

Центральноукраїнський національний технічний університет  
Агротехнічний факультет  
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

\_\_\_\_\_ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

“ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2026 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти**  
**на тему:**

Механізація вирощування гороху з удосконаленням  
сівалки СЗ–3,6А

Виконав здобувач вищої освіти III курсу,  
групи АІ–23мб–1.2

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Абрамов Олексій Олександрович

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2026 р.

Керівник проекту

доц., канд. техн. наук

\_\_\_\_\_ Сергій МОРОЗ

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2026 р.

Рецензент

доц., канд. техн. наук

\_\_\_\_\_ Сергій ЛИСЕНКО

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2026 р.

Кропивницький

# Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет Агротехнічний

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень

Галузь знань 20 – Аграрні науки та продовольство

Спеціальність 208 Агроінженерія

Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма Агроінженерія

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

«   »     2026 року

## **ЗАВДАННЯ НА ВИПУСКНУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Абрамова Олексія Олександровича  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту)

Механізація вирощування гороху з удосконаленням сівалки СЗ–3,6А

2. Керівник роботи (проекту)

Мороз Сергій Миколайович, канд. техн. наук, доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту 21.06.2026 р.

4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи (проекту)

Удосконалити технологію вирощування гороху з удосконаленням сівалки СЗ–3,6А

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|-----------------------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1     | Пояснювальна записка                          | 25.06.2026 р.                 |          |
| 2     | Графічна частина                              | 25.06.2026 р.                 |          |
| 3     | Перевірка роботи на доброчесність             | 25.06.2026 р.                 |          |
| 4     | Захист роботи                                 | 25–30.06.2026                 |          |
|       |                                               |                               |          |
|       |                                               |                               |          |
|       |                                               |                               |          |
|       |                                               |                               |          |
|       |                                               |                               |          |

Дата видачі завдання

«23» березня 2026 р.

Підпис керівника

\_\_\_\_\_ Сергій МОРОЗ  
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«23» березня 2026 р.

Підпис здобувача \_\_\_\_\_

Олексій АБРАМОВ  
(прізвище та ініціали)

## Зміст

|                                                                                       | стор. |
|---------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Вступ.....                                                                            | 7     |
| 2. Аналіз технології вирощування вівса<br>з визначенням шляхів її удосконалення ..... | 9     |
| 3. Технологічна частина .....                                                         | 16    |
| 4. Інженерна частина.....                                                             | 24    |
| 5. Охорона праці.....                                                                 | 42    |
| Висновки .....                                                                        | 47    |
| Список використаної літератури .....                                                  | 49    |

## ВСТУП

Виробництво гороху в Україні має важливе агрономічне та економічне значення. Ця культура є незамінним елементом сівозміни завдяки здатності до симбіотичної фіксації атмосферного азоту в кількості 70–150 кг/га за вегетаційний сезон. Горох є цінним джерелом рослинного білка з вмістом 22–28% у зерні, що відкриває широкі перспективи для його використання у харчовій промисловості та тваринництві. Разом з тим середня врожайність культури в Україні залишається значно нижчою за потенційну, а одним з основних резервів її підвищення є вдосконалення механізованих технологій виробництва — насамперед операції посіву [1, 2].

Посів є найвідповідальнішою технологічною операцією у вирощуванні гороху. Від рівномірності розподілу насіння по глибині загортання, точності норми висіву та якості формування посівного ложа безпосередньо залежать польова схожість, густина і рівномірність стояння рослин, а відтак — і кінцева врожайність. Найпоширенішою в господарствах України машиною для рядкового посіву зернових і зернобобових культур залишається сівалка СЗ–3,6А та її модифікації [3, 4].

Механізм приводу висівних та туковисівних апаратів сівалки СЗ–3,6А у базовій конструкції виконано у вигляді відкритої зубчастоланцюгової передачі зі змінними шестернями для ступінчастого регулювання норми висіву. Ця конструкція має ряд відомих недоліків: ступінчастість регулювання унеможливлює точне встановлення

|                  |                       |                 |              |             |                                 |  |  |                                  |              |
|------------------|-----------------------|-----------------|--------------|-------------|---------------------------------|--|--|----------------------------------|--------------|
|                  |                       |                 |              |             | <i>МВГ 00. 000 ПЗ</i>           |  |  |                                  |              |
|                  |                       |                 |              |             |                                 |  |  |                                  |              |
| <i>Зм.</i>       | <i>Арк.</i>           | <i>№ докум.</i> | <i>Підп.</i> | <i>Дата</i> |                                 |  |  |                                  |              |
| <i>Розроб.</i>   | <i>Абрамов</i>        |                 |              |             | <i>Пояснювальна<br/>записка</i> |  |  | <i>Літ.</i>                      | <i>Аркуш</i> |
| <i>Перевір.</i>  | <i>Мороз</i>          |                 |              |             |                                 |  |  |                                  |              |
|                  |                       |                 |              |             |                                 |  |  | 7                                | 51           |
| <i>Н. контр.</i> | <i>Артеменко</i>      |                 |              |             |                                 |  |  | <i>ЦНТУ,<br/>гр. АІ–23мб–1.2</i> |              |
| <i>Затв.</i>     | <i>Васильковський</i> |                 |              |             |                                 |  |  |                                  |              |

необхідної норми висіву; відкриті зубчасті передачі чутливі до потрапляння ґрунту та насіннєвого пилу, що прискорює знос зубів і ланцюгів; переналагодження норми висіву під час роботи вимагає зупинки агрегату і заміни шестерень; нерівномірність частоти обертання катушок при коливаннях швидкості руху трактора спричиняє нерівномірність висіву [3, 5].

Метою кваліфікаційної роботи є підвищення якості посіву гороху шляхом удосконалення механізму приводу висівних та туковисівних апаратів сівалки СЗ–3,6А – заміни ступінчастої зубчасто-ланцюгової передачі на удосконалений механізм.

|     |      |          |       |      |                |      |
|-----|------|----------|-------|------|----------------|------|
|     |      |          |       |      | МВГ 00. 000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                | 8    |

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Аналіз технології вирощування вівса з визначенням шляхів її удосконалення

Горох є однією з найважливіших зернобобових культур, що поєднує продовольче, кормове та агротехнічне значення. Його зерно використовується в харчуванні людини, у виробництві комбікормів, а також як джерело високоякісного рослинного білка. Крім того, культура має вагомe значення в польових сівозмінах, оскільки завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями здатна фіксувати атмосферний азот і позитивно впливати на родючість ґрунту. [1], [4]

Ефективність вирощування гороху визначається не однією окремою операцією, а сукупністю взаємопов'язаних технологічних заходів: правильним розміщенням у сівозміні, якісним обробітком ґрунту, системою удобрення, підготовкою насіння, своєчасним посівом, доглядом за посівами, збиранням і післязбиральною доробкою. Порушення будь-якої з цих ланок призводить до зниження врожайності та погіршення якості продукції. [2], [8]

У структурі всієї технології особливе місце займає посів, оскільки саме він визначає густоту стояння рослин, дружність сходів і вирівняність розвитку посіву. Тому поряд із аналізом усіх технологічних операцій доцільно окремо обґрунтувати вдосконалення операції посіву з використанням сівалки СЗ-3,6А як одного з головних резервів підвищення ефективності виробництва гороху. [3], [12]

