверхні висіваючого диска об насіння, що присмоктується, Н;

ΣR – рівнодіюча сил опору виносу, Н;

P_B – сила вертикального тиску верхнього шару насіння, Н;

β – кут укладання насіннєвого матеріалу, град;

$P_{пр}$ – контактна сила присмоктування (направлена по нормалі до площини висіваючого диска, на рис. 3.10 не показана), Н;

f – коефіцієнт тертя насіння об поверхню висівного диска;

R_x, R_y – проекції сил опору виносу насіння з насіннєвої камери на осі Х і У.

Контактна сила присмоктування

$$P_{пр} = к_ф \frac{\pi d^2}{4} H, \qquad (3.2)$$

де $к_ф$ – коефіцієнт, що враховує просмоктування повітря;

d – діаметр дозуючих отворів висівного диска, м;

Н – розрідження у вакуумній камері, Па.

Проекції сил опору виносу насіння із насіннєвої камери на осі Х і У (рис. 3.10) можна подати у вигляді рівнянь (3.3) і (3.4):

$$R_x = P_{TP} - P_B \cos\eta + m\frac{dV}{dt} mg\sin\omega t + P_B \sin\omega t \text{, Н} \quad (3.3)$$

$$R_y = mg\cos\omega t - P_{ПВ}\sin(90° - \eta) + P_B \cos\omega t \text{, Н} \quad (3.4)$$

де $P_{ТР}$ – сила тертя прилеглого шару насіння об частинку, що присмоктується, Н;

$P_{пв}$ – сила підпору насіння ворушилкою, Н;

Н – кут, на який зміщується насінина під впливом ворошулки, град;

$\frac{dV}{dt}$ – тангенціальне прискорення насінини, м/с^2;

m – маса насіння, кг;

g – прискорення вільного падіння, м / с2;

t – час, с;

ωt – кут повороту диска відносно вертикалі за час t, град.

У переважній більшості розрахунків значення кута β, який характеризує відповідність прийнятої моделі сипучого тіла реальному середовищу, приймається виходячи з гіпотетичних припущень і коливається в діапазоні від 16 до 45°.

Умова захоплення та винесення насіння з насіннєвої камери набуде вигляду

$$\frac{F}{\sum R} = \frac{\kappa_\phi \frac{\pi d^2}{4} Hf}{\sqrt{\left(m\frac{dV}{dT} - P_{ПВ}\cos\eta + mg\sin\omega t + P_B \sin\omega t\right)^2 + \left(mg\cos\omega t - P_{ПВ}\sin(90 - \eta) + P_B \cos\omega t\right)^2}} \quad (3.5)$$

Контактну силу присмоктування $P_{пр}$ прийнято вважати пропорційною площі дозуючого елемента. Однак це спостерігається тільки у разі повного перекриття дозуючим елементом насінням.

Дослідження роботи пневмовакуумного висівного апарату з круглими дозуючими елементами показали, що насіння, захоплене дозуючим елементом під час руху в насіннєвій камері, розсуває шар насіння, прилеглий до висіваючого диска. Після проходження цього дозуючого елемента шар насіння змикається таким чином, що точки контактів насіння лежать на траєкторії руху дозуючих елементів. Через відсутність насіннєвого матеріалу на траєкторії руху наступного дозуючого елемента насіння не повністю перекриває його і площа перекриття S_c (рис. 3.11) найчастіше не дорівнює

площі дозуючого елемента, тому контактну силу присмоктування спрощено можна розраховувати, виходячи з виразу

$$P_{пр} = к_ф S_c H, \tag{3.6}$$

де S_c – площа перекриття дозуючого елемента насінням, м^2.

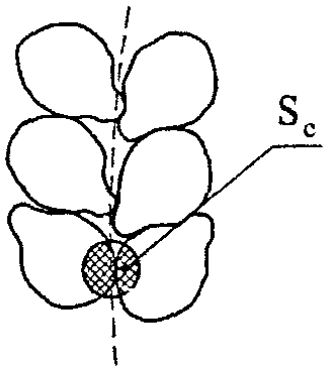


Рис. 3.11. Можливе розташування насіння відносно дозуючого елемента

Крім того, при русі сівалки по полю на насіння діятимуть сили інерції $\overline{P}_{ІН1}$, $\overline{P}_{ІН2}$, $\overline{P}_{ІН3}$ обумовлені зміною мікро-, мезо- та макрорельєфів поля.

$$P_{ІНi}(t) m A_t \nu_i^2 \cos(t\nu_i), \text{ Н}, \tag{3.7}$$

де $\overline{P}_{ІНi}$ – сила інерції, обумовлена впливом і-го рельєфу ґрунту, Н;

m – маса насіння, кг;

A_i – амплітуда коливань на і-му рельєфі, м;

ν_i – частота коливань на і-му рельєфі, Гц.

У розрахунках розглянемо найгірший варіант, коли всі три сили інерції співспрямовані та протидіють виносу насіння із насіннєвої камери. Тоді рівняння (3.3) і (3.4), з урахуванням динаміки процесу, набудуть вигляду:

$$\begin{aligned} R_x(t) = m\frac{dV}{dt}(t) - P_{ПВ}(t)\cos\eta + mg\sin\omega t + P_В \sin\omega t + \\ + P_{ІН1}(t)\sin\omega t + P_{ІН2}(t)\sin\omega t + P_{ІН3}(t)\sin\omega t \end{aligned}, \text{ Н} \tag{3.8}$$

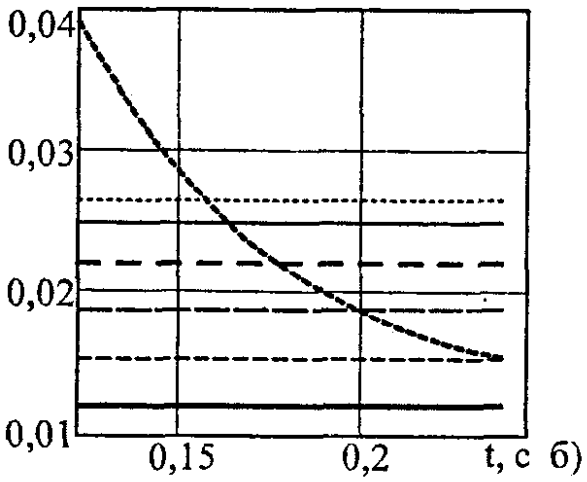
$$\begin{aligned} R_y(t) = mg\cos\omega t - P_{ПВ}(t)\sin(90-\eta) + P_В(t)\cos\omega t + \\ + P_{ІН1}(t)\cos\omega t + P_{ІН2}(t)\cos\omega t + P_{ІН3}(t)\cos\omega t \end{aligned}, \text{ Н} \tag{3.9}$$

Відповідно умова гарантованого захоплення та винесення насіння з насіннєвої камери набуде вигляду

$$к_ф S_c H \geq \sqrt{R_x^2(t) + R_y^2(t)}. \tag{3.10}$$

Співвідношення (3.10) у графічному вигляді при величині розрідження у вакуумній камері для кукурудзи – 5 кПа і кутової швидкості обертання

висівного диска ω=6,4 рад/с представлено на рис. 3.12.



F_i – сила тертя поверхні висівного диска об насіння, що присмоктується, для випадків, коли насіння перекриває 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0 діаметра дозуючого елемента, Н; R(t) – рівнодіюча сил опору виносу при ω=6,4 рад/с; t – час, с.

Рис. 3.12. Графік розрахункового співвідношення сил тертя поверхні серійного висівного диска об насіння, що присмоктується, і рівнодійної сил опору при дозуванні кукурудзи.

Аналіз даних рис. 3.12 дозволяє зробити висновок, що при високих швидкостях посіву кукурудзи в серії висіваючих апаратів можливе виникнення ситуацій, здатних проявити нульові подачі дозуючими елементами.

Для усунення цього явища пропонується виготовляти дозовані елементи у вигляді радіальних прорізів, що дозволить забезпечити гарантоване потрапляння хоча б однієї насінини на траєкторію руху дозуючого елемента (рис. 3.13).

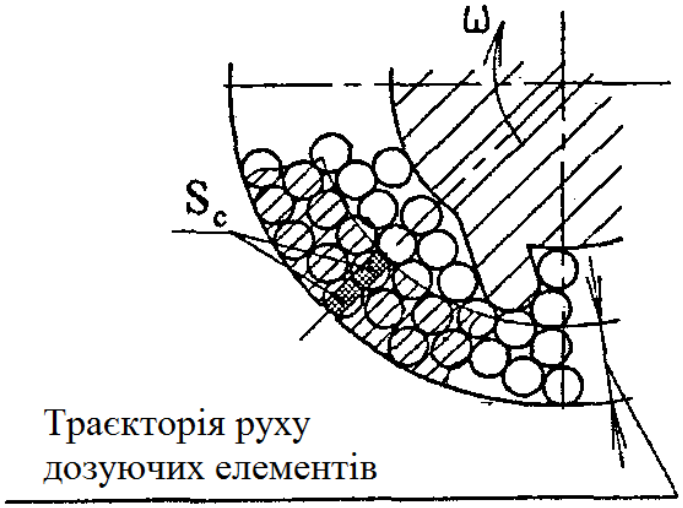


Рис. 3.13. Схема розташування насіння коло дозуючого елементу запропонованого висіваючого диска

Виходячи із запропонованої конструкції дозуючого елемента, була отримана залежність, що приблизно встановлює взаємозв'язок площі перекриття дозуючого елемента насінням S_c з його шириною:

$$S_c = 4\int_0^{t_e/2}\sqrt{\left(\frac{b}{2}\right)^2 - x_i^2}dx \text{ , м}^2, \qquad (3.11)$$

де t_e – ширина радіально розташованого дозуючого елемента, м;

b – середня ширина насіння, що висівається, м.

Математично встановлено, що мінімальна ширина дозуючого елемента для посіву кукурудзи – близько 3 мм.

З урахуванням отриманих даних, графічно було представлено нерівність (3.10) для випадку дозування удосконаленим пневмовакуумним висівним апаратом насіння кукурудзи при величині розрідження у вакуумній камері для кукурудзи – 5 кПа та кутової швидкості обертання висіваючого диска (ω=6,4 рад/с (рис. 3.14).

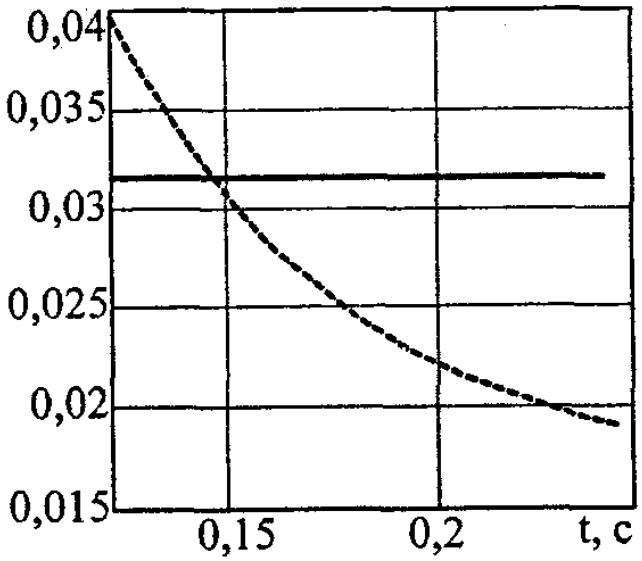


Рис. 3.15. Графік розрахункового співвідношення сил тертя поверхні запропонованого висіваючого диска об насіння та рівнодіючої сил опору при дозуванні насіння кукурудзи

Таким чином, можна дійти висновку, що у запропонованому пневмо-вакуумному висівному апараті досягається стійке значення відношення сил, що забезпечує гарантоване присмоктування насіння до дозуючих елементів.

