

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Янченко Олександр Олександрович

УДК 631.331

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЇ ЗЕРНОВОЇ
СІВАЛКИ**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Янченко О.О.

Керівник роботи

Савченко С.В.

к.т.н., доцент

Житомир – 2023

АНОТАЦІЯ

Янченко Олександр Олександрович. Розробка конструкції зернової сівалки. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

В результаті виконання кваліфікаційної роботи розроблена оригінальна конструкція зернової сівалки. Відмінністю конструкції розробленої сівалки від існуючих аналогів є спроектований відцентровий висівний апарат.

Рекомендовані частоти обертання відцентрового висівного апарату перебувають у межах $n_{\omega} = 400 \dots 1000 \text{ хв}^{-1}$ за швидкості руху сівалки $V = 6,7 \dots 16,7$ км/год. У середньому при швидкості руху сівалки $V_c = 10$ км/год частота обертання висівного апарата дорівнює $n_{\omega} = 600 \text{ хв}^{-1}$. Тоді кутова швидкість висівного апарата дорівнює:

Спроектований висівний апарат є універсальним, тобто є можливість висіву більшості зернових і деяких інших культур та можливість варіювання норми висіву насіння і добрив у широких межах.

Розроблена машина має наступні переваги: малу металоємність і енергоємність, взаємозамінність деталей і вузлів з деталями і вузлами наявних конструкцій, технологічність в обслуговуванні та ремонті, ергономічність і екологічність в експлуатації, мала трудомісткість в обслуговуванні та ремонті, універсальність в агрегуванні з тракторами даного класу тяги.

Ключові слова: зернова сівалка, висівний апарат, посів, швидкість, обертання.

ANNOTATION

Yanchenko Oleksandr Oleksandrovych. Development of a grain seeder design.

– *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in the specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2023.

As a result of the qualification work, an original design of a grain seeder was developed. The difference between the design of the developed seeder and existing analogues is the designed centrifugal sowing machine.

The recommended rotational speeds of the centrifugal sowing apparatus are in the range of $= 400...1000 \text{ min}^{-1}$ at a sower travel speed of $= 6.7...16.7 \text{ km/h}$. On average, at the speed of the sowing machine $= 10 \text{ km/h}$, the rotation frequency of the sowing machine is equal to $= 600 \text{ min}^{-1}$. Then the angular velocity of the sowing machine is equal:

The designed sowing machine is universal, i.e., it is possible to sow most cereals and some other crops and to vary the seed and fertilizer rate within a wide range.

The developed machine has the following advantages: low metal consumption and energy consumption, interchangeability of parts and assemblies with parts and assemblies of existing structures, manufacturability in maintenance and repair, ergonomics and environmental friendliness in operation, low labor intensity in maintenance and repair, versatility in aggregation with tractors of this traction class.

Keywords: grain seeder, sowing machine, sowing, speed, rotation.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ЗЕРНОВИХ СІВАЛОК ТА ЇХ ВИСІВНИХ АПАРАТІВ.....	7
РОЗДІЛ 2. ПРОЕКТУВАННЯ СТРУКТУРИ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ.....	13
РОЗДІЛ 3. ЗАГАЛЬНА СХЕМА ТА ПРИНЦИП РОБОТИ ВІДЦЕНТРОВОГО ВИСІВНОГО АПАРАТУ.....	21
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	31
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	32

ВСТУП

Актуальність дослідження. Збільшення виробництва та підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва – важливе завдання працівників сільського господарства.

При посіві зернових та інших сільськогосподарських культур за звичайною технологією із застосуванням одноопераційних спеціалізованих машин двигунами тракторів та як самих сільськогосподарських машин ущільнюється понад 60% площі поля. Окремі ділянки зазнають 3-9-кратного впливу, що знижує врожайність сільськогосподарських культур, у тому числі зернових колоскових на 10, цукрових буряків на 15, картоплі на 50%.

Всі вітчизняні сівалки для посіву зернових оснащені висіваючими апаратами катушкового типу.

У зарубіжній практиці, а в останні роки і в нашій країні для посіву зернових культур поряд з механічними висіваючими апаратами використовуються висівні апарати пневматичної та пневмо-механічної дії. Дані зернові сівалки мають центральний на всі сошники дозатор з одним загальним бункером для насіння та розподільні пристрої.

За останні роки основні фірми США випускають, як правило, причіпні сівалки, фірми європейських країн - навісні та напівнавісні сівалки. Ширина захвату цих сівалок від 3 до 6 і більше метрів.

Загальна економічна ефективність від застосування навісних посівних машин складається із зниження енергоємності процесу, економії живої та ручної праці, підвищення врожайності оброблюваних культур та збільшення виробництва сільськогосподарської продукції загалом та інші.

Так як наша країна не виробляє легкі навісні зернові сівалки, тому дана тема є актуальною темою для нашої області і країни в цілому.

Мета роботи – розробка конструкції зернової сівалки для агропромислового комплексу України.

Для реалізації поставленої мети у роботі необхідно вирішити такі **завдання**:

- Проаналізувати конструкцію існуючих прототипів зернових сівалок, визначити їх переваги і недоліки;
- Розробити технологічних процес посіву .

Об'єкт дослідження: технологічний процес посіву зернових культур.

Предмет дослідження: залежності функціонування розробленої конструкції зернової сівалки.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Савченко С.В., Янченко О.О. Огляд конструкцій висівних апаратів зернових сівалок. *Наукові читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики*. 19 квітня 2023 р. Житомир : Поліський національний університет, 2023. Т. 3. С. 135-141.

2. Білецький В.Р., Герасимчук А.А., Янченко О. О., Ошуревич О. А. Вимірювання та аналіз розмірів насіння (на прикладі кунжуту). *Збірник матеріалів ІХ Міжнародної науково-практичної конференції „Інноваційні технології в АПК”*. 7-8 червня 2023 року, м. Луцьк. С.

Практичне значення одержаних результатів. Практичний інтерес для підприємств АПК представляє розроблена конструкція зернової сівалки

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 17 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 34 сторінки комп'ютерного тексту, містить 5 рисунків та 3 таблиці.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ЗЕРНОВИХ СІВАЛОК ТА ЇХ ВИСІВНИХ АПАРАТІВ

В даний час випускаються уніфіковані зернотукові сівалки СЗ-3,6 різних модифікацій: СЗУ-3,6; СЗА-3,6; СРН-3,6; СЗП-3,6; СЗТ-3,6; СЗТ-3,6; СЛТ-3,6. Для посіву по стерневому тлі застосовується сівалка-культиватор СЗС-2,1М.

Всі вітчизняні сівалки для посіву зернових оснащені висівними апаратами котушкового типу.

У зарубіжній практиці для посіву зернових культур поряд з механічними висівними апаратами використовуються висівні апарати пневматичної та пневмомеханічної дії. Ці зернові сівалки мають центральний на всі сошники дозатор з одним загальним бункером для насіння та розподільні пристрої.