Горох має велике значення як універсальна зернобобова культура. Його зерно характеризується високим умістом білка, вуглеводів, мінеральних речовин і вітамінів. Воно використовується для виробництва

круп, консервованої продукції, харчових концентратів та в кормових цілях. Солома й полова гороху також мають кормову цінність. [1], [2]

Не менш важливою є агротехнічна роль гороху. Культура покращує азотний режим ґрунту, рано звільняє поле і є добрим попередником для озимих та інших сільськогосподарських культур. Саме тому в сучасному землеробстві горох розглядають не лише як джерело продукції, а і як важливий чинник стабілізації сівозмін та біологізації технологій. [4], [6]

Горох належить до ранніх ярих культур і характеризується відносною холодостійкістю на початкових етапах росту. Насіння починає проростати за невисоких температур, а сходи витримують короткочасні приморозки. Це обумовлює доцільність ранніх строків сівби, що дозволяє краще використати весняну вологу та уникнути шкідливого впливу високих температур у період цвітіння й наливу насіння. [5], [11]

Разом із тим горох чутливий до ущільнення ґрунту, нестачі повітря в посівному шарі та нерівномірного загортання насіння. Культура слабо конкурує з бур'янами на ранніх фазах росту і негативно реагує на запізнення з технологічними операціями. Отже, всі елементи технології мають бути чітко узгоджені між собою. [5], [7]

Технологія вирощування гороху є системою послідовних операцій, кожна з яких впливає на наступну. Ефективність вирощування культури залежить від того, наскільки повно реалізовано вимоги гороху до умов живлення, вологості, фітосанітарного стану поля і механізованого виконання робіт. [2], [8]

Першою технологічною операцією, від якої фактично починається вирощування гороху, є правильне розміщення культури в сівозміні. Кращими попередниками для неї є озимі зернові, кукурудза на силос, просапні культури та інші рослини, після яких поле залишається чистим від бур'янів, достатньо вирівняним і не виснаженим за вологою.



Недоцільно висівати горох після інших зернобобових, а також після багаторічних бобових трав через накопичення спільних шкідників і хвороб. [4], [11]

Аналіз цієї операції свідчить, що недооцінка ролі попередника часто призводить до забур'янення посівів, погіршення фітосанітарного стану та ускладнення механізованого обробітку. Отже, удосконалення технології має починатися з правильного добору поля під горох. [4], [6]

Основний обробіток ґрунту під горох повинен забезпечувати накопичення вологи, знищення бур'янів, загортання рослинних решток і вирівнювання поверхні поля. Залежно від попередника й ґрунтових умов застосовують оранку або безполицеве розпушування. Важливо, щоб у результаті було створено орний шар з доброю структурою, без переущільнення та надмірної грудкуватості. [7], [8]

Аналіз показує, що незадовільний основний обробіток ґрунту негативно позначається на всіх наступних операціях: ускладнює передпосівну підготовку, знижує рівномірність загортання насіння, погіршує польову схожість і підвищує забур'яненість. Тому одним із напрямів удосконалення технології є поєднання якісного обробітку з максимальним збереженням структури ґрунту. [7], [8]

Передпосівний обробіток ґрунту має на меті створити вирівняне, дрібногрудочкувате посівне ложе з достатнім запасом вологи в шарі загортання насіння. Для гороху ця операція є надзвичайно важливою, адже нерівномірність глибини загортання безпосередньо впливає на дружність сходів. Передпосівна культивуація повинна бути своєчасною і не надто інтенсивною, щоб не пересушувати верхній шар ґрунту. [7], [11]

Під час аналізу цієї операції потрібно враховувати, що саме якість передпосівного обробітку визначає ефективність роботи сівалки. Вирівняне поле і правильно сформоване насіннєве ложе створюють

передумови для стабільної глибини посіву та якісного прикочування насіння. [3], [12]

Система удобрення гороху повинна враховувати біологічні особливості культури та її здатність до азотфіксації. Найбільше значення мають фосфорні та калійні добрива, які сприяють розвитку кореневої системи, бульбочкоутворенню та формуванню генеративних органів. Надмірне застосування азоту, особливо на початкових етапах, може знижувати ефективність симбіозу з бульбочковими бактеріями. [9], [11]

Аналіз удобрення свідчить, що вдосконалення цієї операції має ґрунтуватися на збалансованому живленні, використанні інокуляції насіння та врахуванні родючості ґрунту. У технології гороху це дає змогу підвищити продуктивність рослин без надмірного розвитку вегетативної маси. [9], [6]

Підготовка насіння включає очищення, калібрування, перевірку посівних якостей, протруювання і, за потреби, інокуляцію. Для гороху важливо використовувати вирівняне, чисте й неушкоджене насіння, оскільки травмування негативно впливає на схожість і енергію проростання. Інокуляція підвищує активність бульбочкових бактерій, а протруювання зменшує ризик ураження сходів хворобами. [9], [10]

Недоліки на цьому етапі не можуть бути повністю компенсовані навіть за якісного посіву. Тому підготовка насіння є повноцінною технологічною операцією, а не допоміжним заходом. [9], [10]

Посів є ключовою операцією в технології вирощування гороху. Саме в цей момент визначаються норма висіву, спосіб розміщення рослин на площі, глибина загортання насіння і ступінь контакту насіння з ґрунтом. Для гороху особливо важливо, щоб насіння було розміщене у вологому шарі ґрунту на однакову глибину, оскільки це забезпечує дружні сходи та вирівняний розвиток рослин. [2], [11]

Аналіз посіву як технологічної операції показує, що навіть незначні відхилення в налаштуванні посівного агрегату спричиняють пропуски, двійники, розтягнуті сходи і зниження продуктивності кожної рослини. Через це вдосконалення посіву є одним із найефективніших напрямів удосконалення всієї технології вирощування гороху. [3], [13].

Після появи сходів важливого значення набувають операції догляду за посівами. До них належать коткування за потреби, боронування до або після сходів, боротьба з бур'янами, шкідниками та хворобами. Оскільки горох на початку вегетації росте відносно повільно, посіви можуть сильно пригнічуватися бур'янами, що робить своєчасний догляд обов'язковою умовою високої врожайності. [6], [11]

Аналіз цієї групи операцій показує, що недооцінка фітосанітарного контролю веде до значних втрат урожаю навіть на добре засіяних площах. Тому удосконалення технології повинно передбачати інтегровану систему догляду з урахуванням стану посіву та конкретних польових умов. [6], [11]

Збирання є завершальною польовою операцією, від якої значною мірою залежить збереження сформованого врожаю. Горох досягає відносно нерівномірно, а за перестою на корені можуть зростати втрати від осипання, розтріскування бобів та полягання рослин. Тому вибір строків і способу збирання має важливе значення. [2], [11]

Удосконалення цієї операції полягає у своєчасному початку жнив, правильному налаштуванні збиральної техніки і мінімізації механічних втрат. Аналіз свідчить, що навіть за високого врожаю помилки під час збирання здатні істотно знизити кінцевий результат виробництва. [8], [14]

Післязбиральна доробка включає очищення зерна, доведення його до кондиційної вологості, сортування і підготовку до зберігання. Для гороху ця операція є важливою з погляду збереження посівних і товарних

якостей, оскільки підвищена вологість або засміченість сприяють самозігріванню, розвитку мікрофлори та втраті якості. [10], [14]