З урахуванням умови незападання насіння в дозуючий елемент

$$t_e = (0{,}5...0{,}7)c \text{ , м}, \qquad (3.12)$$

де с – мінімальна товщина висіяного насіння, м, було встановлено, що радіально розташовані дозуючі елементи шириною 2,5 мм будуть являтися адаптивними, що дозволяють висівати насіння кукурудзи із забезпеченням високої якості роботи апарату.

Для зменшення ймовірності утворення подвійних та потрійних подач радіальними дозуючими елементами в роботі запропоновано ширину прорізу у прокладці вакуумної камери виконати змінною, що має найбільшу ширину *l* в нижній частині насіннєвої камери.

Потім вона зменшується по ходу обертання висівного диска до закінчення зони початку впливу на посівний матеріал скидача зайвого насіння, приймаючи значення h:

$$h = \frac{\sqrt{m^2 g^2 + P_Ц^2 + 2mgP_Ц \cos\omega t}}{к_ф t_e H f}, \text{ м} \qquad (3.13)$$

Це дозволить «полегшити» роботу скидача, оскільки за рахунок звуження зони присмоктування насіння з *l* до *h* частина «зайвого» насіння буде відокремлюватися від дозуючих елементів під впливом сили тяжіння. Крім того, за рахунок зменшення їх площі можна буде досягти зниження витрати повітря через них.

З урахуванням коефіцієнта запасу в роботі приймаємо ширину щілини h=3 мм.

3.5. Висновки по розділу.

Сучасні пневмовакуумні апарати не забезпечують якісного дозування насіння просапних культур при швидкості руху посівного агрегату більше 10-12 км/год. Однією з основних причин низької якості їхньої роботи є відсутність гарантованого захоплення насіння в насіннєвій камері, оскільки форма дозуючих елементів переважної більшості висівних апаратів впроваджена у виробництво без наукового обґрунтування, виходячи з технологічної простоти виготовлення або сформованих традицій. Таким чином, перспективним напрямом підвищення якості роботи пневмо-вакуумних апаратів є вдосконалення конструкції їх дозуючих елементів.

Запропонована розробка дозволяє адаптувати серійний пневмовакуумний висівний апарат під посів кукурудзи.

У запропонованій конструкції пневмовакуумного висіваючого апарату роль адаптивних дозуючих елементів виконують щілини, утворені перетином радіальних прорізів на висіваючому диску і фігурного прорізу в прокладці вакуумної камери. При цьому для висіву кукурудзи аналітично встановлено, що прорізи у висівному диску повинні виготовлятися з довжиною, що дорівнює відстані від кромки висівного диска до стінки насіннєвої камери і шириною 3 мм, а проріз прокладки вакуумної камери повинен мати максимальну ширину в насіннєвій зоні камери і плавно зменшуватися в напрямку обертання висівного диска, приймаючи значення h= 3 мм за зоною скидача зайвого насіння. Далі ширина вакуумної камери залишається постійною.

Запропонований пневмовакуумний апарат дозволить підвищити одиничну подачу насіння (при допустимій частоті нульових подач 2%) при висіві кукурудзи в 1,02 рази.

Запропоновані дозуючі елементи при швидкості посіву близько 14 км/год забезпечують підвищення подачі насіння кукурудзи в порівнянні з серійними з 0,83 до 0,95.

При цьому за рахунок підвищення рівномірності розподілу насіння кукурудзи в рядках посіву, збільшення врожаю становить 3...7% порівняно з посівами, проведеними аналогічною сівалкою із серійними висівними апаратами.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Потенціальні небезпечні і шкідливі фактори посівного агрегату з сівалкою для просапних культур.

При роботі з посівного агрегату можуть бути такі фізичні небезпечні і шкідливі фактори:

1. Рух самого агрегату та рухомі частини сівалки можуть створювати небезпеку травмування або ущемлення.

2. Механізми, які обертаються, наприклад, механізм приводу висівних апаратів і рух висівних апаратів, можуть бути небезпечними при неправильному використанні або обслуговуванні.

3. Високий рівень тиску в гідравлічній системі сівалки і трактора може створювати ризик ураження людини.

4. Забивання робочих органів посівним матеріалом і опорно-приймальних коліс вологим ґрунтом може призвести до ушкоджень або несправностей сівалки.

5. При неправильному приєднанні сівалки до трактора може виникнути небезпека падіння сівалки, що може пошкодити обладнання або поранити людину.

6. Можливість перевертання посівного агрегату під час роботи на схилах або відсутності баластних вантажів може створювати небезпеку для оператора.

7. Робота двигуна трактора і контакт робочих органів сівалки з ґрунтом можуть призводити до високого рівня запилення і загазованості робочої зони механізатора.

8. Високий рівень шуму та вібрації на робочому місці можуть впливати на здоров'я і комфорт оператора.

9. Недостатнє природне освітлення може ускладнювати виконання робіт у вечірній або темний час доби і підвищувати ризик помилок або травм.

10. Наявність гострих кромок, задирок та шорстких поверхонь на елементах конструкції сівалки (наприклад, рама, сошники, бункери) може створювати ризик порізів або подразнень шкіри оператора. Перед роботою з сівалкою рекомендується перевірити стан конструкції та усунути будь-які гострі частини, задири або шорсткі поверхні, щоб забезпечити безпечні умови роботи.

Також важливо використовувати захисні засоби, наприклад, рукавиці, щоб запобігти можливим травмам під час роботи з сівалкою.

При роботі з паливно-мастильними матеріалами під час технічного обслуговування сівалки і при заправці насіннєвих бункерів протруєним насінням, існує ризик впливу хімічно-небезпечних факторів. Для запобігання небезпеці, слід дотримуватися вимог безпеки під час роботи з цими матеріалами, використовувати захисні рукавиці і засоби індивідуального захисту, а також працювати в добре провітрюваних приміщеннях або на відкритих майданчиках.

Під час регулювання вузлів і механізмів сівалки, а також під час складання технічної документації (МТА), можуть виникати психофізіологічні фактори, які можуть впливати на працездатність та самопочуття оператора. До таких факторів можуть належати підвищений рівень стресу, тривоги, напруження, а також фізичне напруження і монотонна робота. Важливо забезпечити достатні перерви під час роботи, виконувати розтяжки і вправи для полегшення напруження, а також забезпечити психологічну підтримку та навчання оператора для ефективного управління цими факторами.

Заходи по протипожежній профілактиці.

Модернізована сівалка відповідає вимогам пожежної безпеки згідно з нормативними документами, такими як державні стандарти України та «Загальні правила пожежної безпеки для об'єктів сільськогосподарського виробництва».

Встановлення первинних засобів пожежогасіння передбачено в місці розташування зерноочисної машини. Ці місця легкодоступні і забезпечують швидке знімання засобів пожежогасіння без необхідності використання додаткових пристроїв. Час на знімання засобів пожежогасіння не повинен перевищувати 8 секунд.

Передбачені первинні засоби пожежогасіння для сівалки включають один вогнегасник марки ОП-5 і одну санітарну лопату. Ці засоби призначені для негайного реагування на пожежу та допомоги у тушінні в разі потреби.

Інструкція з охорони праці під час роботи на посівному агрегаті із сівалкою для посіву просапних культур.

Перед транспортуванням сівалки, яка приєднана до трактора, необхідно виконати такі дії:

Видалити насіння з бункерів сівалки.

Закріпити автоматичну зчіпку СА-1 в замок і зафіксувати її шплінтом.

Надійно заблокувати розтяжки начіпного пристрою трактора.

Переконатися, що на сівалці відсутні сторонні предмети.

Під час транспортування сівалки по дорогах загального призначення з інтенсивним рухом, необхідно повернути і зафіксувати кронштейни маркерів, щоб забезпечити безпеку.

Заборонено перебувати на сівалці під час транспортування. Не рекомендується транспортувати сівалку в темний час доби або при недостатньому освітленні.

Монтаж, технічне обслуговування, усунення неполадок і очищення сівалки, яка приєднана до трактора, слід виконувати тільки при зупиненому двигуні і з встановленими опорами.

Заборонено перебувати між трактором і сівалкою або поблизу сівалки під час приєднання її до трактора або під час підняття сівалки у положення для транспортування.

Також заборонено агрегатувати сівалку з трактором, який має неполадки, перебувати на підніжці під час руху агрегату, розвертати агрегат з опущеною сівалкою або маркерами.

Ці обмеження та заходи щодо безпеки допомагають запобігти можливим нещасним випадкам та забезпечити безпечне транспортування сівалки.

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

У магістерській роботі проведено удосконалення процесу подачі насіння кукурудзи пневмовакуумним висівним апаратом шляхом обгрунтування геометрії дозуючих елементів у зонах захоплення та транспортування насіння.

Проведений розрахунок затрат на удосконалення сівалки, експлуатаційних витрат при використанні серійного і удосконаленого знаряддя.

Впровадження у виробництво запропонованої просапної сівалки забезпечує зниження рівня експлуатаційних витрат на 6,1% та збільшення продуктивності посівного агрегату в 1,07 рази. Крім того, посів кукурудзи модернізованими сівалками дозволить досягти підвищення врожайності на 3...7% при середній врожайності на контролі 12... 15 ц/га.

В результаті застосування розробки за рахунок зниження матеріаломісткості, збільшення швидкості руху агрегату та коефіцієнта використання часу зміни збільшиться чистий дохід навіть при витратах на вдосконалення сівалки. При цьому за рахунок підвищення рівномірності розподілу насіння кукурудзи в рядках посіву збільшення врожаю становитиме 3...7% порівняно з посівами, проведеними аналогічною сівалкою із серійними висівними апаратами.

6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Розробки магістерської роботи направлені на удосконаленням конструкції висіваючого апарата сівалки СПП-12, а саме: удосконалення процесу подачі насіння кукурудзи пневмовакуумним висівним апаратом шляхом обгрунтування геометрії дозуючих елементів у зонах захоплення та транспортування насіння.

Запропоновано конструкцію пневмовакуумного висіваючого апарату, у якому роль адаптивних дозуючих елементів виконують щілини, утворені перетином радіальних прорізів на висіваючому диску і фігурного прорізу в прокладці вакуумної камери. Прорізи у висівному диску повинні виготовлятися з довжиною, що дорівнює відстані від кромки висівного диска до стінки насіннєвої камери і шириною 3 мм, а проріз прокладки вакуумної камери повинен мати максимальну ширину в насіннєвій зоні камери і плавно зменшуватися в напрямку обертання висівного диска, приймаючи значення h= 3 мм за зоною скидача зайвого насіння. Далі ширина вакуумної камери залишається постійною.

Модернізований пневмовакуумний апарат підвищить одиничну подачу насіння при висіві кукурудзи.

Запропоновані дозучі елементи забезпечать підвищення подачі насіння кукурудзи в порівнянні з серійними.

При цьому за рахунок підвищення рівномірності розподілу насіння кукурудзи в рядках посіву, збільшиться врожайність культури порівняно з посівами, проведеними аналогічною сівалкою із серійними висівними апаратами.

Модернізована сівалка відповідає вимогам Системи стандартів безпеки праці з точки зору захисту механізатора від шуму, вібрації, пилу, можливих нещасних випадків, а також створення нормальних умов праці.

Крім того, сівалка має вбудовані заходи безпеки для запобігання нещасним випадкам та створення комфортних умов праці для оператора.