За останні роки основні фірми США випускають, як правило, причіпні сівалки, фірми європейських країн – навісні та напівнавісні сівалки. Ширина захвату цих сівалок від 3 до 6 м.

Базова сівалка СЗ-3,6 (рис. 1.1) складається з рами 1, причіпного пристрою 2, гідроциліндра підйому 3, механізму підйому сошників зернотукового ящика 5, механізму передач 6, опорно-привідних коліс 7, підніжки 8, загортачів 9 і сошників 10.

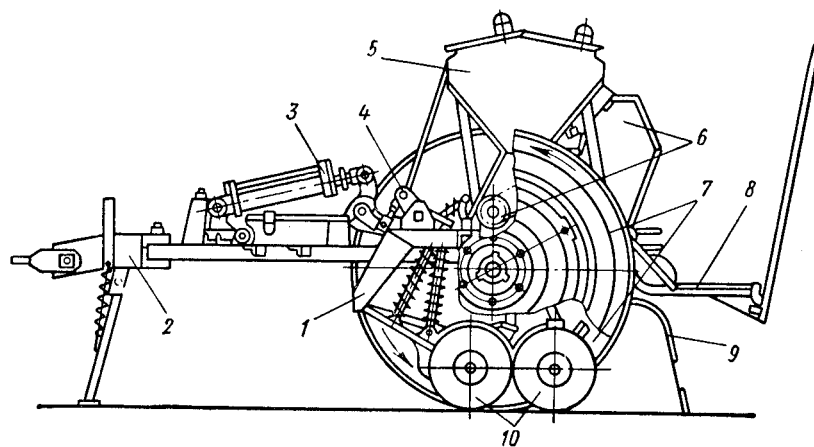


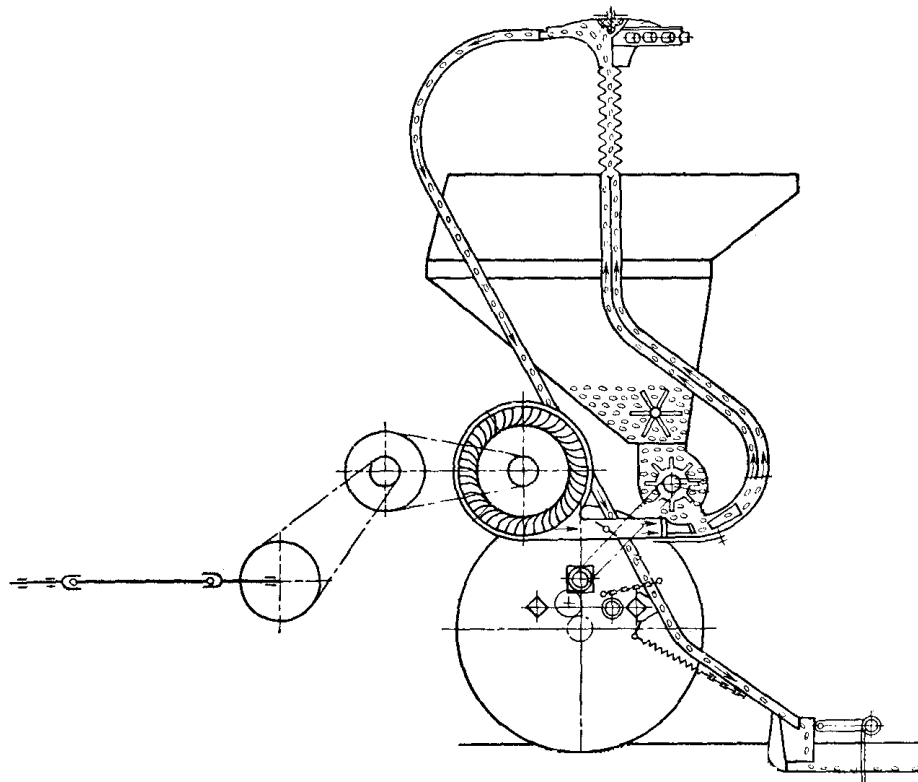
Рис. 1.1. Схема сівалки СЗ-3,6

Зернотукова сівалка СЗ-3,6 призначена для рядового посіву зернових та зернобобових культур з одночасним внесенням мінеральних добрив.

Із зарубіжних сівалок для посіву зернових культур, що принципово відрізняються від звичайних з катушковими апаратами, що висівають, найбільший інтерес представляють сівалки "Акорд" і "Стокланд".

Пневматична сівалка "Акорд" (Німеччина) призначена для посіву насіння, розподілу мінеральних добрив.

Сівалка (рис. 1.2) складається з наступних основних вузлів: насінневого бункера 1 з ворошилкою 2, висівного апарату 3, загального сім'япроводу 4, розподільного пристрою 5, сім'япроводів 9, сошників 10, вентилятора 11, з приводом від ВВМ трактора через карданний вал 2.



Рисю. 1.2. Схема сівалки "Акорд"

Висівний апарат має одну десятилопатеву катушку діаметром 110 мм і робочою довжиною до 140 мм, що наводиться від ходового колеса. У лівій частині катушки є канавка глибиною 7 мм, призначеної для висіву дрібного

насіння. Робоча довжина катушки встановлюється за допомогою регулятора висіву, що представляє гвинтовий механізм зі шкалою.

Розподільний пристрій 5 (рис. 1.2) являє собою порожнистий диск, до якого знизу кріпиться загальний насіннепровід 6, а зверху - розподільний конус 7. На периферії диска є патрубки 8, на які кріпляться гнучкі пластмасові насіннепроводи 9.

У нижній частині загального насіннепроводу встановлено звужувальне сопло 13 для створення розрідження під катушкою, яке сприяє проходженню насіння з бункера.

Вентилятор 11 служить для подачі насіння повітряним потоком від висівного апарату - центрального дозатора до розподільника і далі насіннепроводом до сошника. Швидкість повітряного потоку регулюється заслінкою від 27 до 68 м/с.

Технологічний процес відбувається в такий спосіб. Насіння з бункера за допомогою ворошилки 2 рухається до висівного апарату 3. Жолобки катушки скидають насіння в загальний насіннепровід 4, повітряний потік створюваний вентилятором підхоплює насіння і несе їх до розподільного пристрою 5, звідки по насіннепроводам 9 насіння направляються до.

Серйозним недоліком сівалок "Аккорд" є висока нерівномірність розподілу насіння по сошниках, що досягає до 10%. Нерівномірність розподілу насіння по сошниках зростає під час роботи сівалки на полях з схилами та з нерівним рельєфом.

Сівалка "Стокланд" (Норвегія) має відцентровий висівний апарат і призначена для посіву зернових та овочевих культур та трав (рис. 1.3).