Таким чином, післязбиральна доробка завершує технологічний цикл вирощування гороху і забезпечує перехід від польового врожаю до готової продукції. Її необхідно розглядати як повноцінну технологічну операцію, а не як другорядний етап. [10], [14]

## **2.2. Удосконалення технології вирощування гороху**

Аналіз усіх технологічних операцій при вирощуванні гороху показує, що високий і стабільний урожай формується лише за умови комплексного виконання всього технологічного циклу. До таких операцій належать правильне розміщення культури в сівозміні, якісний основний і передпосівний обробіток ґрунту, збалансоване удобрення, підготовка насіння, посів, догляд за посівами, збирання та післязбиральна доробка. [2], [8]

Серед усіх перелічених операцій особливе значення має посів, оскільки саме він визначає густоту стояння рослин, дружність сходів і вирівняність розвитку посіву. Удосконалення цієї операції з використанням сівалки СЗ-3,6А є агротехнічно і виробничо доцільним, оскільки забезпечує точніше дотримання норми висіву, стабільнішу глибину загортання насіння та кращі умови для формування врожаю. [3], [12]

Сівалка СЗ-3,6А є рядковою зерною сівалкою, придатною для висіву зернобобових культур, у тому числі гороху. Її робоча ширина 3,6 м забезпечує належну продуктивність, а конструкція дозволяє виконувати рівномірний висів за умови правильного технічного стану і налаштування висівних апаратів та сошників. [3], [12]

Удосконалення операції посіву з використанням СЗ-3,6А полягає не просто в механічному застосуванні машини, а в оптимізації всіх умов її роботи. До таких умов належать вирівняність поля, якісне посівне ложе, правильно встановлена норма висіву, стабільна глибина загортання, раціональна швидкість руху агрегату і обов'язковий контроль якості роботи на полі. [12], [13]

Перевага використання СЗ-3,6А в удосконаленій технології полягає в можливості забезпечити точніше дотримання агротехнічних вимог до посіву. За належного регулювання сівалка забезпечує рівномірніше розміщення насіння по довжині рядка, більш стабільну глибину загортання, краще використання насіннєвого матеріалу та вищу польову схожість. [3], [12]

Таким чином, посів із використанням СЗ-3,6А слід розглядати як технологічну операцію, що безпосередньо впливає на формування врожаю. Саме тому серед усіх операцій при вирощуванні гороху вона є тією ланкою, де вдосконалення дає один із найвідчутніших практичних результатів. [3], [13]

### 3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

#### 3.1. Розрахунки машинного агрегату

Для виконання операції сівби гороху в типовій технології застосовувався посівний агрегат в складі трактора МТЗ–80 та зернової сівалки СЗ–3,6А.

Для збільшення продуктивності, а відповідно і рентабельності даного процесу, пропонується збільшити ширину захвату агрегату шляхом застосування трактора Т–70С, зчіпки та 2–х зернових сівалок СЗ–3,6А та трактора ДТ–75Н, зчіпки СП–11 та 3–х сівалок СЗ–3,6А.

Порівняльний розрахунок робочих режимів посівних агрегатів базової технології та запропонованої проводимо за [2–7].

Згідно з нормативами агротехнічних швидкостей на сівбі рух агрегату допускається в межах 7...12 км/год. Такому діапазону швидкостей відповідають наступні передачі:

МТЗ–80 з 3 по 5;

КИЙ 14904 з 6 по 9;

КИЙ 14114 з 4 по 7.

Для подальших розрахунків приймаємо передачі які дозволяють розвинути максимально допустиму швидкість та тягове зусилля на гаку трактора, такими передачами будуть 3, 8 та 6 відповідно для МТЗ–80, КИЙ 14904 та КИЙ 14114.

Визначаємо робочі передачі, на яких може виконуватись дана операція і відповідні цим передачам зусилля на гаку

$$V_m^I = 10,54 \text{ км/год};$$

$$P_{н.гак}^I = 11,5 \text{ кН};$$

$$V_m^{II} = 10,3 \text{ км/год};$$

$$P_{н.гак}^{II} = 14,5 \text{ кН};$$

$$V_m^{III} = 9,52 \text{ км/год};$$

$$P_{н.гак}^{III} = 24,3 \text{ кН}.$$

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

МВГ 00. 000 ПЗ

Арк.

16

Визначаємо максимальну ширину захвату на II і III передачах

$$B_{\max} = \frac{P_{\text{зак}} - R_z}{K + R_i}, \quad (3.1)$$

де  $R_z$  – опір зчіпки, який визначаємо за формулою

$$R_{зч} = G_{зч} (f + i), \quad (3.2)$$

де  $G_{зч}$  – маса зчіпки, для агрегату у складі трактора КИЙ 14904 та сівалок СЗ–3,6А  $G_{зч}=3,2$  кН, для агрегату у складі трактора КИЙ 14114 та сівалок СЗ–3,6А  $G_{зч}=6,87$  кН;

$f$  – коефіцієнт опору коченню,  $f=0,12$ ;

$i$  – величина підйому,  $i=0,06$ .

Отже,

$$R_{зч}^{II} = 3,2(0,12 + 0,06) = 0,576 \text{ кН};$$

$$R_{зч}^{III} = 6,87(0,12 + 0,06) = 1,24 \text{ кН};$$

$K$  – питомий опір ґрунту, для зернових сівалок  $K=1600$  Н/м.

Питомий опір з поправкою на швидкості визначають з формулою

$$K_v = K \left[ 1 + P(V_p - V_o) \right], \quad (2.4)$$

де  $P$  – коефіцієнт приросту питомого опору,  $P=0,015$ ;

$V_o$  – швидкість,  $V_o=5$  км/год;

$V_p$  – робоча швидкість агрегату

$$V_p = V_m \left( 1 - \frac{\delta}{100} \right), \quad (2.5)$$

де  $\delta$  – коефіцієнт буксування,  $\delta=12\%$

$$V_p^I = 7,24 \left( 1 - \frac{12}{100} \right) = 6,37 \text{ км/год};$$

$$V_p^{II} = 10,3 \left( 1 - \frac{12}{100} \right) = 9,06 \text{ км/год};$$

$$V_p^{III} = 9,52 \left( 1 - \frac{12}{100} \right) = 7,39 \text{ км/год};$$

Отже,

$$K_v^I = 1,6 \left[ 1 + 0,015(9,28 - 5) \right] = 1,7 \text{ Н/м};$$

$$K_v^{II} = 1,6 \left[ 1 + 0,015(9,06 - 5) \right] = 1,7 \text{ Н/м};$$

$$K_v^{III} = 1,6 \left[ 1 + 0,015(8,38 - 5) \right] = 1,66 \text{ Н/м};$$

Додатковий опір, який виникає при русі агрегату на підйом, визначаємо за формулою

$$R_i = \frac{G_i}{B_{\hat{e}}} i, \quad (2.6)$$

де  $G_M$  – маса машини,  $G_M=12,5$  кН;

$B_K$  – конструктивна ширина машини,  $B_K=3,6$  м.