В цілому, модернізована сівалка СПП-12 враховує важливі аспекти безпеки та забезпечує високий рівень захисту механізатора і оператора під час роботи.

В результаті застосування розробки за рахунок зниження матеріаломісткості, збільшення швидкості руху агрегату та коефіцієнта використання часу зміни збільшиться чистий дохід навіть при витратах на вдосконалення сівалки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. - К.: Вища освіта, 2004. - 544 с.

2. Особливості агрегатування посівного машинно-тракторного агрегату на базі інтегрального трактора при вирощуванні просапних культур в умовах півдня України: монографія / Т.С. Чорна. – Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2016. – 92 с.

3. Сисолін П.В. та ін. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студент. вищ. навч. закл. із спец. «Машини та обладь. с.-г. вир-ва» / За ред. М.І. Чорновола. Кн.. 1: Машини для рільництва / П.В. Сисолін, Т.І. Рибак, В.М, Сало; За ред. М.І. Чорновола. – К.: Урожай, 2002. – 364 с.: іл.

4. П.В. Сисолін, В.М. Сало, М.О. Свірень. Сільськогосподарські машини (практичні заняття). Кіровоград, 2002. –129 с.

5. Посібник. Машини для обробітку грунту та сівби / За ред. Кравчука В.І., Мельника Ю.Ф. -дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. - 2009. - 288.

6. Пат. на корисну модель № 84925 Україна, МПК 2013.01, A01C 7/00. Спосіб сівби просапних культур і внесення добрив / ЛобовВ. Й., Назаренко В. М., Дубовик І.І.; заявл.26.03., опубл.11.11.2013, Бюл. № 21.

7. Сучасні сівалки для висіву просапних зернових культур вітчизняного виробництва. Реальність та перспективи. / С. Демидов, М. Стародубцева, О. Савицька // Південно-Українська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого.

8. Козлов В.Ф. Охорона праці, посібник. Вища школа, – 1990.

9. Методика навчання і наукових досліджень у вищій школі: Навчальний посібник /С.У. Гончаренко, П.М. Олійник, В.К. Федорченко та ін.; За ред. С.У. Гончаренка, П.М. Олійника. - К.: Вища шк., 2003. - 323 с.

10. Рудь А.В., Павельчук Ю.Ф., Жалоба В.М., Михайлова Л.М. Патент на корисну модель №18854 Україна. A01C7/08 Пристрій для визначення рівномірності розподілу насіння. Опубліковано 15.11.2006. Бюл. №11.

11. Охорона праці у сільському господарстві. Навч. посібник / О.В. Войналович, Є.І. Марчиниша, Т.О. Білько. – К.: Центр навчальної літератури, 2019. – 691 с.

12. ДСТ 12.0.003-74*. ССБТ. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори Класифікація.

13. ДСТУ 2189-93 Система стандартів безпеки праці. Машини сільськогосподарські навісні та причіпні. Загальні вимоги безпеки. Зі зміною № 1 та поправкою.

ДОДАТКИ

Додаток А

КІНЕМАТИЧНИЙ РОЗРАХУНОК

Згідно агротехнічних вимог на просапні сівалки насіння кукурудзи висівають з міжряддям 70 см.

Норми висіву складають:

25 тис. шт./га – мінімальна

80 тис. шт./га – господарська

150 тис. шт./га – максимальна

або відповідно 1,75; 5,6 та 10,5 шт./м.

Частота обертів висівного диска визначається за формулою:

$$n = \frac{NV_a}{z(1-\xi)},$$

де N – норма висіву насіння на 1 метр;

V_a – швидкість руху агрегату;

ξ – коефіцієнт ковзання коліс, ξ=0,05…1;

z – число присмоктуючих отворів диска

для N=1,75 шт./м z=14

для N=5,6 та 10,5 шт./м z=22

Розрахунки виконуємо для диска з 22 отворами.

При швидкості руху агрегату V_a=2,78 м/с і нормі висіву 1,75 шт./м частота обертів диска складе:

$$n = \frac{1{,}75 \cdot 2{,}78}{22 \cdot (1-0{,}07)} = 0{,}238 \ \text{с}^{-1}.$$

Для норми висіву N=5,6 шт./м

$$n = \frac{5{,}6 \cdot 2{,}78}{22 \cdot (1-0{,}07)} = 0{,}76 \ \text{с}^{-1}.$$

Для норми висіву N=10,5 шт./м

$$n = \frac{10{,}5 \cdot 2{,}78}{22 \cdot (1-0{,}07)} = 1{,}43 \ \text{с}^{-1}.$$

Так як V_a=2,78 м/с (10 км/год) є максимальною, то умови присмоктування насіння кукурудзи при меншій швидкості будуть більш сприятливі, тому, подальші розрахунки виконуємо для максимальної швидкості.

Крутний момент на вал висівних апаратів від опорно-приводного колеса передається за допомогою механізму передач.

Необхідне передаточне відношення визначаємо з формули:

$$i = \frac{Q в \pi Д}{V_a \gamma 10^3 (1-\xi)},$$

де: Q – норма висіву, кг/га;

в – ширина міжряддя, м;

Д – діаметр колеса, м;

V_a – швидкість руху посівного агрегату, км/год;

γ – об'ємна маса насіння, кг/дм^3;

ξ – коефіцієнт проковзування.

Знаючи число отворів у висівному диску і відстань між насінинами, виходячи із заданої норми висіву 25, 80 і 150 тис. шт./га, передаточне відношення можна визначити із формули:

$$i = \frac{\pi Д}{z a (1-\xi)},$$

де: а – відстань між насінинами в рядку.

для N=1,7; 5,6 та 10,5 шт./м

відповідно

а=57,1 см; 17,9 см; 9,5 см.

$$i_1 = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}78 \cdot 10^2}{22 \cdot 57{,}1 \cdot (1-0{,}07)} = 0{,}209;$$

$$i_1 = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}78 \cdot 10^2}{22 \cdot 17{,}9 \cdot (1-0{,}07)} = 0{,}668.$$

$$i_1 = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}78 \cdot 10^2}{22 \cdot 9{,}5 \cdot (1-0{,}07)} = 1{,}258.$$

Виконуємо вибір зірочок для висіву основних норм насіння кукурудзи:

$$i_1 = \frac{10}{15} \cdot \frac{15}{21} \cdot \frac{23}{21} \cdot \frac{13}{15} \cdot \frac{12}{26} = 0{,}208 .$$

$$i_2 = \frac{10}{15} \cdot \frac{15}{21} \cdot \frac{23}{21} \cdot \frac{13}{15} \cdot \frac{23}{15} = 0{,}693 .$$

$$i_1 = \frac{10}{15} \cdot \frac{15}{15} \cdot \frac{23}{21} \cdot \frac{13}{15} \cdot \frac{23}{13} = 1{,}219 .$$

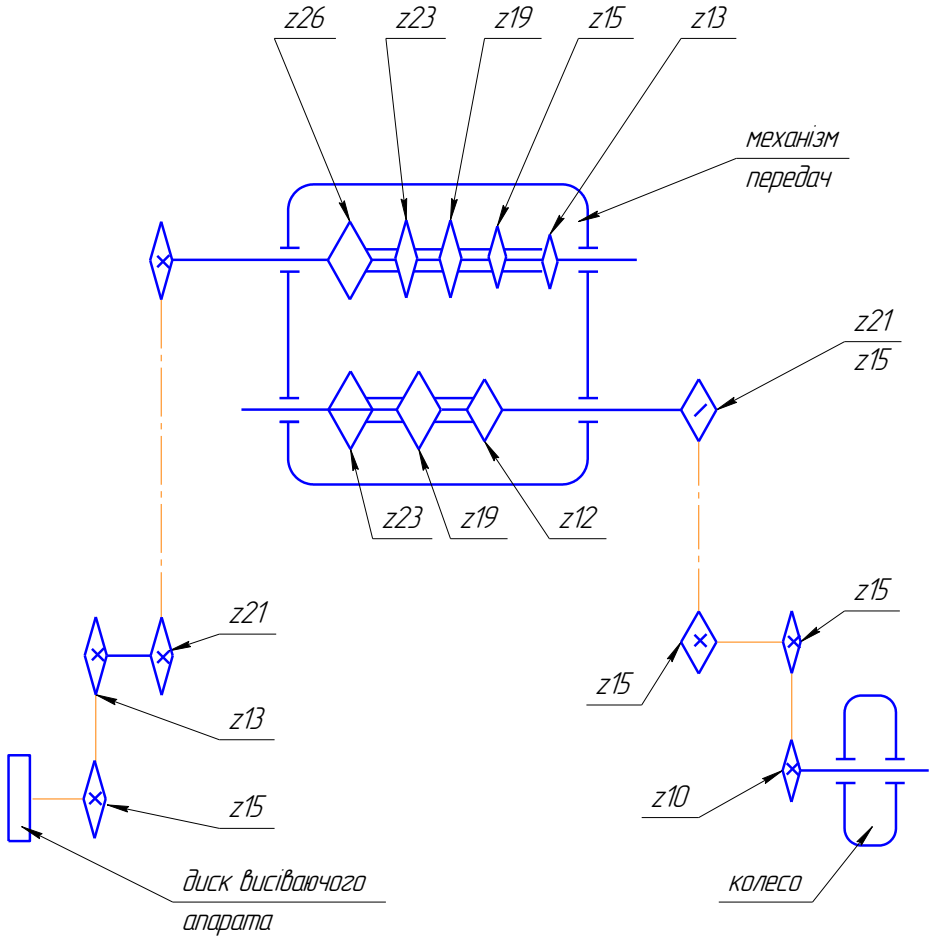


Рис. 1. Схема механізму передач на насіннєві апарати.

Перевіряємо дійсну норму висіву по отриманим передаточним відношенням:

$$a_1 = \frac{\pi Д}{i_1 z(1-\xi)} = \frac{3{,}14 \cdot 78}{0{,}208 \cdot 22 \cdot (1-0{,}07)} = 57{,}55 \text{ см}$$

N_1=1,74 шт./м

$$\Delta_1 = \frac{1{,}74 - 1{,}70}{1{,}74} \cdot 100 = 2{,}2\% .$$

$$a_2 = \frac{\pi Д}{i_2 z(1-\xi)} = \frac{3{,}14 \cdot 78}{0{,}693 \cdot 22 \cdot (1-0{,}07)} = 17{,}27 \text{ см}$$

N_2=5,79 шт./м.

$$\Delta_1 = \frac{1{,}74 - 1{,}70}{1{,}74} \cdot 100 = 2{,}2\%$$

.

$$a_2 = \frac{\pi Д}{i_2 z(1-\xi)} = \frac{3{,}14 \cdot 78}{1{,}219 \cdot 22 \cdot (1-0{,}07)} = 9{,}8 \text{ см}$$

N_3=10,2 шт./м.

$$\Delta_3 = \frac{10{,}5 - 10{,}0}{10{,}5} \cdot 100 = 2{,}8\%$$

,

що відповідає діючим агротехнічним вимогам.

Отже, змінивши в механізмі передач зірочку z=21 на z=23, можливо одним диском з n=22 отвори забезпечити всі норми висіву насіння кукурудзи, тим самим зменшити комплект дисків на сівалку.

СИЛОВИЙ АНАЛІЗ МЕХАНІЗМІВ СІВАЛКИ

Розрахунок розрізаючого диска

Розрізаючий диск має пасивний привід, тобто диск повертається під дією сил тертя диска об грунт.

Будемо вважати, що точкою, до якої прикладена рівнодіюча реакції грунту на лезо диска, є середина дуги (т. M_c) тієї частини леза, яка розрізає пласт грунту.