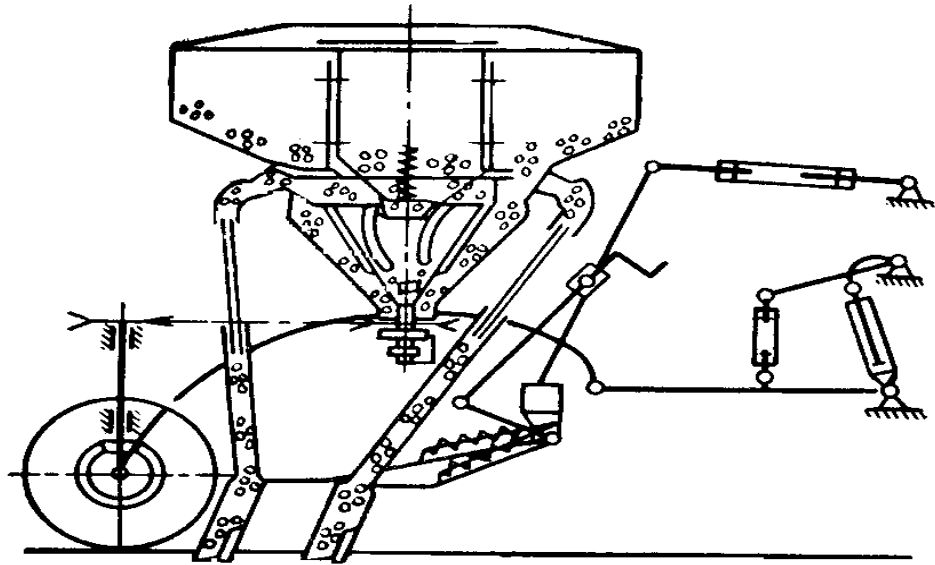


Рис. 1.3. Схема сівалки "Стокланд"

Сівалка складається з великого бункера 1 для зерна і малого бункера 2 для насіння овочевих культур, приймальної зернової камери 3 у вигляді конуса, в якому розміщений конус 4, що обертається, з забірним вікном 5 і чотирма лопатями 6. Насіння з великого бункера 1 надходять через отвори в приймальню конічну камеру 3. Конус, що обертається, 4 забирає з цієї камери насіння через регульоване вікно 5. Далі під дією відцентрової сили вони подаються в канали розподільної головки 6, а потім по насіннепроводах 7 в сошники 8. Висів регулюється зміною перерізу вікна 5. Конус, що обертається 4 отримує привід від опорного колеса 9.

Сівалки Стокланд мають ширину захвату від 2 до 2,5 м, ємність бункера зерна - 0,220 м³.

До схем конструкцій механічних висівних апаратів зернових сівалок належать катушкові, внутрішньорєберчасті, ложкові, метеликові, канавкові, фрикційні, відцентрові, вібраційні, щіткові тощо.

Катушковий висівний апарат застосовується переважно для висіву зернових культур. Відрізняється простотою конструкції та легкістю встановлення на норму висіву. Серйозним недоліком даного висівного апарату є нерівномірність подачі потоку зерна, що висівається.

Внутрішньороберчастий висівний апарат використовується в сівалках багатьох зарубіжних фірм. Під час роботи насіння з насінневої шухляди самопливом надходить у насінневу коробку, де під час обертання кільця воно виносять внутрішньою його рифленою поверхнею за межі коробки через калібрований переріз вихідного каналу. Висів регулюється переважно за рахунок зміни частоти обертання апарата. Даний апарат має кращу порівняно з катушковим рівномірність подачі зернового потоку, проте він недостатньо універсальний.

Ложкові висівні апарати застосовуються в деяких країнах Європи. Перевагою даних висівних апаратів є відсутність пошкодження насіння, недоліком - чуйність до поштовхів і ухилів місцевості, а також залежність норми висіву від рівня зерна в бункері.

Метеликові висівні апарати нині майже не застосовуються, хоча й значно простіші за катушкові. Їх можна використовувати під час висівання деяких несипучих насінин трав. Насіння висівають через отвори в дні або в стінці бункера під дією лопатевого диска (метелика), що обертається над отвором. Показники якості висіву - як і в катушкових, також йому притаманні недоліки ложкових висівних апаратів.

Вібраційні висівні апарати засновані на використанні властивостей сипучого і навіть несипучого насіння під дією вібрації поводитися як в'язкі рідини.

Вібраційні висівні апарати забезпечують рівномірний висів, можливість висіву насіння з різними фізико-механічними властивостями, низьку пошкоджуваність насіння. Проте вони не набули широкого застосування, можливо через низьку надійність технологічного процесу висіву.

Пневмомеханічні висівні апарати застосовуються в сівалках типу "Акорд" і останніми роками набувають більшого поширення. Як дозатор використовується одна катушка або інший пристрій, а розподільником слугує головка зі зворотним конусом, на який подається маса насіння в повітряному потоці. Повітряно-

насіннєвий потік рівномірно розподіляється зворотним конусом по його основі та надходить у насіннепроводи, далі в сошники.

Відцентрові висівні апарати мають обертовий конус для розподілу насіння та різні пристрої для дозування: шнеки (рис. 1.4, а), катушки (рис. 1.4, б), транспортери (рис. 1.4, в) і калібровані отвори (рис. 1.4, г) на конусі.

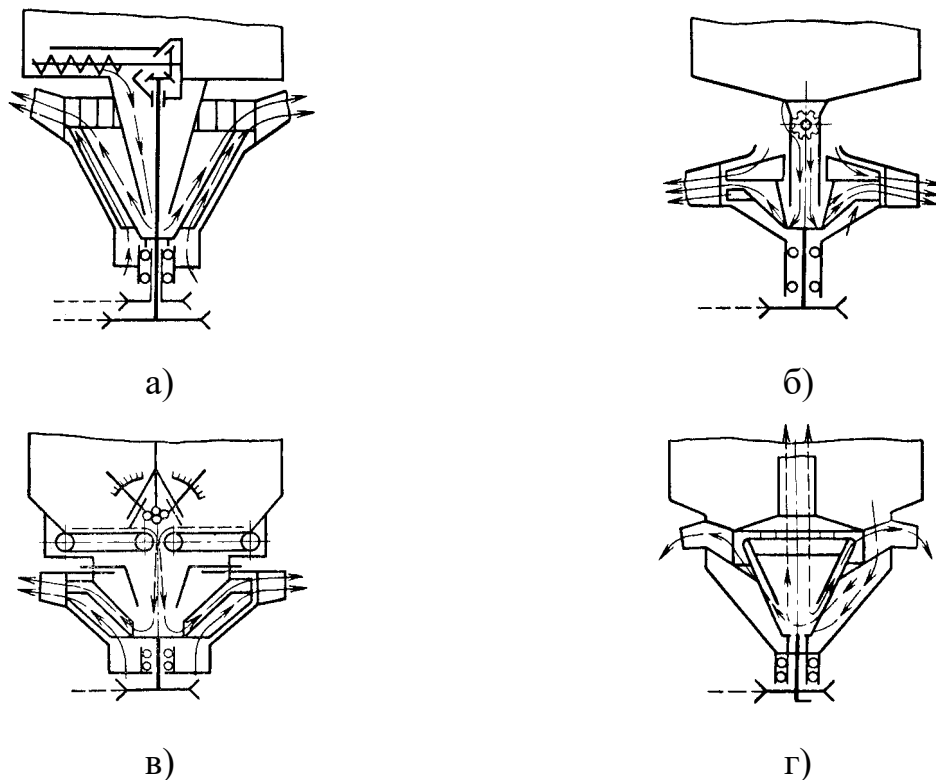


Рис. 1.4. Загальні схеми висівних апаратів

Висновки по розділу

Проведений аналіз конструкцій зернових сівалок та їх висівних апаратів дозволяє визначити напрямок вдосконалення конструкції висівних апаратів зернових сівалок.