Отже,

$$R_i = \frac{12,5}{3,6} 0,06 = 0,2 \text{ кН};$$

$$B_{max}^I = \frac{11,5}{1,7 + 0,2} = 6,05 \text{ м};$$

$$B_{max}^{II} = \frac{14,5 - 0,576}{1,7 + 0,2} = 7,32 \text{ м};$$

$$B_{max}^{III} = \frac{24,3 - 1,24}{1,66 + 0,2} = 12,5 \text{ м}.$$

Визначаємо кількість сівалок в агрегаті

$$n_K = \frac{B_{max}}{B_K}, \quad (2.7)$$

отже,

$$n'_K = 6,05/3,6 = 1,68, \text{ приймаємо 1 сівалку};$$

$$n''_K = 7,32/3,6 = 2,03, \text{ приймаємо 2 сівалки},$$

$$n'''_K = 12,5/3,6 = 3,47, \text{ приймаємо 3 сівалки}.$$



Визначаємо тяговий опір агрегату, кН

$$R_a = (K + R_i) B_{\kappa} n_{\kappa} + R_{3\kappa}. \quad (2.8)$$

Отже,

$$R_{aep}^I = 1,7 \cdot 3,6 = 6,12 \text{ кН};$$

$$R_{aep}^{II} = (1,7 + 0,2) 3,6 \cdot 2 + 0,576 = 14,26 \text{ кН};$$

$$R_{aep}^{III} = (1,64 + 0,2) 3,6 \cdot 3 + 1,24 = 21,33 \text{ кН}.$$

Визначаємо коефіцієнт використання тягового зусилля трактора

$$\eta_{mз} = \frac{R_{aep}}{m_{2ак}}, \quad (2.9)$$

$$\eta_{mз}^I = \frac{6,2}{11,5} = 0,53;$$

$$\eta_{mз}^{II} = \frac{14,26}{14,5} = 0,98;$$

$$\eta_{mз}^{III} = \frac{21,33}{24,3} = 0,88.$$

Визначаємо змінну продуктивність агрегату

$$W = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_p, \quad (3.)$$

де  $T_p$  – робочий час зміни,

$$T_p = T_{зм} \tau \text{ год}; \quad (3.)$$

де  $T_{зм}$  – робочий час зміни,  $T_{зм}=8$  год;

$\tau$  – коефіцієнт використання часу зміну для довжини гонів 1000 м,  
для колісних тракторів  $\tau=0,82$ .

Таким чином, змінна продуктивність становить

$$W_{зм}^I = 0,1 \cdot 3,6 \cdot 9,28 \cdot 0,82 \cdot 8 = 21,92 \text{ га/зм};$$

$$W_{зм}^{II} = 0,1 \cdot 7,2 \cdot 9,06 \cdot 0,82 \cdot 8 = 42,79 \text{ га/зм};$$

$$W_{зм}^{III} = 0,1 \cdot 10,8 \cdot 7,39 \cdot 0,82 \cdot 8 = 52,36 \text{ га/зм}.$$

Визначаємо витрати палива на 1 га обробітку, кг/га

$$Q_{\text{за}} = \frac{Q_{\text{зм}}}{W_{\text{зм}}}, \quad (3.8)$$

де  $Q_{\text{зм}}$  – витрати палива за зміну, кг/зм;

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

Отже,

$$Q_{\text{зм}} = Q_p T_p + Q_x t_x + Q_z t_z, \quad (3.9)$$

де  $Q_p, Q_x, Q_z$  – відповідно годинні витрати палива при виконанні роботи, холостому русі, на зупинках, для МТЗ–80  $Q_p=16,1$  кг/год;  $Q_x=10,2$  кг/год;  $Q_z=2,3$  кг/год; для КИЙ 14904  $Q_p=15,8$  кг/год;  $Q_x=10$  кг/год;  $Q_z=2,1$  кг/год; для КИЙ 14114  $Q_p=26,4$  кг/год;  $Q_x=19,6$  кг/год;  $Q_z=5,4$  кг/год.

$T_p, t_x, t_z$  – відповідно час робочих і холостих рухів, час зупинок

$$t_x^I = t_z^I = \frac{T_{\text{зм}} - T_p}{2} = \frac{8 - 8 \cdot 0,82}{2} = 0,72 \text{ год.}$$

Отже, витрати палива за зміну становлять

$$Q_{\text{зм}}^I = 16,1 \cdot 8 \cdot 0,82 + 10,8 \cdot 0,72 + 2,3 \cdot 0,72 = 115,05 \text{ кг/зм};$$

$$Q_{\text{зм}}^{II} = 15,8 \cdot 8 \cdot 0,82 + 10 \cdot 0,72 + 2,1 \cdot 0,72 = 112,36 \text{ кг/зм};$$

$$Q_{\text{зм}}^{III} = 26,4 \cdot 8 \cdot 0,82 + 19,6 \cdot 0,72 + 5,4 \cdot 0,72 = 191,18 \text{ кг/зм.}$$

Знаходимо витрати палива на гектар

$$Q_{\text{за}}^I = \frac{115,05}{21,92} = 5,25 \text{ кг/га};$$

$$Q_{\text{за}}^{II} = \frac{112,36}{38,1} = 2,95 \text{ кг/га};$$

$$Q_{\text{за}}^{III} = \frac{191,18}{46,6} = 4,12 \text{ кг/га.}$$

Аналізуючи результати отримані в ході розрахунків, враховуючи комплексний вплив продуктивності та витрат палива, можна зробити висновок, що посівний агрегат у складі трактора КИЙ 14904, зчіпки та 2-х сівалок СЗ-3,6А на 8-й передачі будуть мати більшу продуктивність і меншу годинну витрату палива ніж посівний агрегат типової технології в складі трактора МТЗ-80 та сівалки СЗ-3,6А.

### 3.6. Підготовка поля до роботи [3-8]

Орієнтовна величина поворотної смуги

$$E = 3R_{\min} + L_m, \quad (3.15)$$

де  $R_{\min}$  – мінімальний радіус повороту, для посівного агрегату з двома машинами мінімальний радіус становить  $R_{\min}=1,2B=8,64$  м;

$L_m$  – кінематична довжина машини, яку визначають за формулою:

$$L_a = L_{mp} + L_z + L_m = \quad (3.16)$$

де  $L_{mp}$  – кінематична довжина трактора,  $L_{mp}=1,8$  м;

$L_z$  – кінематична довжина зчіпки,  $L_z=6,8$  м;

$L_m$  – кінематична довжина сільськогосподарської машини,  $L_m=3,23$  м.

$$L_a = 1,8 + 8,64 + 2 \cdot 3,23 = 15,06 \text{ м.}$$

Ширина розворотної смуги

$$E = 3 \cdot 8,64 + 15,06 = 40,98 \text{ м.}$$

Ширина поворотної смуги повинна бути кратною ширині захвату робочої машини

$$E = K \cdot B_p, \quad (3.17)$$

де  $K$  – це кратність

$$K = \frac{E}{B_p} = \frac{40,98}{7,2} = 5,69.$$

Приймаємо  $K=6$ .

Після округлення отримуємо

$$E = 6 \cdot 7,2 = 43,2 \text{ м.}$$

Оптимальна ширина загінки

$$C_{opt} = \sqrt{16 \cdot R_{\min}^2 + B_p L}, \quad (3.18)$$

де  $L$  – довжина загінки,  $L=1000$  м.

$$C_{opt} = \sqrt{16 \cdot (8,64)^2 + 2 \cdot 3,6 \cdot 1000} = 91,62 \text{ м.}$$

$$C'_{opt} = K \cdot B_p.$$

$$K = \frac{91,62}{7,2} = 12,725, \text{ приймаємо } 12.$$

Отже:  $C'_{opt} = 12 \cdot 7,2 = 86,4$  м.