Тоді $$\alpha_c = \frac{\pi}{4} + \frac{1}{2}\arcsin\frac{R-r}{R}.$$

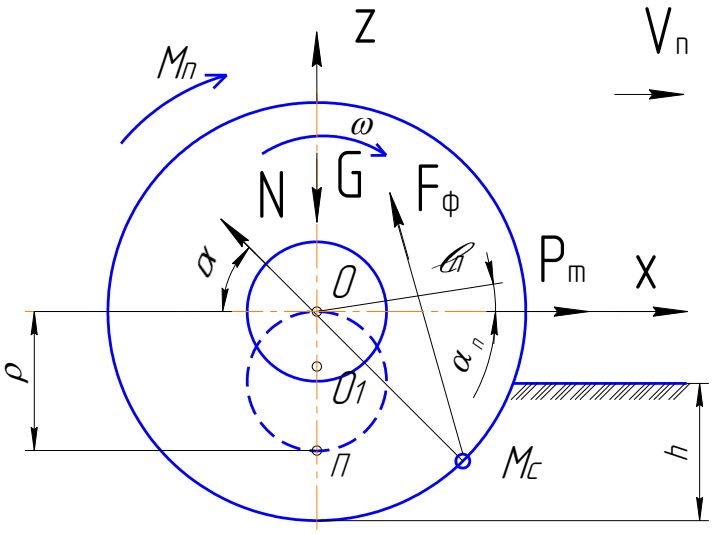


Рис. 1. Сили, що діють на плоский диск.

Якщо відкинути незбалансовані сили тертя, то умова рівноваги диска запишеться так:

$$\Sigma P_x = P_{тп} - N\cos\alpha_c - 2F_ф\sin\alpha_п = 0.$$

$$\Sigma P_z = N\sin\alpha_c + 2F_ф\cos\alpha_п - G = 0.$$

$$\Sigma M = 2F_ф\ell_л - M_п = 0.$$

де: N – результуюча нормальних сил з боку грунту на лезо диска;

$F_ф$ – результуюча сил тертя ґрунту об фаску леза диска;

$\alpha_п$ – полярний кут;

M_n – момент приводу диска;

G – Вертикальна занурююча сила, яка прикладена до осі диска і яка залежить від твердості грунту на маси секції.

Полярний кут при t=0° С визначаємо з формули:

$$\cos\alpha_n = \pm\frac{A}{\sqrt{A^2B^2}},$$

де: $A=(\omega R\sin\alpha_i - V_n)\sin\omega t+\omega(R\cos\alpha_i - V_n t)\cos\omega t$;

$B=(\omega R\sin\alpha_i - V_n)\cos\omega t+\omega(R\cos\alpha_i - V_n t)^2$.

Розрахунок паралелограмної підвіски посівної секції

Розрахунки параметрів підвіски зводяться до сил, що діють на сошник або секцію, тобто досягнення рівноважного стану діючих на сошник сил, що забезпечує стійкий рух сошника на заданій глибині.

Рівновага сошника або посівної секції з паралелограмною підвіскою (рис. 2.) забезпечується за умови, що

$Qh_1+R_Hh_4=R_xh_2+R_zh_1+R_0h_3$,

де: Q – сила ваги секції сівалки, Н;

R_H – сила тиску пружини натискної штанги, Н;

R_x – сила опору сошника (при глибині ходу 6…10 см відповідно R_x=300-500 Н);

$R_z=R_x tg\lambda$ – вертикальна реакція грунту, що діє на сошник, Н;

R_o – реакція грунту, що діє на прикочувальний коток, Н;

$$R_o = \frac{R'_o}{\cos\beta}$$

$\lambda=30°$, $\beta=8\text{-}11°$

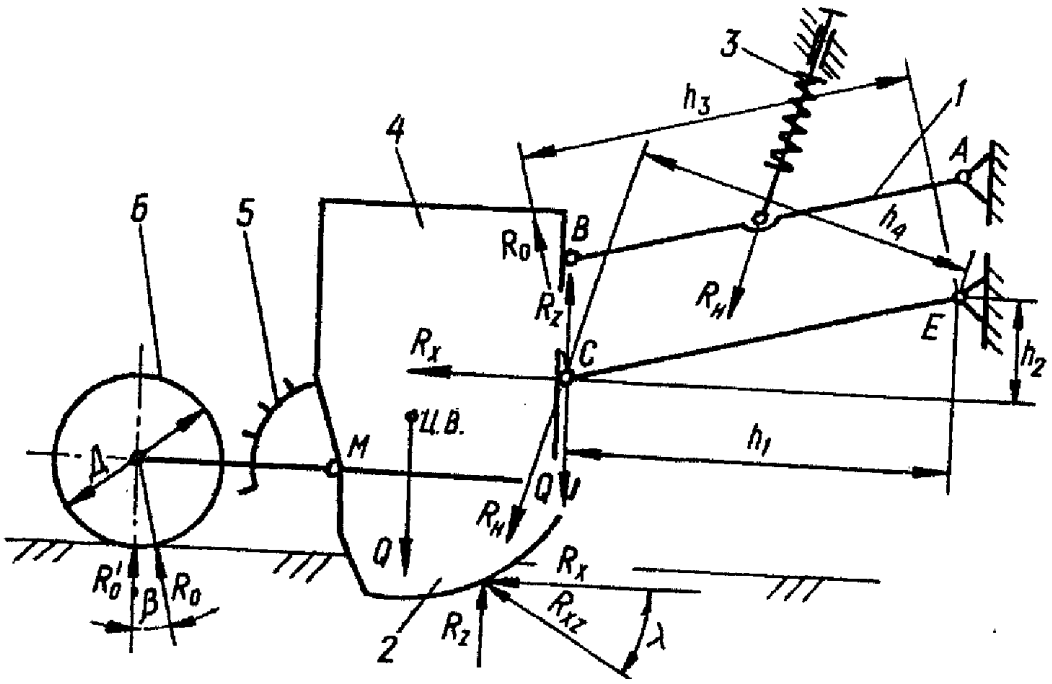


Рис. 2. Розрахункова схема паралелограмної підвіски посівної секції:
1 – паралелограмна підвіска; 2 – сошник; 3 – натискна штанга з пружиною;
4 – висівна система; 5 – регулятор глибини ходу сошника;
6 – прикочувальний коток.

Вертикальну реакцію ґрунту на коток визначаємо з умови колієутворення:

$$R'_o = mb\sqrt{D}\ , \text{ Н},$$

де: m – ступінь колієутворення, m=0,15-0,32 ,

b – ширина ободу прикочуючого котка, мм;

D – діаметр прикочуючого котка, мм, D=250 мм.

Глибину колії визначаємо за формулою:

$$H = \sqrt[3]{9\frac{(R'_0)}{4b^2Dq^2}},$$

де q – питоме навантаження, яке потрібно для витіснення одиниці об'єму грунту; q=0,002-0,004 Н/мм^3.

Визначаємо необхідний тиск пружини натискної штанги на поводки паралелограмної підвіски (рис. 2.).

$$R'_o = 0{,}2 \cdot 150 \cdot \sqrt{250} = 474{,}3 \text{ Н}.$$

Визначаємо реакцію грунту, що діє на коток:

$$R_o = \frac{474,3}{\cos 10°} = 481,7 \text{Н}.$$

Визначаємо вертикальну реакцію грунту, що діє на сошник

R_z=400·tg30°=230,9 Н.

Визначаємо тиск натискної штанги

$$R_н = \frac{481,7 \cdot 1360 + 400 \cdot 360 + (230,9 - 3,06)}{1080} = 74,2 \text{ мм}.$$

Визначаємо глибину колії прикочуючого котка

$$H = 9 \cdot \sqrt[3]{9 \cdot \frac{474,3^2}{4 \cdot 150^2 \cdot 250 \cdot 0,003^2}} = 93,2 \text{ мм}.$$

Визначаємо рівновагу посівної секції

$$78 \cdot 1360 + 74,2 \cdot 1080 = 400 \cdot 360 + 230,9 \cdot 1360 + 487,1 \cdot 1360.$$

$$566216 = 522080.$$

$$\frac{566216 - 522080}{566216} \cdot 100\% = 7.8\%.$$

Умова рівноваги виконується.

РОЗРАХУНКИ ДЕТАЛЕЙ ТА ВУЗЛІВ НА МІЦНІСТЬ

Розрахунок приводу вентилятора

Прийнятий для приводу вентилятора гідромотор ГМШ 50Л має частоту обертів 1200 хв$^{-1}$, які забезпечують постійне розрідження в камерах висівних апараті. Передаточне число

$$u = \frac{n_1}{n_2} = \frac{4200}{1200} = 3.5.$$

Розрахункова потужність привода

$$N = \frac{N_0}{\eta} = \frac{3,5}{0,8} = 4,4 \text{ кВт},$$

де N_0 – потужність, яку потребує вентилятор для свого приводу.

Так як для приводу ротора вентилятора використано поліклиновий пас, розрахунки і всі необхідні дані вибираємо з РТМ 38.40528-74. Для зменшення металомісткості вентилятора вибираємо пас типу К.

Розрахунковий діаметр меншого шківа

$$d_1 = \frac{3000}{4200} \cdot 71 = 50,7 \text{ мм}.$$

Приймаємо найбільше стандартне значення d_1=56 мм.

Знаходимо діаметр більшого шківа

$$d_2 = d_1 i = 56 \cdot 3,5 = 196 \text{ мм}.$$

Приймаємо стандартне значення d_2=200 мм.

Отримане передаточне відношення

$$i = \frac{d_2}{d_1} = \frac{200}{56} = 3,57,$$

що з урахуванням проковзування паса відповідає вимогам розрахованої передачі.

Швидкість паса

$$V = \frac{\pi d_1 n}{60} = \frac{3,14 \cdot 56 \cdot 4200}{60 \cdot 1000} = 12,3 \text{ м/с}$$

Допустима потужність перерізу К з 10 ребрами

$$N_{10} = (N'_{10} + \Delta N)K_1K_2K_3,$$

де: N_{10} – потужність паса;

ΔN – виправлення на передаточне відношення;

$\Delta N'$ вибираємо за таблицями.

$$K_1=1;\ K_2=0{,}86;\ K_3=1{,}15.$$

$$N_{10}=(4{,}9+0{,}294)\cdot 1\cdot 0{,}86\cdot 1{,}15=5{,}13 \text{ кВт}.$$

Визначаємо кількість ребер паса

$$Z = \frac{N_0 \cdot 10}{N_{10}} = \frac{4{,}4 \cdot 10}{5{,}13} = 8{,}5.$$

Приймаємо Z=10 із запасом по довговічності.

Кут обхвату пасом меншого шківа

$$\alpha = 180 - \frac{d_2 - d_1}{A} \cdot 60,$$

де А – міжосьова відстань.

Попередньо приймаємо А=400 мм.

$$\alpha = 180 - \frac{200 - 56}{400} \cdot 60 = 158{,}4°.$$

Визначаємо розрахункову довжину паса:

$$L = 2A + \frac{\pi}{2}(d_2 + d_1) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4A};$$

$$L = 2 \cdot 400 + \frac{3{,}14}{2}(200 + 56) + \frac{(200 - 56)^2}{4 \cdot 400} = 1214{,}88 \text{ мм}.$$

Приймаємо по стандартному ряду L=1250 мм.