РОЗДІЛ 2

ПРОЕКТУВАННЯ СТРУКТУРИ ВИРОБНИЧОГО ПРОЦЕСУ

Щоб провести процес вирощування зернових культур на промисловій основі, потрібно здійснити комплекс організаційно-господарських та інших заходів, що дають змогу механізувати виробничі процеси, поліпшити родючість ґрунту.

Під технологією обробітку зернових культур слід розуміти комплекс послідовно виконуваних агротехнічних, екологічних, обґрунтованих прийомів і операцій, спрямованих на виробництво максимальної кількості продукції з мінімальними витратами ручної праці та матеріальних засобів. При цьому до технології висуваються такі основні вимоги: відповідність культури до конкретних умов зони, повна механізація процесів обробітку та збирання, застосування сучасних методів і засобів захисту рослин від шкідників, хвороб і бур'янів.

Основними елементами технології вирощування зернових культур є:

1. Правильне його розміщення в сівозміні з урахуванням її вимог до умов зростання;
2. Раціональне внесення органічних і мінеральних добрив із розрахунком на планований урожай;
3. Новітні методи підготовки насіння до посіву високоврожайних сортів, стійких до хвороб.
4. Своєчасне та якісне проведення основного та передпосівного обробітку ґрунту, а також здійснення ефективних прийомів догляду за рослинами.

Вихідні дані:

1. Оброблювана культура - яра пшениця
2. Технологічний процес – посів

Характеристика поля наводиться в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристика поля

Площа поля, га	Кут нахилу, град.	Питомий опір, кН/м	Глибина посіву, см
200	0	1,2	5...7

Таблиця 2.2 – Тягове зусилля та робочі швидкості трактора

Показники	Передачі				
	4	5	6	7	8
Тягове зусилля, кН	14,0	11,5	9,5	7,5	6,0
Робоча швидкість, км/год	6,85	8,15	9,55	11,7	13,8

Максимально можлива ширина захвату для навісного агрегату:

$$B_{max} = \frac{P_{мяг}^H + G_{ТР} \sin \alpha}{K_n + (Q_c + Q_s)(\lambda f + \sin \alpha)}; \quad (2.1)$$

де $P_{мяг}^H$ - номінальне тягове зусилля, Н

$G_{ТР}$ - маса трактора, Н

K_n - питомий опір, Н/м

Q_c - вага навісного агрегату ($Q_c = q_c \cdot v_k = 1550 \times 4 = 6200$ Н),

λ - коефіцієнт, що враховує величину довантаження трактора під час роботи з навісними машинами $\lambda = 1,2$

f - коефіцієнт опору коченню трактора $f \approx 0,1$

Зусилля, що витрачається на подолання підйому машини:

$P_i = 0$, так як $\sin \alpha = 0$.

Номінальне тягове зусилля:

$$P_{мяг}^H = P_{мяг} - P_{вои} = 9500 - 500 = 9000 \text{ Н}; \quad (2.2)$$

$$B_{\max} = \frac{P_{\text{тяг}}^H + G_{\text{ТР}} \sin \alpha}{K_H + Q(\lambda f + \sin \alpha)} = \frac{9500}{1200 + (6200 + 3200)1,2 \cdot 0,1} = 4,08 \text{ м}$$

Число машин в агрегаті:

$$n = \frac{B_{\max}}{e_k} = \frac{4,08}{4} = 1,02 \quad (2.3)$$

де e_k – конструктивна ширина захвату.

Приймаємо $n=1$.

Опір робочих машин:

$$R_M = K_H e_k n + G_M (\lambda f + \sin \alpha) n = 1200 \cdot 4 + (6200 + 3200)1,2 \cdot 0,1 = 8642 \text{ Н} \quad (2.4)$$

Коефіцієнт завантаження трактора:

$$K_{з.т} = \frac{P_M}{P_{\text{тяг}}^H} = \frac{8642}{9000} \approx 0,9 \quad (2.5)$$

Коефіцієнт завантаження двигуна:

$$K_{з.д.} = \frac{N_e^\phi}{N_e^H} = \frac{25960}{58800} = 0,44, \quad (2.6)$$

где N_e^ϕ – необхідна ефективна потужність двигуна, кВт.

Ефективна потужність, споживана для виконання заданої операції:

$$N_e^\phi = \frac{[P_M + G_{\text{ТР}}(f \pm \sin \alpha)]V_P}{\eta_\sigma} = \frac{[5928 + 3300]2,653}{0,8} = 30602 \text{ Вт}, \quad (2.7)$$

де $G_{\text{ТР}}$ – вага трактора, Н;

η_σ - коефіцієнт, що враховує витрати потужності.

Максимальний радіус повороту дорівнює мінімальному радіусу повороту трактора, який дорівнює $R_o = 3,6$ м.

Кінематична довжина агрегату:

$$l_a = l_T + l_M = 0,9 + 1,9 = 2,8 \text{ м}, \quad (2.8)$$

де l_T, l_M – кінематична довжина трактора і машини, м.

Довжина виїзду агрегату:

$$l = 0,5 \cdot l_a = 0,5 \cdot 2,8 = 1,4 \text{ м}. \quad (2.9)$$

Ширина поворотної смуги:

$$E = 2,8 \cdot R_o + l + l_M = 2,8 \cdot 3,6 + 1,4 + 2,8 = 14,28 \text{ м}. \quad (2.10)$$

Довжина одного повороту:

$$L_{пов} = 8R_o + 2l = 2 \cdot 1,4 = 31,6 \text{ м}. \quad (2.11)$$

Робоча довжина гону:

$$L_p = L - 2E = 1000 - 2 \cdot 14,28 = 971,44 \text{ м}. \quad (2.12)$$

Довжина робочого ходу:

$$S_p = L_p \frac{C}{B_p} + C \frac{2E}{B_p} = 971,44 \frac{88}{4,0} + 88 \frac{2 \cdot 14,28}{4,0} = 22000 \text{ м}. \quad (2.13)$$

Коефіцієнт робочих ходів:

$$\varphi = \frac{S_p}{S_p + S_x} = \frac{22000}{22000 + 474} = 0,97., \quad (2.14)$$

де S_p, S_x – загальна для всього гону довжина робочих і холостих ходів, м.