Кількість загінок

$$n_z = \frac{10^4 \cdot F}{L \cdot C}, \quad (3.19)$$

де  $F$  – площа поля,  $F=128$  га;

$$n_z = \frac{10^4 \cdot 128}{1000 \cdot 86,4} = 14,81 \text{ шт.}$$

Отже, приймаємо на одному полі п'ятнадцять загінок шириною  $C_{1-15}=86,4$  м і одну загінку шириною  $C_{16} = C_{1-15} \cdot 0,81 = 69,98$  м.

Коефіцієнт робочих ходів

$$K_p = \frac{L_p}{L_p + L_x}, \quad (3.20)$$

де  $L_p, L_x$  – середнє значення робочої довжини загінки і холостого ходу.

Для гонового способу руху.

$$L_p = L - 2 \cdot E; \quad (3.21)$$

$$L_x = 6R + 2 \cdot l, \quad (3.22)$$

де  $l$  – довжина виїзду агрегату

$$l = 0,5L_a = 0,5 \cdot 15,06 = 7,53 \text{ м;}$$

$$L_p = 1000 - 2 \cdot 43,2 = 913,6 \text{ м};$$

$$L_x = 6 \cdot 8,64 + 2 \cdot 7,53 = 66,9 \text{ м.}$$

Тоді

$$K_p = \frac{913,6}{913,2 + 66,9} = 0,93.$$

Коефіцієнт близький до одиниці, що вказує на високе використання робочого часу.

Тривалість одного циклу

$$T_u = \frac{12L_p}{10^2 \cdot v_p} + 2t_n, \quad (3.21)$$

де  $L_p$  – робоча довжина загінки;

$t_n$  – час повороту в кінці загінки,  $t_n = 1,5$ – $2$  хв.

$$T_u = \frac{12 \cdot 913,6}{10^2 \cdot 9,06} + 2 \cdot 1,5 = 15,1 \text{ хв.}$$

Технічна продуктивність за цикл

$$W_u = 0,1 \cdot B_p \cdot v_p \cdot T_u \cdot \tau, \quad (3.22)$$

де  $B_p, v_p, \tau$  – використовуємо з попередніх розрахунків;

$T_u$  – час циклу,  $T_u = 0,25$ , год.

$$W_u = 0,1 \cdot 7,2 \cdot 9,06 \cdot 0,25 \cdot 0,73 = 1,19 \text{ га/цикл.}$$

Кількість циклів за зміну

$$n_u = \frac{W_{зм}}{W_u}, \quad (3.23)$$

$$n_u = \frac{38,1}{1,19} = 32,02 \text{ ц/зм.}$$

Виконані розрахунки розрахунково–пояснювальної записки використовуємо в операційній технологічній карті.

Витрати палива за один цикл

$$Q_{\text{ц}} = Q_{\text{за}} \cdot W_{\text{ц}}, \quad (3.22)$$

$$Q_{\text{ц}} = 2,95 \cdot 1,19 = 3,51 \text{ кг/цикл.}$$

На підставі проведених розрахунків заповнюємо операційну карту.

|     |      |          |       |      |                |      |
|-----|------|----------|-------|------|----------------|------|
|     |      |          |       |      | МВГ 00. 000 ПЗ | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                | 24   |

## 4. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

### 4.1. Опис об'єкту розробки

Сівалка зернотукова універсальна призначена для рядового висіву насіння зернових (пшениця, жито, ячмінь, овес) та зернобобових (горох, квасоля, соя, чечевиця, боби, люпин) культур з одночасним внесенням гранульованих мінеральних добрив.

Сівалка може бути використана для висіву насіння інших культур, близьких до зернових по розмірам насіння і нормам висіву (гречка, просо, сорго).

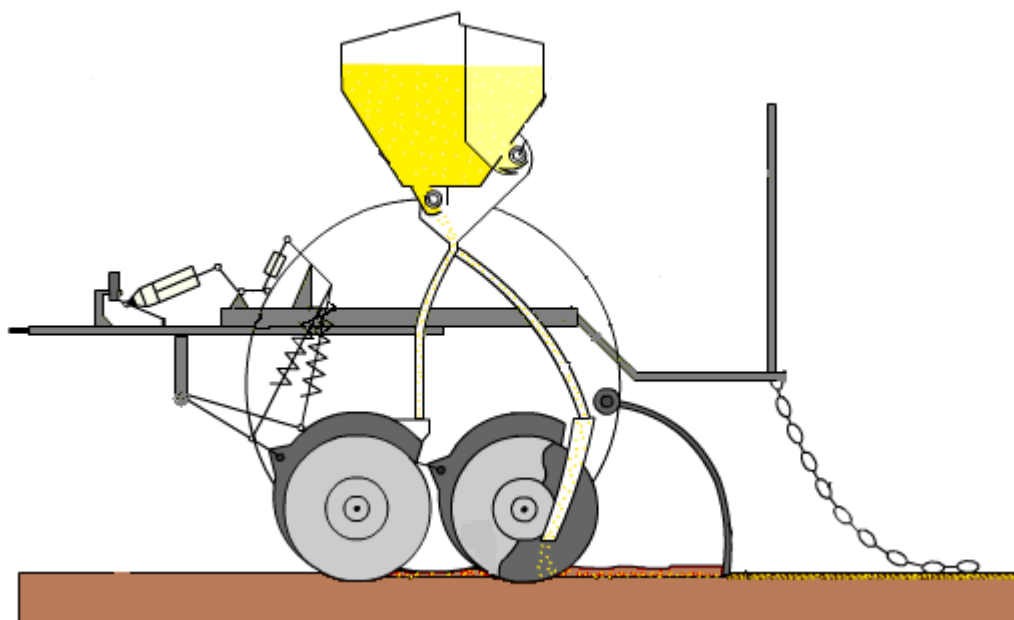


Рис. 4.1. Сівалка СЗ-3,6А Технологічна схема

Сівалка призначена для роботи на підвищених швидкостях не більше 15 км/год на ґрунтах, підготовлених у відповідності з агротехнічними вимогами на передпосівну обробку.

Поля перед посівом повинні бути прокультивовані на глибину загортання насіння, не мати звальних та розвальних борозен, закритих глиб, не прокультивованих ділянок, крупних грудок (більше 50 мм) та

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

МВГ 00. 000 ПЗ

Арк.

25

крупних поживних залишків (стебел соняшника, кукурудзи та ін. більше 150 мм).

Для нормальної роботи сівалки необхідно, щоб вологість ґрунту не перевищувала: 15 -25% для глибини 0 -5 см; 18 -30% для глибини 5 -10 см.

Якщо ґрунт не відповідає вказаним вимогам, робочі швидкості при посіві повинні знижуватись. Робота сівалки на глинах та неубраних полях, каміннях не допускається, бо може привести до ушкодження сошників.

Сівалка причіпна, гідролікована, агрегується з тракторами класу 0,9 і 1,4. Сівалка агрегується в поєднаних агрегатах з гідролікованими зчіпками СП-16А4, СП-11А і тракторами класу 3 і 5. Сівалка комплектується уніфікованою системою контролю технологічних параметрів посівних машин.

При русі агрегату з опущеними сошниками обертання від опорно-приводних коліс передається на вали висівних апаратів через вали контрпривода і механізму передач.

Посівний матеріал і туки котушками, що обертаються (жолобкові – для насіння і штифтові для туків), виносяться у воронки насіннєпроводів і тукопроводів, надходять в дводискові сошники і далі на дно борозни, що утворюється ними в ґрунті.