Тоді міжосьова відстань

$$A_p = 0{,}25 + \left[(L_p - \omega) + \sqrt{(L_p - \omega)^2 - 8y}\right]$$

де $\omega=0{,}55\cdot(d1+d2)=0{,}55\cdot(200+56)=140{,}8$ мм.

$$y = \left(\frac{d_2 - d_1}{2}\right)^2 = \left(\frac{200 - 56}{2}\right)^2 = 5184 \text{ мм}^2.$$

Для можливості встановлення паса приймаємо А=540 мм.

Визначаємо натяг кожної гілки одного паса

$$S_1 = \frac{m}{m-1}\rho, \qquad S_2 = \frac{S_1}{m}$$

$$m=3,17; \quad \frac{m}{m-1} = 1,46$$

$$S_1 = \frac{102 \cdot 4,425}{12,3} \cdot 1,46 = 536 \text{ Н}, \; S_2 = \frac{536}{3,17} = 169 \text{ Н}$$

Зусилля, яке діє на вал при роботі

$$Q'_0 = S_1 + S_2 = 169 + 536 = 705 \text{ Н}.$$

Розрахунок вала вентилятора.

З попередніх розрахунків відомо, що навантаження на вал від поліклинової передачі складає 705 Н, а потужність на роторі 3,5 кВт.

Визначаємо крутний момент на роторі вентилятора.

$$N = M_{кр}\omega,$$

звідки

$$M_{кр} = \frac{N}{\omega} = 97400 \cdot \frac{N}{n} = 97400 \cdot \frac{3,5}{4200} = 82 \text{ Нм}.$$

Колова сила від ротора:

$$P_0 = \frac{2M_{кр}}{Д_р},$$

де: $Д_р$ – діаметр ротора, з попередніх розрахунків $Д_р$=400 мм.

$$P_0 = \frac{2 \cdot 82}{0,4} = 410 \text{ Н}.$$

Визначаємо реакції в опорах вала.

Для опори В

$$P_0 \cdot 40 + R_B \cdot 60 - P \cdot 110 = 0$$

$$R_B = \frac{-P_0 \cdot 40 + P \cdot 110}{60}$$

$$R_B = \frac{-410 \cdot 40 + 705 \cdot 110}{60} = 1019 \text{ Н}$$

Для опори А

$$P\cdot 50+R_A\cdot 60-P_0\cdot 100=0$$

$$R_A=\frac{P_0\cdot 100-P\cdot 50}{60}$$

$$R_A=\frac{410\cdot 100-705\cdot 50}{60}=95{,}8\ \text{Н}.$$

Для вала вентилятора беремо матеріал сталь 40Х з такими механічними характеристиками:

$\sigma_в$=900 Н/мм^2; $\sigma_т$=750 Н/мм^2;

σ_{-1}=410 Н/мм^2; τ=0,6σ_{-1}=246 Н/мм^2

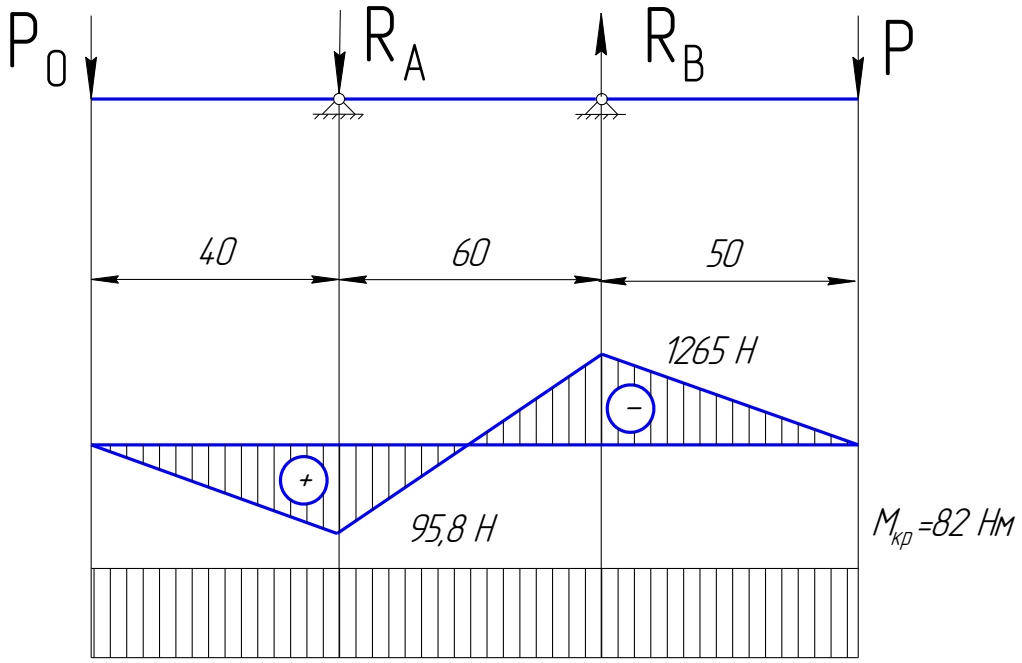


Рис. 1. Схема навантаження на вал вентилятора

Визначаємо діаметр вала

$$d=\sqrt[3]{\frac{M_к\cdot 10^3}{0{,}2[\tau_к]}}=\sqrt[3]{\frac{82\cdot 10^3}{0{,}2\cdot 24{,}6}}=25{,}5\ \text{мм}.$$

Для уніфікації підшипникових вузлів приймаємо діаметр вала під підшипники $d_п$=30 мм, під шків $d_м$=25 мм.

Вибираємо підшипник кульковий однорядний радіально-упорний по ГОСТ 831-75 №36206 з характеристикою $C_г$=18 кН; $C_{ог}$=13,3 кН

Потрібна довговічність підшипника визначається з умов роботи сівалки. В одному році сівалка завантажена приблизно 70 годин. За строк служби сівалки 8 років довговічність L_h=560 год.

Визначаємо вантажопідйомність підшипника

$$C_{гр} = R_E \sqrt[m]{573\omega \frac{L_h}{10^6}}.$$

де R_E – еквівалентне динамічне навантаження

$$R_E = XVR_r K_\sigma K_T,$$

де: R_r – підсумкова реакція підшипника.

Розрахунок ведемо для опори В як більш навантаженої, R_B=1265 Н.

$К_\sigma$=1; $К_Т$=1; X=0,45; V=1

R_E =0,45·1·1265·1·1=569,25 Н.

m=3 – для кулькових підшипників.

$$\omega = \frac{\pi n}{30} = \frac{3{,}14 \cdot 4200}{30} = 439{,}6 \ \text{с}^{-1}.$$

Тоді

$$C_{гр} = 569{,}25 \cdot \sqrt[3]{573 \cdot 439{,}6 \cdot \frac{560}{10^6}} = 2744 \ \text{Н},$$

що значно менше, ніж C_r=18000 Н.

Визначаємо довговічність підшипника

$$L_h = \frac{10^6}{573\omega} \cdot \left(\frac{C_r}{R_E}\right)^m = \frac{10^6}{573 \cdot 439.6} \cdot \left(\frac{18000}{569.25}\right)^3 = 0.125 \cdot 10^6 \ \text{год.},$$

що значно більше потрібної.

Таким чином, підшипник, який було обрано для валу вентилятора, має достатній запас вантажопідйомності та довговічності для безвідмовної роботи вентилятора за весь час роботи сівалки без заміни підшипника.

Розрахунок пружини прикочуючого коточка

Питомий тиск на грунт, який створює колесо, визначаємо з формули:

$$P = \frac{Q}{b\sqrt{2hr + h^3}},$$

Де P – питомий тиск, кг/см^3;

Q – навантаження на коток, кг;

b – ширина котка, см;

h – занурювання котка у грунт, см;

r – радіус котка, см.

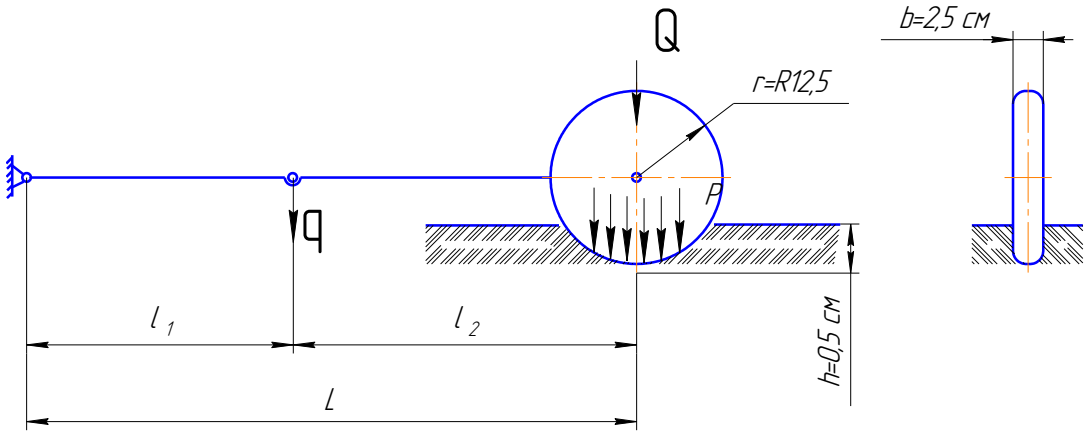


Рис. 2. Схема сил, діючих на механізм прикочуючого коточка

З проведених досліджень відомо, що оптимальний тиск на насіння кукурудзи складає 2,5 кг/см^2.

$$Q = Pb\sqrt{2hr + \frac{h^2}{3}}.$$

$$Q = 2{,}5 \cdot 2{,}5\sqrt{2 \cdot 0{,}5 \cdot 12{,}5 + \frac{0{,}5^2}{3}} 22{,}17 \text{ кг}.$$