Довжина холостого ходу:

$$S_x = n_{xn} l_{xn} = 15 \cdot 31,6 = 474 \text{ м}, \quad (1.15)$$

де n_{xn} – кількість холостих поворотів;

l_{xn} – довжина одного холостого повороту, м

Кількість поворотів:

$$n_{x.n} = \frac{C}{B_p} - 1 = \frac{64}{4} - 1 = 15; \quad (1.16)$$

Продуктивність агрегату за зміну визначається:

$$W_{cm} = 0,1 B_p V_p \tau_o T_{cm} = 0,1 \cdot 4,1 \cdot 9,55 \cdot 7 = 27,4 \text{ га / см}. \quad (1.17)$$

Кількість нормозмін:

$$n_{cm} = \frac{F}{W_{cm}} = \frac{200}{27,4} = 7,2, \quad (1.18)$$

де F – площа, га;

W_{cm} – змінна продуктивність га/см.

Робочий час визначається:

$$T_p = T_{cm} - (T_{to} + T_{\phi}) = T_{г.д.} + T_{пов} + T_{to} = 7 - (0,14 + 0,28) = 6,58 \text{ год}, \quad (2.19)$$

де T_{to} – час, що зартачається на ТО, год;

T_{ϕ} – час, що витрачається на відновлення стомлюваності механізатора, год.

$$T_{to} = (0,02 \dots 0,03) \times T_{cm} = 0,14 \text{ год}. \quad (2.20)$$

$$T_{\phi} = (0,04 \dots 0,05) \times T_{cm} = 0,28 \text{ год}. \quad (2.21)$$

Час проходження агрегату робочої довжини гону:

$$t_{ч.д} = \frac{L_p}{1000V_p} = \frac{971,44}{1000 \cdot 9,55} = 0,1 \text{ год}. \quad (2.22)$$

Время одного поворота агрегата:

$$L_{пов} = \frac{L_{пов}}{1000V_{пов}} = \frac{31,6}{1000 \cdot 6,51} = 0,005 \text{ год}, \quad (3.23)$$

де $V_{пов} = 0,7V_p$.

Кількість проходів:

$$n_{ч} = \frac{T_p}{t_{ч.д} + t_{пов} + t_{to}} = \frac{6,58}{0,1 + 0,005 + 0,004} = 45; \quad (2.24)$$

$$T_{ч.д.} = n_{ч} t_{ч.д.} = 45 \cdot 0,1 = 4,5 \text{ год}; \quad (2.25)$$

$$T_{пов} = n_{ч} t_{пов} = 45 \cdot 0,005 = 0,225 \text{ год}; \quad (2.26)$$

$$T_{TO} = n_{\text{ч}} t_{TO} = 45 \cdot 0,04 = 1,8 \text{ год}, \quad (2.27)$$

де $T_{\text{ч.д.}}$; $T_{\text{пов}}$; T_{TO} - час виконання корисної роботи, поворотів, технологічних зупинок.

Добова норма виробітку:

$$K_{\text{см}} = 1 W = W_{\text{см}} K_{\text{см}} = 27,4 \cdot 1 = 27,4, \quad (2.28)$$

$$\text{де } K_{\text{см}} = \frac{t}{7} = 1,$$

тут $W_{\text{зм}}$ - змінна норма виробітку;

$K_{\text{зм}}$ - коефіцієнт змінності;

t - прийнята, тривалість робочого дня, год.

Погектарна витрата палива:

$$Q = \frac{q_{\text{ч.д.}} T_{\text{ч.д.}} + q_{\text{пов}} T_{\text{пов}} + q_{T.O.} T_{\text{тех.о}}}{W_{\text{см}}} =$$

$$= \frac{9,75 \cdot 4,5 + 4,8 \cdot 0,225 + 1,8 \cdot 1,8}{27,4} = 1,76 \text{ кг/га}, \quad (2.29)$$

де $q_{\text{ч.д.}}$, $q_{\text{пов}}$, $q_{\text{тех.о}}$ - годинна витрата палива під час виконання безпосереднього технологічного процесу, поворотів і технологічних зупинок, кг/год.

Загальна витрата палива:

$$Q = \Theta \Omega = 1,76 \cdot 200 = 352 \text{ кг} \quad (2.30)$$

Висновки по розділу.

До розроблюваної конструкції висуваються такі технологічні вимоги:

-сошники не повинні виносити на поверхню нижній шар ґрунту.

-дроблення насіння висівним апаратом не має перевищувати 1%.

Відхилення від заданої норми висіву; для насіння не більше +3%, для добрив не більше 10%.

Нерівномірність висіву між окремими висівними апаратами не повинна перевищувати 3 %.

Насіння має бути укладене на ущільнене дно борозни.

Відхилення від заданої глибини загортання насіння допускаються 1 см.

Універсальність конструкції: можливість висіву більшості зернових і деяких інших культур; можливість варіювання норми висіву насіння і добрив у широких межах.

До розроблюваної машини висуваються такі вимоги:

1. Досить висока міцність і довговічність (не нижча за наявні конструкції).
2. По можливості мала металоємність і енергоємність.
3. Взаємозамінність деталей і вузлів з деталями і вузлами наявних конструкцій.
4. Технологічність в обслуговуванні та ремонті.
5. Ергономічність і екологічність в експлуатації.
6. Мала трудомісткість в обслуговуванні та ремонті.
7. Універсальність в агрегуванні з тракторами даного класу тяги.
8. Безпека в експлуатації та ін.

РОЗДІЛ 3

ЗАГАЛЬНА СХЕМА ТА ПРИНЦИП РОБОТИ ВІДЦЕНТРОВОГО ВИСІВНОГО АПАРАТУ

Складальне креслення сівалки наведено в додатках роботи. Конструкція розроблюваної машини принципово відрізняється від наявних прототипів. Сівалка складається з двох бункерів поз. 1, відцентрових висівних апаратів поз. 2 і опорно-привідних коліс поз. 3, рами поз. 6, насіннепроводів поз. 14, анкерних сошників поз. 4 і 5, та інших деталей. Обертання до відцентрових висівних апаратів передається від опорно-привідних коліс за допомогою відкритої конічної зубчастої та клиноремінної передачі.

Загальні схеми та принципи роботи відцентрових висівних апаратів наведені в додатках роботи та в першому розділі пояснювальної записки.