Загортання посівного матеріалу відбувається частково за рахунок самоосипання ґрунту за стінок борозни і, додатково, за допомогою загортачів.

Процес висіву контролюється уніфікованою системою контролю технологічних параметрів посівних машин (УСК).

На поворотах і при переїздах сошники сівалки піднімаються в транспортне положення за допомогою гідросистеми, що керується з кабіни трактора. При цьому вали висівних апаратів автоматично відключаються.



## 4.2. Аналіз конструкцій машин аналогічного призначення

Рядкові зернові сівалки з механічним індивідуальним дозуванням насіння та транспортуванням його до сошників під дією сили тяжіння різними типами сошників для конкретних умов сівби випускаються в Україні ПАТ “Ельворті”. Рама даних сівалок опирається на два опорно-приводних колеса від яких крутний момент передається через механізм передач до висівних апаратів.

Як вітчизняні так і закордонні сівалки, як правило, оснащуються маркерами, пристроями для контролю за роботою висівних апаратів.

Найбільш поширеними сівалками для рядкової сівби є сівалки сімейства СЗ–3,6. Так на сівалці СЗ–3,6А встановлюються дводискові сошники.

Фірма John Deere (США) виробляє причіпні рядкові зернові сівалки, які можуть комплектуватися наступними типами сошників:

- а) наральниковими сошниками для важких чи засміченими пожнивними залишками ґрунтів;
- б) дводисковими сошниками для добре підготовлених ґрунтів;
- в) дводисковими з ребордами для пухких ґрунтів;
- г) дводисковими з одним із дисків, висунутим вперед та з гумовими ребордами для укладання насіння точно на задану глибину;
- д) анкерними з підпружиненим повідком для дуже важких або кам'янистих ґрунтів.

Рядкові причіпні сівалки фірми Clark моделі Melroe- 244 шириною захвату 3,05...4,27 м комплектуються дводисковими сошниками, встановленими на рамі в два ряди з міжряддям 152, 178, 230 мм.

На причіпній рядковій зерновій сівалці фірми Crust Buster встановлюються дводискові сошники, закріплені на вертикальних полих стояках з регульовальними пружинами в нижній частині з'єднаними за

допомогою поводків з валом, а у верхній – за допомогою муфт – з повздовжнім брусом.

Фірма Amazonen–Werke (Німеччина) випускає зернову сівалку моделі D8, яка обладнана наральниковими сошниками з короткими легкими опорами з високоміцної пластмаси, які не дають сошникам забиватися ґрунтом.

Аналіз конструкцій зарубіжних та вітчизняних сівалок показує, що тенденції їх розвитку практично однакові, тобто, сівалки володіють однаковими недоліками і потребують їх усунення. Це стосується і сівалки СЗ–3,6А, представленої до модернізації.

#### **4.3. Аналіз недоліків конструкції сівалки та заходи по їх усуненню**

Аналіз використання сівалки в господарстві показує, що під час роботи на полі у механізатора виникає ряд питань по обслуговуванню агрегату. Для отримання необхідної норми висіву насіння зернових культур підбирають потрібне передавальне відношення і довжину робочої частини катушок, причому передавальне відношення підбирається таким чином, щоб норма була отримана при найменшому його значенні, але при більшій довжині робочої частини катушок, що забезпечить більш рівномірний висів насіння і запобіжить дробленню їх в апаратах.

Механізми передач забезпечують шість передавальних відношень на вали зернових і тукових апаратів. Установку необхідного передавального відношення здійснюють шляхом зміни положення блоку шестерень і перестановкою касети на 180°.

Дані маніпуляції потребують високого рівня професійності працівника та значної втрати робочого часу.

На підставі проведеного аналізу нами пропонується замість механізму передач з блоком шестерень встановити варіатор на бокову частину зернотукового ящика. Оснащення насінневих і тукових висівних апаратів сівалки варіаторами, забезпечує плавне регулювання норм висіву і значно спрощує і скорочує час підготовки до роботи. Варіатори окремо встановлюється на бокову частину бункера з однієї сторони для насіння, з іншої відповідно на добрив.

Таким чином, запропоновані зміни зможуть підняти технічний рівень сівалки на більш високий щабель.

#### 4.4. Агротехнічні вимоги

До висіву зернових та зернобобових культур висуваються наступні агротехнічні вимоги:

Сіяти треба в агротехнічні строки, які встановлені для даної культури. Сівалка повинна забезпечувати рівномірний розподіл насіння по всій площі, що засівається.

Відхилення фактичної норми висіву насіння від заданої не повинне перевищувати  $\pm 3\%$ , а мінеральних добрив –  $\pm 10\%$ . Нерівномірність висіву окремими висівними апаратами допускається для зернових культур до 6, зернобобових – 10%.

Пошкодження насіння робочими органами посівних машин не повинно перевищувати 0,2% зернових культур і 0,7% зернобобових.

Насіння має вкладатися на однакову глибину, оптимальну для даної культури, і загортатися згори шаром вологого ґрунту. Відхилення глибини загортання насіння від заданої повинно бути не більше  $\pm 15\%$ , що при глибині сівби 3–4 см становить  $\pm 0,5$  см при 4–5 см –  $\pm 0,7$  см, при 6–8 см –  $\pm 1$  см.

Сіяти треба прямолінійними рядками із заданими міжряддями. Ширина стикового міжряддя не повинна відхилятися від ширини основного більш ніж на  $\pm 5$  см. Не допускаються огріхи і пересіви.

#### 4.5. Технологічні розрахунки

##### 4.5.1. Розрахунок катушкового висівного апарата

До технологічних параметрів катушкового висівного апарата належить: форма та розміри жолобків, їх кількість, довжина робочої частини катушки, зазор на виході між катушкою і днищем.

Технологічний процес висівання катушковим висівним апаратом полягає в виносі насіння з коробки жолобками катушки та активним шаром насіння, висіяними за один оберт катушки, г:

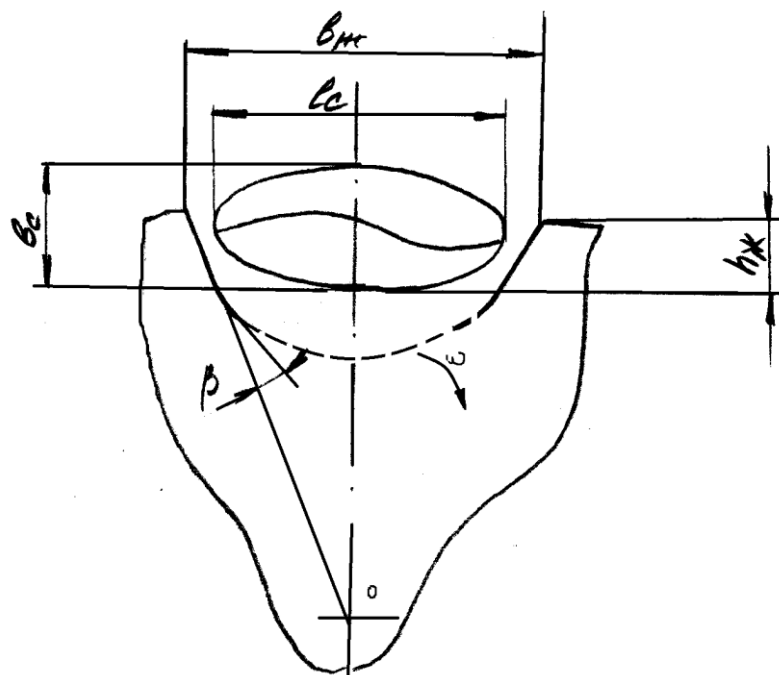


Рис. 4.2. Форма жолобка катушки

$$q_0 = 10^{-6} (S \cdot z \cdot \mu + \pi \cdot d_k (1 - e^{-B} c_1) / B_0) \cdot L_K \cdot \gamma, \quad (4.1)$$