Знаходимо зусилля, яке створює пружина для навантаження прикочуючого котка

$$q = \frac{QL}{l_1},$$

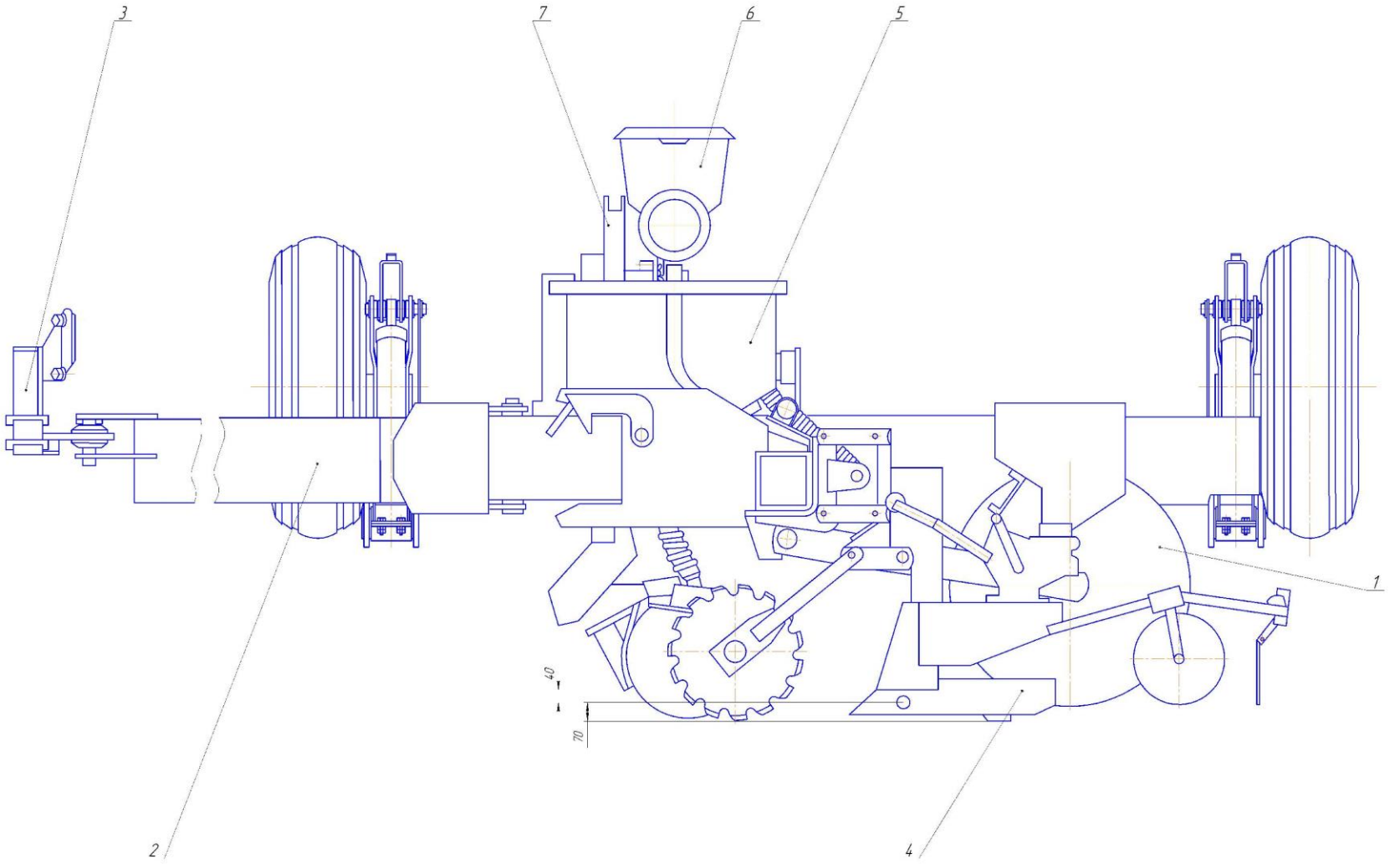
так як $l_1 = l_2$, то q=2Q=44,34 кг.

Так як на колесі встановлено дві пружини, то q_1=22,17 кг.

По ГОСТ 13766-68 приймаємо пружину II класу, II розряду №410.

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

СПГ 00.000 КЗ

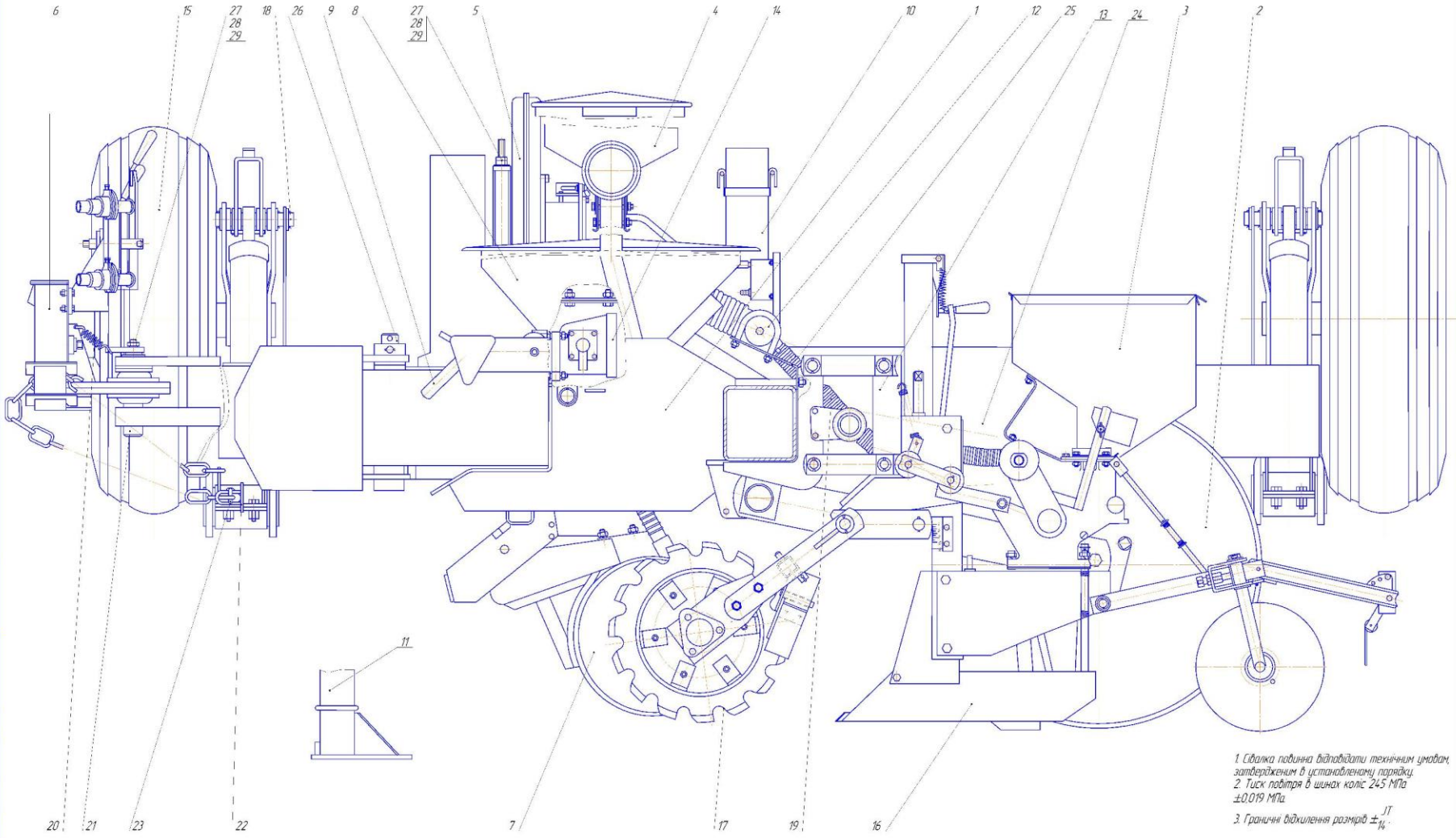


Розроб.	Горбачов			СПГ 00.000 КЗ	
Перевір.	Цимбал			Сівалка СПП-12	Літ. / Маш. / Масштаб: 15
Т.контр.					Аркуш / Аркушів: 1 / 1
Н.контр.	Мунак			---	ЦНТУ, гр. ГМ(СМ)-21М(19)
Затв.	Лещенко				

Копіював

Формат А1

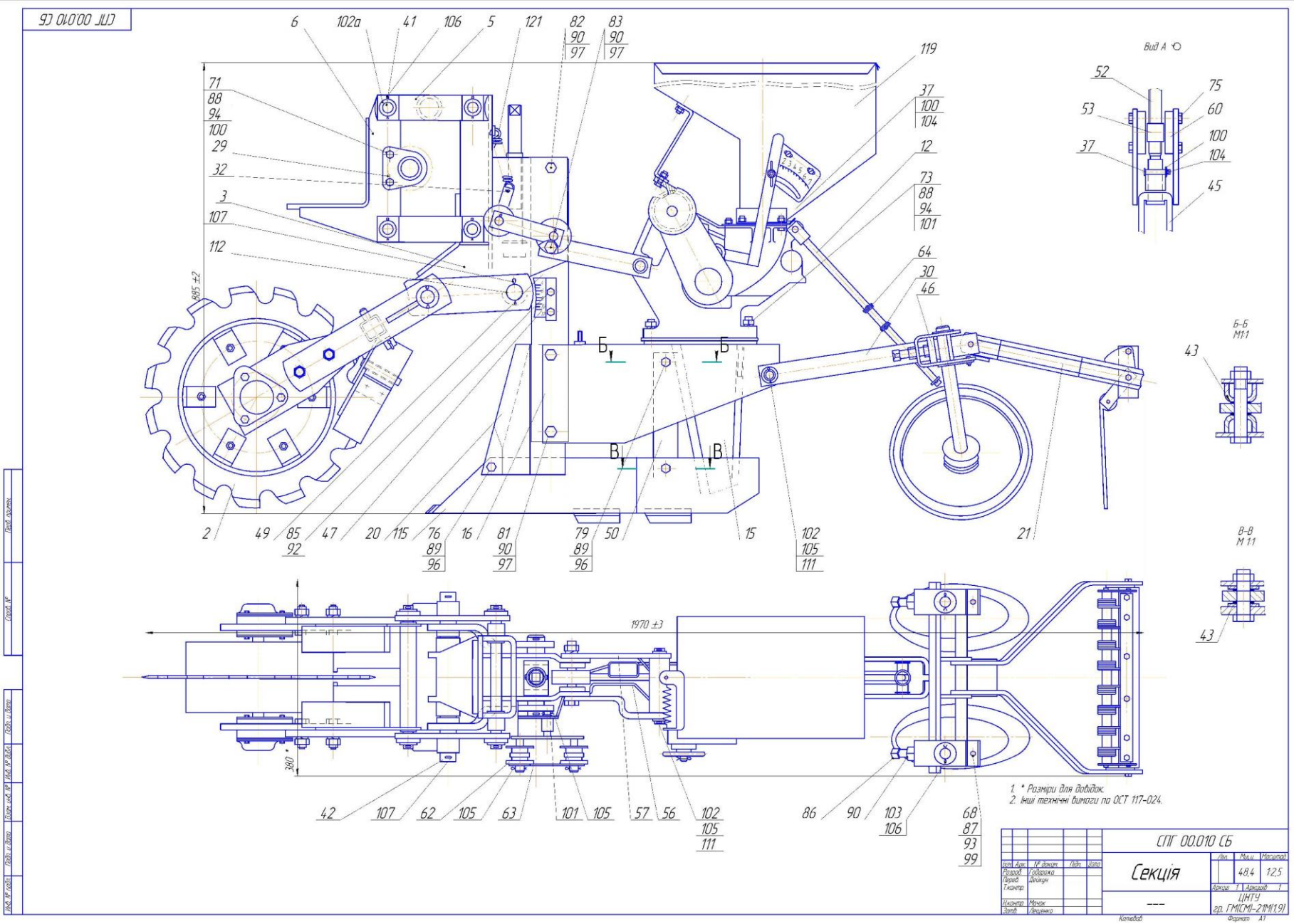
СПГ 00.000 СБ



1. Сівалка повинна відповідати технічним умовам, затвердженим в установленому порядку.
2. Тиск повітря в шинах коліс 245 МПа ±0.019 МПа.
3. Граничні відхилення розмірів $\pm \frac{IT}{14}$.