Пропонований висівний апарат (рис. 2.1) складається з бункера 9, приймальної зернової камери 7 у вигляді конуса, в якому розміщений обертовий конус 6 із забірним вікном 12 і чотирма лопатями 5. Під час висіву насіння з бункера надходить через отвори в приймальну конічну камеру 7. Обертовий конус 6 забирає з цієї камери насіння через регульоване вікно 12. Далі під дією відцентрової сили воно подається в канали розподільної голівки 8, а потім насіннепроводами в сошники. Висів регулюється зміною перетину вікна 12 у конусі.

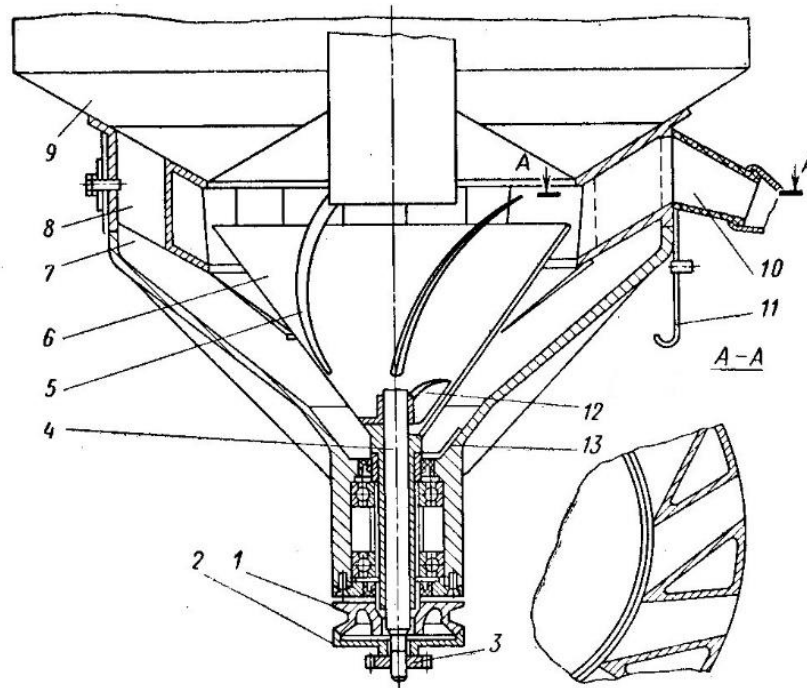


Рис. 3.1. Схема відцентрового висівного апарату

Дані для розрахунку:

Трактор – МТЗ-80

Робочий агрегат – СЦВ-3,6

Культура – яра пшениця

Норма висіву – 200 кг/га

Об'ємна вага насіння - 800 кг/м³

Рекомендовані частоти обертання відцентрового висівного апарату перебувають у межах $n_{\omega} = 400 \dots 1000 \text{ хв}^{-1}$ за швидкості руху сівалки $V = 6,7 \dots 16,7$ км/год. У середньому при швидкості руху сівалки $V_c = 10$ км/год частота обертання висівного апарата дорівнює $n_{\omega} = 600 \text{ хв}^{-1}$. Тоді кутова швидкість висівного апарата дорівнює:

$$\omega_{\omega} = \frac{\pi n_{\omega}}{30} = \frac{3,14 \cdot 600}{30} = 62,8 \frac{1}{c} \quad (3.1)$$

Опорно-приводне колесо прийнято моделі В-19АМ розмірами 135x254 (5.00-10). Діаметр колеса дорівнює $D_K = 0,51$ м. З урахуванням буксування приймаємо $D_K = 0,5$ м.

Визначимо частоту обертання колеса за середньої швидкості руху агрегату $V_c = 10$ км/год:

$$n_K = \frac{V_c}{\pi D_K} = \frac{10 \cdot 10^3}{60 \cdot 3,14 \cdot 0,5} = 106,2 \text{ хв}^{-1}. \quad (3.2)$$

Тоді:

$$\omega_K = \frac{\pi n_K}{30} = \frac{3,14 \cdot 106,2}{30} = 11,12 \frac{1}{c}$$

Загальне передавальне відношення приводу:

$$u_o = \frac{n_{II}}{n_K} = \frac{600}{106,2} = 5,65. \quad (2.3)$$

Загальне передавальне відношення приводу визначається як добуток передавального відношення зубчастої і ремінної передачі:

$$u_o = u_z u_p. \quad (3.4)$$

Розподілимо загальне передавальне відношення між зубчастою і ремінною передачами. З єдиного ряду вибираємо $u_z = 3,55$. Тоді:

$$u_p = \frac{u_o}{u_z} = \frac{5,65}{3,55} = 1,6. \quad (3.5)$$

Визначимо частоту обертання проміжного вала передач:

$$n_B = \frac{n_{II}}{u_p} = \frac{600}{1,6} = 375 \text{ хВ}^{-1},$$

Тоді

$$\omega_B = \frac{\pi n_B}{30} = \frac{3,14 \cdot 375}{30} = 39,3 \frac{1}{c}$$

За рекомендаціями потужність, споживана висівним апаратом, приймаємо рівною 1 кВт. Тоді крутний момент на валу висівного апарата визначається за виразом:

$$M_{II} = \frac{N_{II}}{\omega_{II}} = \frac{1 \cdot 10^3}{62,8} = 15,93 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (3.6)$$

Визначимо моменти на проміжному валу і на колесі за виразом:

$$M_B = \frac{M_{II} \cdot u_p}{\eta_p} = \frac{15,93 \cdot 1,6}{0,95} = 26,87 \text{ Н}\cdot\text{м}; \quad (3.7)$$

$$M_K = \frac{M_B \cdot u_3}{\eta_3} = \frac{26,87 \cdot 3,55}{0,96} = 99,3 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (3.8)$$

Одну й ту саму потужність за однакової швидкості можна передати ременями перерізів О, А, Б. Для визначення оптимальних параметрів передачі проводимо розрахунки для всіх цих перерізів.

Приймаємо діаметр меншого шківa за ГОСТ 20889-75-20898-75 рівним:
 $D_{20} = 100$ мм, $D_{2A} = 140$ мм, $D_{2B} = 200$ мм.

3. Визначаємо швидкості ременя:

$$v_0 = \frac{\pi D_{20} n_B}{60 \cdot 1000} = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 375}{60 \cdot 1000} = 1,96 \text{ м/с}; \quad (3.9)$$

$$v_A = \frac{\pi D_{2A} n_B}{60 \cdot 1000} = \frac{3,14 \cdot 140 \cdot 375}{60 \cdot 1000} = 2,75 \text{ м/с};$$

$$v_B = \frac{\pi D_{2B} n_B}{60 \cdot 1000} = \frac{3,14 \cdot 200 \cdot 375}{60 \cdot 1000} = 3,93 \text{ м/с}.$$

Ці швидкості не виходять із меж рекомендованих швидкостей для розглянутих перерізів.