де  $S$  – площа поперечного перерізу жолобка, мм (рис. 4.2)

$z$  – кількість жолобків,  $z=12$ ;

$\mu$  – коефіцієнт заповнення жолобків посівним матеріалом, (для пшениці  $\mu=0,7\dots0,8$  );

$d_k$  – зовнішній діаметр котушки,  $d_k=50$  мм;

$l$  – основа натурального логарифму;

$C_1$  – зазор на виході між котушкою та денцем,  $C_1=2$  мм;

$B_0$  – коефіцієнт пропорційності, для пшениці  $B_0=0,3\dots0,35$ ;

$L_k$  – довжина робочої частини котушки, мінімальна довжина котушки не повинна бути меншою ніж  $2d_c$ ,

$d_c$  – товщина часток посівного матеріалу,  $d_c=1,4\dots3,8$  мм

$$L_k \geq 2d_c, L_k \geq 2 \cdot 3,5 = 7 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $L_k=25$  мм.

$\gamma$  – об'ємна маса посівного матеріалу,  $\gamma=730\dots760$  г/дм<sup>3</sup>

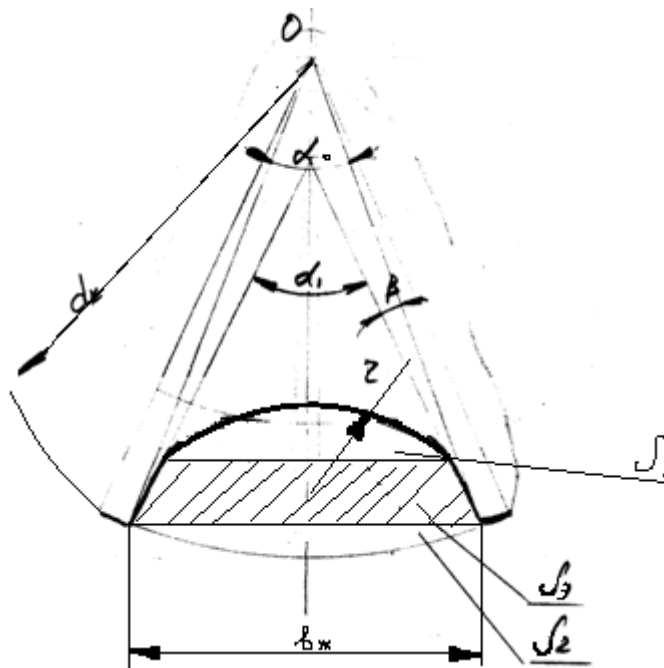


Рис. 4.3. Геометричні параметри жолобка котушки

Площа поперечного перерізу жолобка залежить від його розмірів і форми і визначається за формулою

$$S=S_1+S_2+S_3, \quad (4.2.)$$

де

$$S_1 = 0,5 r^2 \cdot (\pi - L_1 - \sin(\pi - L_1)); \quad (4.3.)$$

$$\alpha_1 = 2(0,5d + \beta). \quad (4.4.)$$

Звідси:

$$\alpha_1 = 2(0,5 \cdot 25,41 + 6^\circ) = 37,4^\circ = 0,65 \text{ рад.}$$

Тоді:

$$S_1 = 0,5 \cdot 5,5^2 [3,14 - 0,65 - \sin(3,14 - 0,65)] = 31,68 \text{ мм}^2;$$

$$S_2 = 0,125 \cdot d_k^2 \cdot (\alpha_0 - \sin \alpha_0).$$

Тут:

$$\alpha_0 = 2 \arcsin \left( \frac{b_{жс}}{d_k} \right) = 2 \arcsin \left( \frac{11}{50} \right) = 0,44 = 25,2^\circ; \quad (4.5.)$$

$$S_2 = 0,125 \cdot 50^2 (0,44 - \sin 25,2) = 4,68 \text{ мм}^2;$$

$$S_3 = (d_{жс}^2 - 4r^2 \cos^2 0,5\alpha_1) / 4 \operatorname{tg} 0,5\alpha_1, \quad (4.6.)$$

$$S_3 = (11^2 - 4 \cdot 5,5^2 \cdot \cos^2(0,5 \cdot 37,4^\circ)) / 4 \operatorname{tg} 0,5 \cdot 37,4^\circ = 12,14 \text{ мм}^2.$$

Отже:

$$S = 31,68 + 4,68 + 12,14 = 48,5 \text{ мм}^2.$$

Тоді, кількість висіяного насіння за один оберт

$$q_0 = 10^{-6} (48,5 \cdot 12 \cdot 0,7 + 3,14 \cdot 50 (1 - 2,7^{-0,32})) / 0,3 \cdot 25 \cdot 730 = 16,2 \text{ г.}$$

Таким чином, за один оберт котушка висіватиме 16,2 г насіння.

## 4.6. Кінематичний розрахунок

### 4.6.1. Кінематичний розрахунок приводу висівних апаратів

Кінематичний розрахунок проводимо для визначення передаточних чисел на вали висівних апаратів сівалки.

Привід валів насінне- та туковисівних апаратів здійснюється від опорно-приводних коліс на які під час роботи опирається сівалка. Особливість приводу полягає в тому, щоб можна було забезпечити взаємозв'язок довжини шляху сівалки і заданою кількістю посівного

матеріалу, який необхідно висіяти на цій довжині шляху незалежно від швидкості агрегату.

Для виконання даного розрахунку розглянемо кінематичну схему приводу робочих органів сівалки (рис. 4.4.)