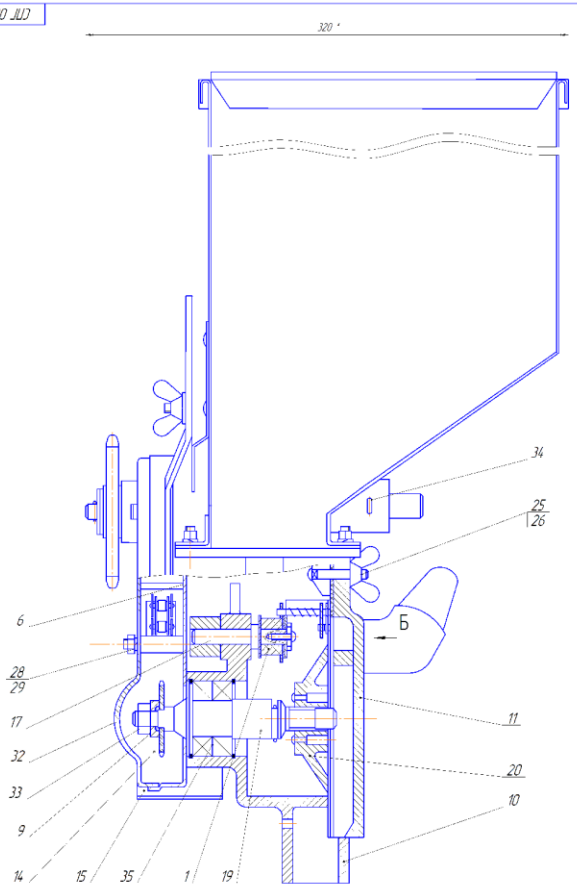
						СПГ 00.000 СБ			
Розроб.						Сівалка СПП-12	Літ.	Маса	Масштаб
Перевір.								4800	12.5
Н. контр.							Аркуш	Аркушів	
Затверд.							ДНТУ гр. ГМСМ-21м(1.9)		

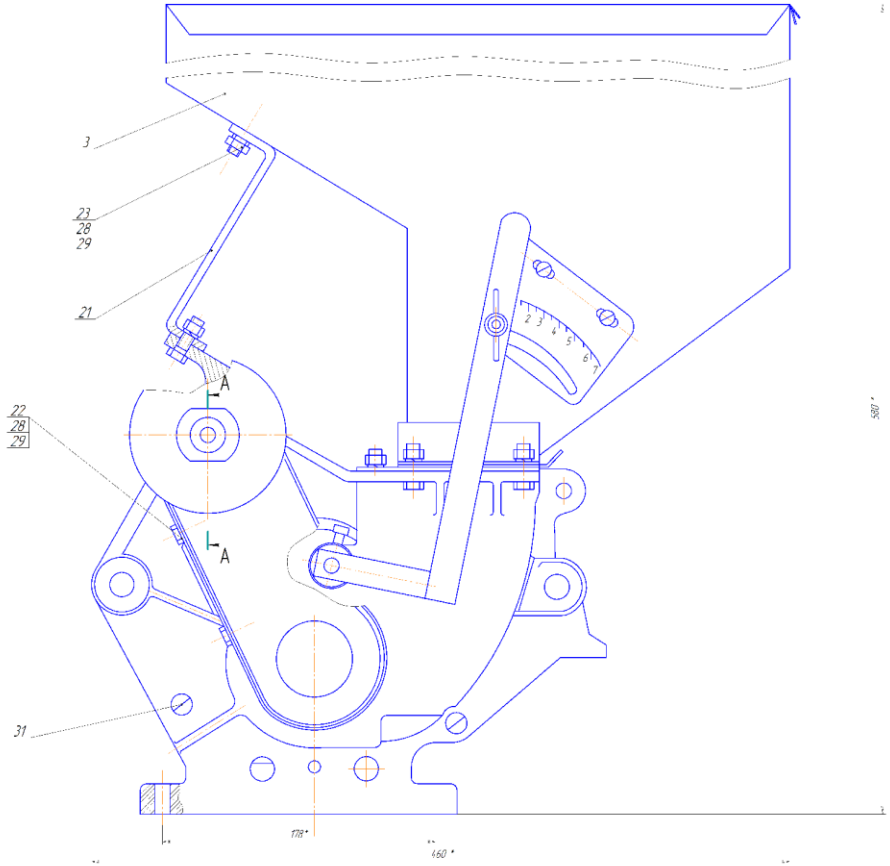
Копіював Формат А1


СПГ 00.010 СБ
Вид А
Б-Б
М1:1
В-В
М1:1
1970 ±3
685 ±2
380 *
1. * Розміри для довідок.
2. Інші технічні вимоги по ОСТ 117-024.
Секція

ЦНТУ
гр. ГМІСМІ-21МІ(1,9)
Формат А1

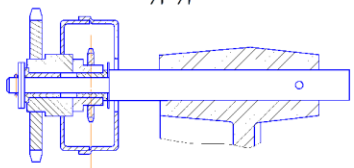
СПГ 00.020 СБ

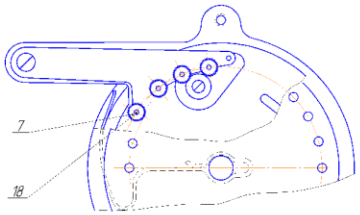




Кришка поз. Б. і прокладка 12 не показані

А–А

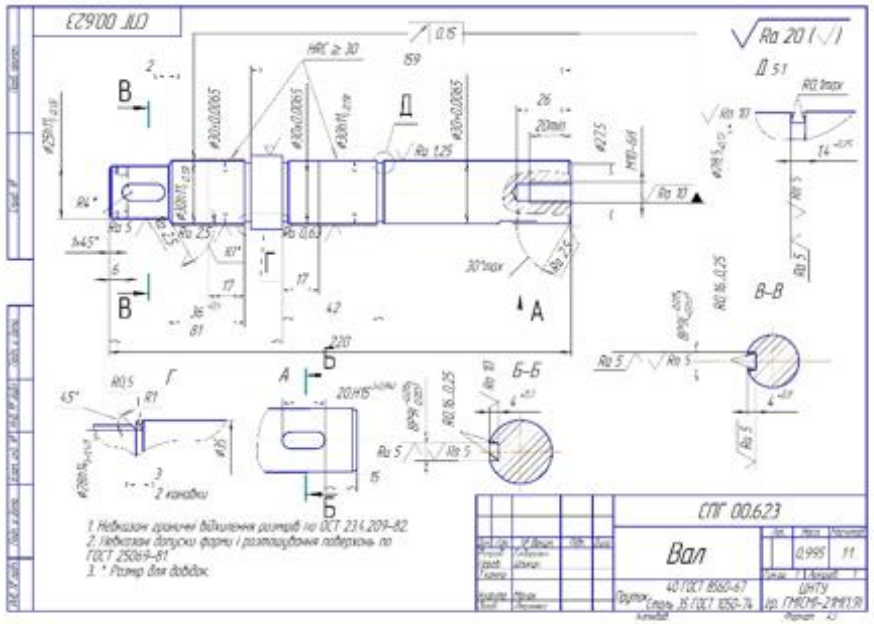


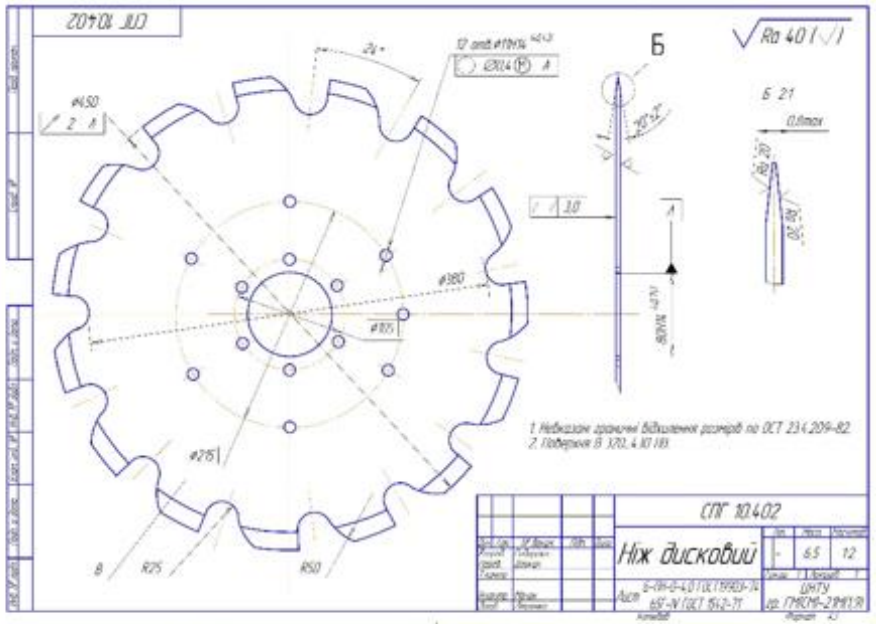


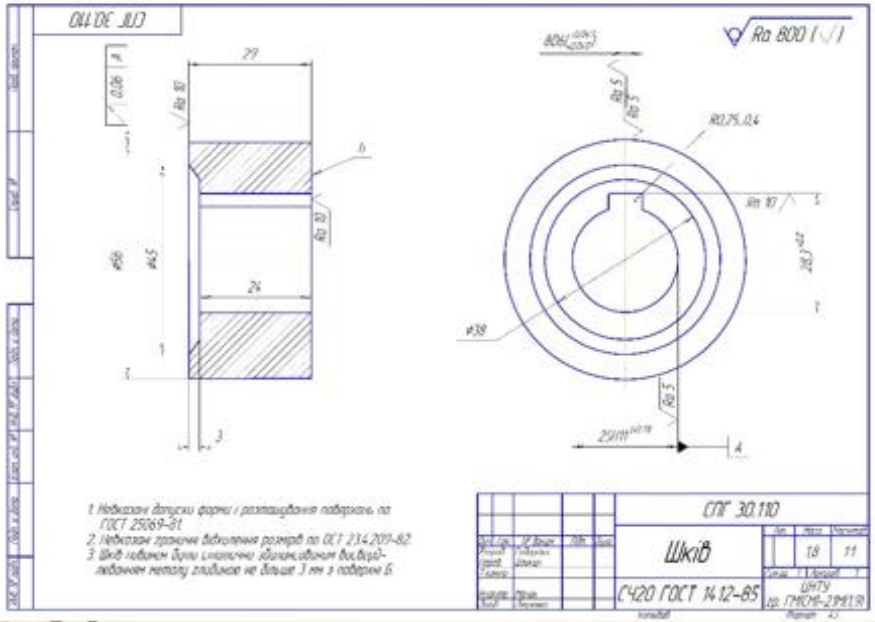
1. Взаємне зміщення вісей зірочок поз. 9 і поз. 10 не більше 1 мм забезпечити встановленням необхідної кількості шайб поз. 14.
2. Вал поз. 19 повинен крутитися під дією крутного моменту не більше 5 Нм (0,51 кгс·м).
3. Крутний момент затяжки деталей поз. 22, 23, 24, 28 – 11..14 Нм.
4. * Розміри для довідок.

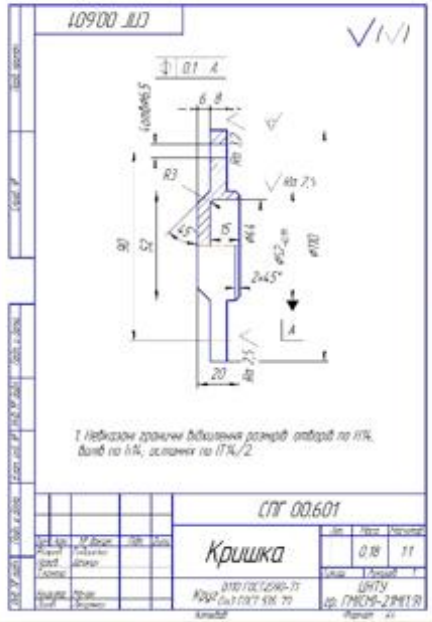
Розроб.	Гнатюк			СПГ 00.020 СБ		
Перев.	Шевчук			Апарат висівний	Літ.	Маса	Масштаб
Т.контр.						14,15	1:1
Н.контр.	Ільєв				Аркуш	Аркушів	1
Затв.	Яковлєв						
					ПНТУ		
					гр. ГМПМ-21М19		

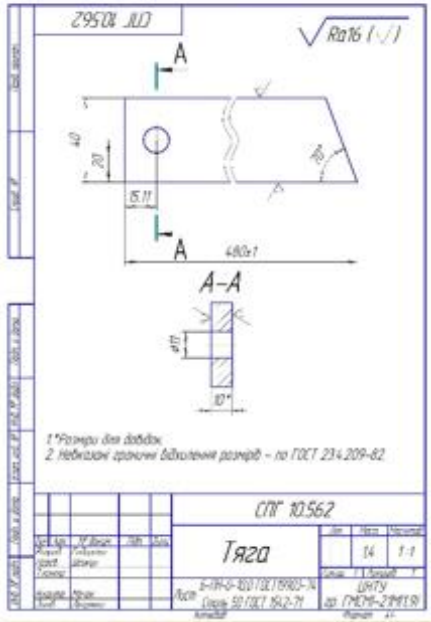
Копіював Формат А3


СПГ 00.623
Ra 20
Вал
40Г ГОСТ 8560-67
ЦНТУ гр. ГМСМ-21М(1,9)
1. Невказані граничні відхилення розмірів по ОСТ 234.209-82.
2. Невказані допуски форми і розташування поверхонь по ГОСТ 25069-81.
3. * Розмір для довідок.