Визначаємо діаметр більшого шківa, приймаючи коефіцієнт пружного ковзання $\xi = 0,01$:

$$D_{10} = D_{20} u_p (1 - \xi) = 100 \cdot 1,6(1 - 0,01) = 158 \text{ мм}; \quad (3.10)$$

$$D_{1A} = D_{2A} u_p (1 - \xi) = 140 \cdot 1,6(1 - 0,01) = 222 \text{ мм};$$

$$D_{1B} = D_{2B} u_p (1 - \xi) = 200 \cdot 1,6(1 - 0,01) = 316 \text{ мм}.$$

За ДСТУ приймаємо діаметри шківів для перерізів:

$$D_{10} = 160 \text{ мм}; \quad D_{1A} = 225 \text{ мм}; \quad D_{1B} = 320 \text{ мм}$$

За стандартними значеннями діаметрів шківів визначаємо дійсні частоти обертання валів:

$$n_{ц0} = (1 - \xi) \frac{D_{10} n_B}{D_{20}} = 0,99 \frac{160 \cdot 375}{100} = 594; \quad (3.11)$$

$$n_{\text{ЦА}} = (1 - \xi) \frac{D_{1A} n_B}{D_{2A}} = 0,99 \frac{225 \cdot 375}{140} = 597;$$

$$n_{\text{ЦБ}} = (1 - \xi) \frac{D_{1B} n_B}{D_{2B}} = 0,99 \frac{320 \cdot 375}{200} = 594.$$

Уточнюємо передавальне число:

$$u_{p0} = \frac{n_{\text{Ц0}}}{n_B} = \frac{594}{375} = 1,58;$$

$$u_{pA} = \frac{n_{\text{ЦА}}}{n_B} = \frac{597}{375} = 1,59;$$

$$u_{pB} = \frac{n_{\text{ЦБ}}}{n_B} = \frac{594}{375} = 1,58.$$

Із ДСТУ виписуємо розміри перерізів:

Переріз	b_p	h	z	А., мм ²
0	8,6	6	2,1	47
А	12	8	2,9	82
Б	15	11	4,0	140

Перевіряємо умову:

$$2(D_1 + D_2) \geq a \geq 0,55(D_1 + D_2) + h. \quad (3.12)$$

Для перерізу 0: $520 \text{ мм} \geq a \geq 149 \text{ мм}$;

Для перерізу А: $730 \text{ мм} \geq a \geq 209 \text{ мм}$;

Для перерізу Б: $1040 \text{ мм} \geq a \geq 297 \text{ мм}$;

Два перших варіанти відпадає з тієї причини, що рекомендована міжосьова відстань не перевищує 730 мм, а дійсна відстань більша.

Визначимо інші параметри передачі для перерізу Б.

Довжина ременя за формулою:

$$l_A = 2a = \frac{\pi}{2}(D_{1A} + D_{2A}) + \frac{(D_{2A} - D_{1A})^2}{4a}; \quad (3.13)$$

$$l_B = 2 \cdot 750 + \frac{3,14}{2}(320 + 200) + \frac{(200 - 320)^2}{4 \cdot 750} = 2324 \text{ мм};$$

Приймаємо розрахункову довжину найближчою до обчисленої:

$$l_B = 2650 \text{ мм}.$$

10. Визначаємо число пробігів ременя за виразом:

$$\lambda = \frac{v}{l}; \quad (3.14)$$

$$\lambda_B = \frac{3,93}{2,650} = 1,48 < [\lambda] = 5.$$

Кут охоплення за формулою:

$$\alpha = 180^\circ - \frac{D_1 - D_2}{a} 57^\circ = 180^\circ - \frac{320 - 200}{750} 57^\circ = 170,9^\circ. \quad (3.15)$$

Коефіцієнт кута охоплення:

$$C_\alpha = 1 - 0,003(180^\circ - 170,9^\circ) = 0,97. \quad (3.16)$$

Коефіцієнт швидкості:

$$C_v = 1,05 - 0,0005v^2 = 1,05 - 0,0005 \cdot 3,93^2 = 1,04. \quad (3.17)$$

Приймаємо корисне напруження:

$$[\sigma_t]_0 = 1,51 \text{ Н/мм}^2 \text{ при } \sigma_0 = 1,2 \text{ Н/мм}^2.$$

Корисне допустиме напруження в заданих умовах за формулою:

$$[\sigma_t] = [\sigma_t]_0 C_\alpha C_\nu C_p = 1,51 \cdot 0,97 \cdot 1,04 \cdot 1 = 1,52 \text{ Н/мм}^2. \quad (3.18)$$

Тут коефіцієнт динамічності $C_p = 1$.

Визначаємо навантаження ременя:

$$F_t = \frac{1000 \cdot N}{v} = \frac{1000 \cdot 1}{3,93} = 254,5 \text{ Н.} \quad (3.19)$$

Визначаємо число ременів за формулою:

$$z = \frac{F_t}{[\sigma_t]A} = \frac{254,5}{1,52 \cdot 138} = 1,21. \quad (3.20)$$

Остаточно приймаємо один ремінь Б-2650 ДСТУ

Визначаємо тиск на вали за формулою:

$$Q = 2\sigma_0 z A \sin \frac{\alpha}{2} = 2 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 138 \cdot \sin \frac{170,9^\circ}{2} = 330 \text{ Н.} \quad (3.21)$$

Ширина шківа за формулою $B = (z-1)P + 2s$. Для ременя перерізом Б по ДСТУ $P = 24 \text{ мм}$, $s = 10 \text{ мм}$.

Отже, $B = 2s = 20 \text{ мм}$.

Визначаємо сили, що діють у зачепленні відкритої прямозубої конічної передачі за такими даними: момент на валу $M_B = 26,87 \text{ Н}\cdot\text{м}$, частота обертання вала $n_B = 375 \text{ мин}^{-1}$, передаточне відношення конічної передачі (підвищувальне), потужність на валу шестерні:

$$N_B = \frac{N_{\text{ц}}}{\eta_p} = \frac{1}{0,95} = 1,05 \text{ кВт};$$

потужність на валу колеса:

$$N_K = \frac{N_B}{\eta_3} = \frac{1,05}{0,96} = 1,09 \text{ кВт}.$$

Задаємося числом зубів шестерні $z_2 = 11$ тоді:

$$z_1 = u_3 z_2 = 3,55 \cdot 11 = 39.$$

Кути ділительних конусів:

$$\text{tg } \delta_1 = \frac{1}{u_3} = \frac{1}{3,55} = 0,282; \quad \delta_1 = 15,75^\circ;$$

$$\delta_2 = 90^\circ - \delta_1 = 74,15^\circ.$$

Визначаємо сили, що діють, за формулами:

$$F_t = \frac{2M_K}{d_{m1}} = \frac{2 \cdot 9,55 \cdot 10^6 \text{ Н}_k}{m z_1 n_k} = \frac{2 \cdot 9,55 \cdot 10^6 \cdot 1,09}{4,5 \cdot 39 \cdot 106,2} = 1117 \text{ Н};$$

осьова сила на шестерні, що дорівнює радіальній на колесі,
 $F_a = F_t \text{tg } \alpha \sin \delta_1 = 1117 \cdot 0,364 \cdot 0,271 = 110 \text{ Н};$

радіальна сила на шестерні, що дорівнює осьовій на колесі,
 $F_r = F_t \operatorname{tg} \alpha \cos \delta_1 = 1117 \cdot 0,364 \cdot 0,963 = 391 \text{ Н.}$

Висновки по розділу

В третьому розділі роботи розроблена конструкція зернової сівалки. Відмінність конструкції розробленої сівалки від існуючих аналогів застосування відцентрового висівного апарату.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи розроблена оригінальна конструкція зернової сівалки. Відмінністю конструкції розробленої сівалки від існуючих аналогів є спроектований відцентровий висівний апарат.