СПГ 10.402
Ra 40
Ніж дисковий
Сталь 65Г-У ГОСТ 1542-71
ЦНТУ гр. ГМСМ-21М(1,9)
1. Невказані граничні відхилення розмірів по ОСТ 234.209-82.
2. Твердість 8 370...4 401 НВ.


СПГ 30.110
Ra 800
Шків
Сч20 ГОСТ 1412-85
ЦНТУ гр. ГМСМ-21М(1,9)
1. Невказані допуски форми і розташування поверхонь по ГОСТ 25069-81.
2. Невказані граничні відхилення розмірів по ОСТ 234.209-82.
3. Шків повинен бути статично збалансований вибірковим видаленням металу глибиною не більше 3 мм з поверхні Б.


СПГ 00.601
Кришка
Сталь 10 ГОСТ 1050-74
ЦНТУ гр. ГМСМ-21М(1,9)
1. Невказані граничні відхилення розмірів отворів по IT14, валів по h14, осьових по IT14/2.


СПГ 10.562
Ra16
Тяга
Сталь 50 ГОСТ 1542-71
ЦНТУ гр. ГМСМ-21М(1,9)
1. *Розміри для довідок.
2. Невказані граничні відхилення розмірів – по ГОСТ 234.209-82.

СПГ 00.001 НЧ

Мета і задачі досліджень

Тема: Модернізація сівалки СПП-12 з удосконаленням конструкції висіваючого апарата»

Мета роботи: удосконалення процесу подачі насіння кукурудзи пневмовакуумним висівним апаратом шляхом обґрунтування геометрії дозуючих елементів у зонах захоплення та транспортування насіння

Об'єкт дослідження: процес подачі насіння кукурудзи висіваючим апаратом пневматичної сівалки.
Предмет дослідження: закономірності процесу подачі насіння кукурудзи дозуючими елементами пневмовакуумного висіваючого апарату

Завдання досліджень:

1. Аналітично обґрунтувати раціональну конструкцію адаптивних дозуючих елементів висівного диска пневмовакуумного висівного апарату.
2. Дослідити закономірності процесу захоплення і винесення насіння адаптивними дозуючими елементами, обґрунтувати їх раціональні параметри.
3. Експериментально оцінити вплив параметрів запропонованих дозуючих елементів і режимів роботи пневмовакуумного висівного апарату на якість дозування насіння кукурудзи.

Розроб. Хар.	К. докцент		Літ.	Маса	Масштаб
Перевір.	Кобзарєва				---	--
Розроб.	Войцун					
Т. контр.			Аркуш	Аркушів 1
Н. контр.	Мечик		ЦНТУ
Затв.	Лещенко		гр. ГМ(СМ)-21М(1.9)

СПГ 00.001 НЧ

Мета і задачі досліджень

Копіював

Формат А1

СПГ 00.002 НЧ

Огляд сівалок для прямого посіву



Сівалка точного висіву MASSEY FERGUSON 9100 VE PRECISION PLANTING (США)



Сівалка MaterMacc (Італія)



Посівний комплекс «ATD» (Україна)



Механічний посівний комплекс «OVTECH» культиваторного типу (Україна)



Універсальний висівний комплекс для технології strip-till Focus 6 TD (Німеччина)



Сівалка Azurit 9 (Німеччина)



Механічна стерньова сівалка «Сіва Нова СЗМ 3.6» (Україна)



Сівалка Vaderstad Rapid 600C (Швеція)

						СПГ 00.002 НЧ	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Огляд сівалок для прямого посіву	Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.		Гайдучок В.В.					---	---
Керівник						Аркуш	Аркушів 1
Н.контр.		Ульчик О.І.			---	ЦНТЧ гр. ГМ(СМ)-21М(1,9)	
Затв.							

Копіював

Формат А1

СПГ 00.003 НЧ

Теоретичні дослідження

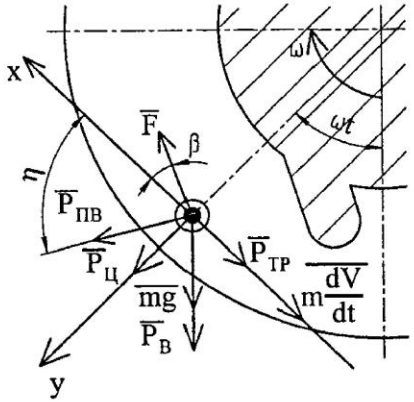
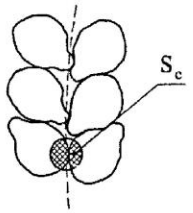


Схема сил, які діють на присмоктану насінину в шарі насіння

$$\frac{F}{\Sigma R}=\frac{(P_B tg\beta+P_{пр})f}{\sqrt{R_x^2+R_y^2}}$$

де F – сила тертя поверхні висіваючого диска об насіння, що присмоктується, Н;
ΣR – рівнодіюча сил опору виносу, Н;
P_B – сила вертикального тиску верхнього шару насіння, Н;
β – кут укладання насіннєвого матеріалу, град;
$P_{пр}$ – контактна сила присмоктування (направлена по нормалі до площини висіваючого диска, на рис. вказана), Н;
f – коефіцієнт тертя насіння об поверхню висівного диска;
R_x, R_y – проекції сил опору виносу насіння з насіннєвої камери на осі X і У.



Sc – площа перекриття дозуючого елемента насінням, м^2.

Можливе розташування насіння відносно дозуючого елемента

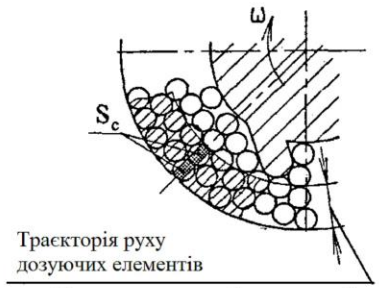


Схема розташування насіння біля дозуючого елементу запропонованого висіваючого диска

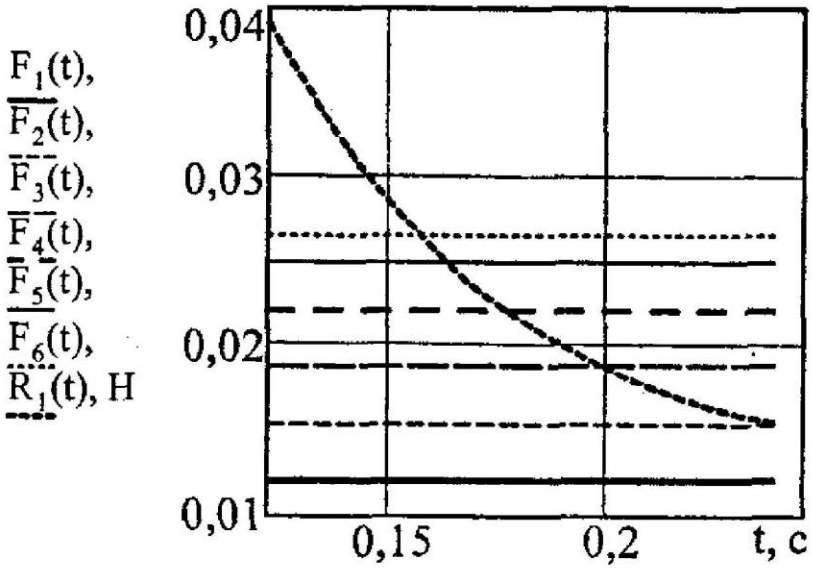
$$S_C=4\int_0^{t_e/2}\sqrt{(\frac{b}{2})^2-x_i^2}\,dx$$

t_e – ширина радіально розташованого дозуючого елемента, м;
b – середня ширина насіння, що висівається, м.

							СПГ 00.003 НЧ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата				Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.		Сіборчук			Теоретичні дослідження				---	--
Перев.		Денікін						Аркуш	Аркушів	7
Т.контр.										
Н.контр.		Мічнік			---			ЦНТУ, гр. ГМ(СМ)-21М(1,9)		
Затв.		Лещенко								

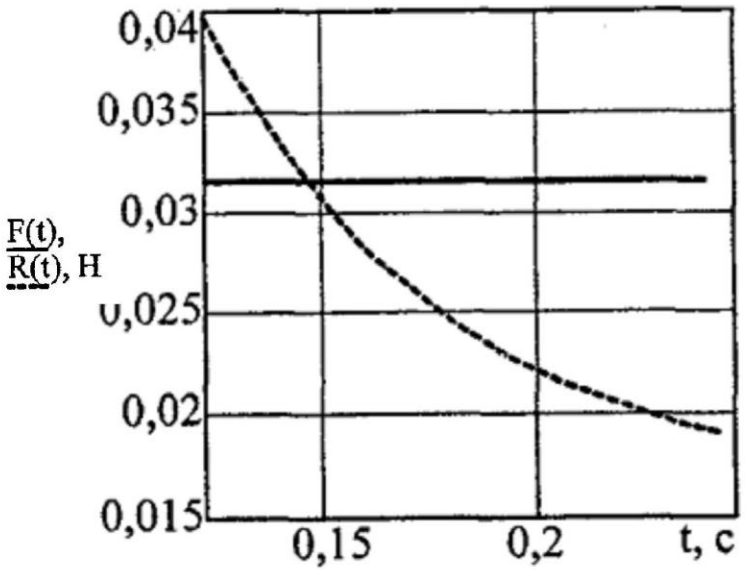
Копіював Формат А1

Результати експериментальних досліджень



Fi – сила тертя поверхні висівного диска об насіння, що присмоктується, для випадків, коли насіння перекриває 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0 діаметра дозуючого елемента, Н;
R(t) – рівнодіюча сил опору виносу при ω=6,4 рад/с;
t – час, с.

Графік розрахункового співвідношення сил тертя поверхні серійного висівного диска об насіння, що присмоктується, і рівнодійної сил опору при дозуванні кукурудзи.



Графік розрахункового співвідношення сил тертя поверхні запропонованого висіваючого диска об насіння та рівнодіючої сил опору при дозуванні насіння кукурудзи

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	СПГ 00.004 НЧ		
Розроб.		Гайдучек			Результати експериментальних досліджень	Літ.	Маса	Масштаб
Перев.		Войцун					---	--
Т.контр.						Аркуш	Листів 1
Н.контр.		Пучок			---	ЦНТУ гр. ГМ(СМ)-21М(1,9)	
Затв.		Пилипака					

Копіював Формат А1