Рекомендовані частоти обертання відцентрового висівного апарату перебувають у межах $n_{\omega} = 400 \dots 1000 \text{ хв}^{-1}$ за швидкості руху сівалки $V = 6,7 \dots 16,7$ км/год. У середньому при швидкості руху сівалки $V_c = 10$ км/год частота обертання висівного апарата дорівнює $n_{\omega} = 600 \text{ хв}^{-1}$. Тоді кутова швидкість висівного апарата дорівнює:

Спроектований висівний апарат є універсальним, тобто є можливість висіву більшості зернових і деяких інших культур та можливість варіювання норми висіву насіння і добрив у широких межах.

Розроблена машина має наступні переваги: малу металоємність і енергоємність, взаємозамінність деталей і вузлів з деталями і вузлами наявних конструкцій, технологічність в обслуговуванні та ремонті, ергономічність і екологічність в експлуатації, мала трудомісткість в обслуговуванні та ремонті, універсальність в агрегуванні з тракторами даного класу тяги.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аніскевич Л. В. Управління системами високоточного дозування технологічних матеріалів / Л. В. Аніскевич // Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка та енергетика АПК. – 2014. – № 196. – С. 264–277.
2. Аніскевич Л. В. Система точного землеробства: [навчальний посібник] / Л. В. Аніскевич, М. О. Свірень, М. М. Коваленко, І. М. Косенко, С. Б. Орищенко. За ред. члена-кореспондента НААН України, д.т.н., проф., Заслуженого діяча науки і техніки України М.І. Черновола. – Кропивницький: видавець Лисенко В. Ф., 2016. – 104 с.
3. Бойко А. І. Модель функціонування пневматичної висівної системи для технологій точного землеробства / А. І. Бойко, М. О. Свірень // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кіровоград: КНТУ, 2006. – Вип. 36. – С. 13–18.
4. Висіваюча система сівалки для точного землеробства. Пат. 29525 Україна, МПК А01С 7/04 / Д. Г. Войтюк, О. В. Ямков, Г. Бернхардт, Г. Р. Гаврилюк, Л. В. Аніскевич (Україна). – № 99020841; заявл. дата 15.02.1999; опубл. 15.11.2000. Бюл. № 6.
5. Висівна система. Пат. 28119 Україна, МПК А01С 7/04. О. М. Іллін, В. М. Ковшарь (Україна). - № 98062863; заявл. дата 22.06.1998; опубл. 16.10.2000.
6. Войтюк Д., Аніскевич Л., Гаврилюк Г. Структура обладнання посівних машин для проведення сівби зі змінними нормами / Д. Войтюк, Л. Аніскевич, Г. Гаврилюк // Механізація сільського господарства. Збірник наукових праць Національного аграрного університету. – Т. XIV. – Київ, 2003. – С. 9–17.
7. Войтюк Д. Г. Технічні проблеми точного землеробства в Україні / Д. Г. Войтюк, В. І. Кравчук, А. А. Кошовий, Г. Л. Баранов // Вісник аграрної науки. – 2000. – № 9. – С. 41–46.

8. Волошин М. Перспективна техніка для посіву дрібнонасінних культур: сівалки СЗТ–5,4 та СЗ–5,4–06 «Клен» / М. Волошин // Техніка АПК. – 2008. – № 3–4. – С. 36–38.

9. Гевко Б. М. Особливості розрахунку однозернових апаратів за допомогою морфологічного синтезу / Б. М. Гевко, Р. І. Лотоцький, С. Г. Білик, В. М. Пришляк // Техніка, енергетика, транспорт АПК. Всеукраїнський науково–технічний журнал. – Вінниця, 2015. – № 1 (91) – С. 18.

10. Гевко Б. М. Технологічні основи проектування та виготовлення посівних машин : [монографія] / Б. М. Гевко, О. Л. Ляшук, Ю. Ф. Павельчук, В. М. Пришляк, І. І. Чвартацький, М. Л. Заяць, Р. І. Лотоцький. – Тернопіль : Вид. ТНТУ імені Івана Пулюя, 2014. – 238 с.

11. Заїка П. М. Результати польових випробувань вібраційно-дискового висівного апарату на сівбі дрібнонасінневих сільськогосподарських культур / П. М. Заїка, М. В. Бакум, Р. В. Кириченко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кіровоград: КНТУ, 2009. – Вип. 39. – С. 48–53.

12. Малієнко А. М. Загальні закономірності формування технологій мінімального обробітку ґрунту в землеробстві України / А. М. Малієнко // АгроІнКом. 2007. № 1–2. С. 18–22.

13. Мироненко В. Г. Науково–технічні основи розробки засобів механізації з керованою якістю виконання технологічних процесів у рослинництві: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук : спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / В.Г. Мироненко. К., 2006. 39 с.

14. Мироненко В. Г. Автоматизація технологічних процесів — як фактор створення сільськогосподарської техніки нового покоління / В. Г. Мироненко, С. В. Ткачук // Механізація та електрифікація сільського господарства: [загальнодержавний збірник]. 2014. Випуск № 99, Т. 2 / [ННЦ «ІМЕСГ»]. – Глеваха, 2014. С. 11–16.

15. Панков А. О. Підвищення якості технологічного процесу сівби насіння круп'яних культур мобільною струминною дозуючою системою: дис. ... кандидата техн. наук : спец. 05.20.01 "Механізація сільськогосподарського виробництва" / Панков Андрій Олександрович. – Луганськ, 2000. – 198 с.

16. Савченко С.В., Янченко О.О. Огляд конструкцій висівних апаратів зернових сівалок. *Наукові читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики*. 19 квітня 2023 р. Житомир : Поліський національний університет, 2023. Т. 3. С. 135-141.

17. Білецький В.Р., Герасимчук А.А., Янченко О. О., Ошуревич О. А. Вимірювання та аналіз розмірів насіння (на прикладі кунжуту). *Збірник матеріалів ІХ Міжнародної науково-практичної конференції „Інноваційні технології в АПК”*. 7-8 червня 2023 року, м. Луцьк. С.