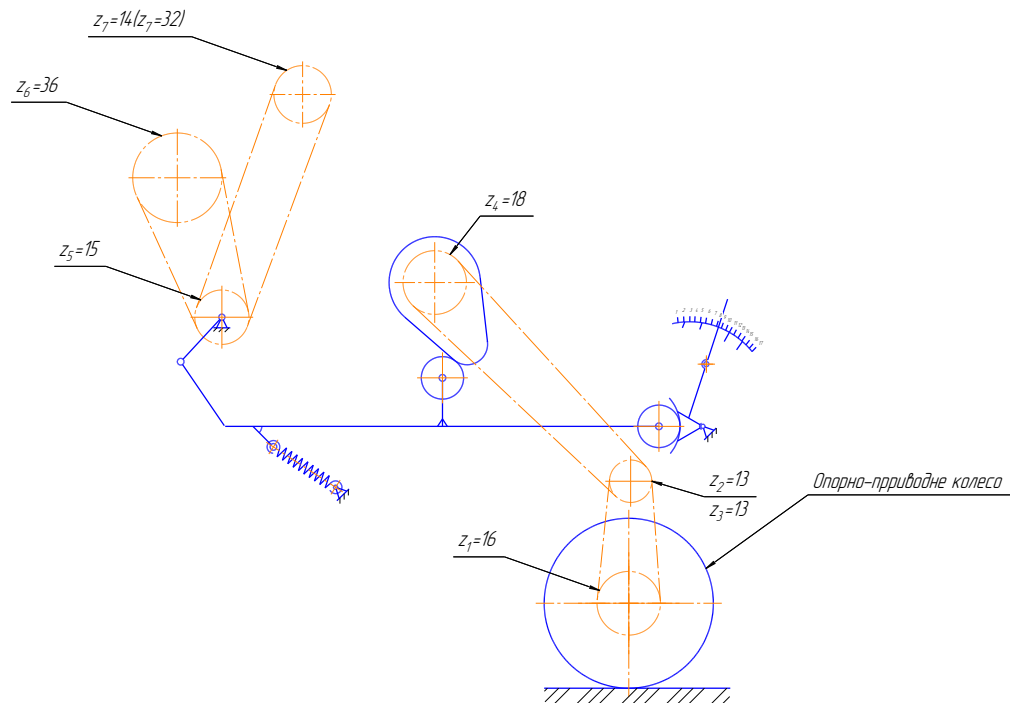


Рис. 4.4. Кінематична схема приводу робочих органів сівалки від лівого колеса

Визначаємо передаточне відношення першої ступені:

$$i_1 = \frac{z_1}{z_2} = \frac{16}{13} = 1,23. \quad (4.7)$$

Розраховуємо частоту обертання ходового колеса (першого вала):

$$n_1 = \frac{60 \cdot (1 - \varepsilon)}{\pi \cdot D_{\text{хк}}}, \quad (4.8)$$

$D_{\text{хк}}=1,22$  м – діаметр опорно-приводного колеса

$\varepsilon$  – коефіцієнт ковзання ходового колеса,  $\varepsilon=0,05$ .

Тоді:

$$n_1 = \frac{60 \cdot 3 \cdot (1 - 0,05)}{3,14 \cdot 1,22} = 44,6 \text{ хв}^{-1}.$$

Частота обертання інших валів визначається з виразу:

$$n_i = n_1 \cdot i_i, \quad (4.9)$$

тоді:

$$n_2 = n_1 \cdot 1,23 = 44,6 \cdot 1,23 = 54,8 \text{ хв}^{-1}.$$

Розрахуємо передаточне відношення другого ступеня:

$$i_2 = \frac{z_3}{z_4} = \frac{13}{18} = 0,72.$$

Визначаємо частоту обертання III-го валу:

$$n_3 = n_2 \cdot i_2 = 50,9 \cdot 0,72 = 36,6 \text{ хв}^{-1}.$$

Розрахуємо передаточне відношення третього ступеня:

$$i_3 = \frac{z_5}{z_6} = \frac{15}{36} = 0,41.$$

Визначаємо частоту обертання IV-го валу:

$$n_4 = n_3 \cdot i_3 = 28,6 \cdot 0,41 = 11,9 \text{ хв}^{-1}.$$

Розрахуємо четверту ступінь:

$$i_4 = \frac{z_7}{z_8} = \frac{14}{30} = 0,466.$$

Частота обертання V-го валу:

$$n_5 = n_4 \cdot i_4 = 19,5 \cdot 0,466 = 9,08 \text{ хв}^{-1}.$$

Розрахуємо п'яту ступінь механізму передач:

$$i_5 = \frac{i_{\text{зач.}}^{\min}}{i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot i_4} = \frac{0,198}{1,23 \cdot 0,72 \cdot 0,41 \cdot 0,466} = 1,17.$$

Тоді

$$n_6 = n_5 \cdot i_5 = 9,08 \cdot 1,17 = 10,6^{-1}.$$

Так як коробка передач дає змогу змінювати передаточне відношення механізму за рахунок перестановки шестерень з різною кількістю зубів, то розраховуємо кінематичні параметри для максимального передаточного відношення.

Передаточне відношення першої ступені



$$i_1 = \frac{16}{13} = 1,23.$$

Визначаємо частоту обертання другого валу

$$n_2 = n_1 \cdot i_1^{\max} = 44,6 \cdot 1,23 = 54,8 \text{ хв}^{-1}.$$

Передаточне відношення другої ступені

$$i_2 = \frac{i_{\text{заг}}^{\max}}{i_1 \cdot i_2 \cdot i_3 \cdot i_4} = \frac{0,616}{1,23 \cdot 0,72 \cdot 0,41 \cdot 0,466} = 3,64.$$

Частота обертання VI валу

$$N_3 = n_2 \cdot i_2 = 54,8 \cdot 3,64 = 199,5 \text{ хв}^{-1}.$$

Визначимо кутові швидкості валів сівалки з виразу

$$\omega_i = \frac{\pi \cdot n_i}{30}, \quad (4.10)$$

де  $\omega_i$  – кутова швидкість  $i$ -го валу.

Тоді, частота обертання опорно - приводного колеса

$$\omega_{\text{х.к.}} = \frac{3,14 \cdot 44,6}{30} = 4,67 \text{ с}^{-1}.$$

Кутова швидкість II-го валу

$$\omega_{II} = \frac{\pi \cdot n_2}{30} = \frac{3,14 \cdot 54,8}{30} = 5,73 \text{ с}^{-1}.$$

Кутова швидкість III-го валу

$$\omega_{III} = \frac{\pi \cdot n_3}{30} = \frac{3,14 \cdot 28,6}{30} = 2,99 \text{ с}^{-1}.$$

Кутова швидкість IV-го валу

$$\omega_4 = \frac{\pi \cdot n_4}{30} = \frac{3,14 \cdot 19,47}{30} = 2,04 \text{ с}^{-1}.$$

Кутова швидкість V валу

$$\omega_5 = \frac{\pi \cdot n_5}{30} = \frac{3,14 \cdot 11}{30} = 1,15 \text{ с}^{-1}.$$

Кутова швидкість VI-го валу

$$\omega_6 = \frac{\pi \cdot n_6}{30} = \frac{3,14 \cdot 8,8}{30} = 0,92 \text{ с}^{-1}.$$

З урахуванням перестановки шестерень в коробці передач

Кутова швидкість V валу

$$\omega_5^{\max} = \frac{3,14 \cdot 34,3}{30} = 3,59 \text{ с}^{-1}.$$

Кутова швидкість VI-го валу

$$\omega_6^{\max} = \frac{3,14 \cdot 24,44}{30} = 2,87 \text{ с}^{-1}.$$

Перевіримо, чи забезпечує механізм передач мінімальну та максимальну норми висіву при  $i_{\min}$  та  $i_{\max}$  за формулою

$$Q = \frac{10^3 \cdot q_0 \cdot (1 - \varepsilon)}{v \cdot \pi \cdot D_{\text{хк}}}; \quad (4.11)$$

$q_0$  – кількість насіння, висіяного за один оберт катушки;

$i$  – відповідне передаточне число;

$v$  – ширина міжряддя

$$Q_{\min} = \frac{10^3 \cdot 0,198 \cdot 18,5 \cdot (1 - 0,05)}{15 \cdot 3,14 \cdot 1,22} = 60 \text{ кг/га};$$

$$Q_{\max} = \frac{10^3 \cdot 0,616 \cdot 24,6 \cdot (1 - 0,05)}{15 \cdot 3,14 \cdot 1,22} = 250 \text{ кг/га}.$$

Таким чином, розрахунки показують, що механізм передач забезпечує мінімальну та максимальну норми висіву пшениці.

Аналогічно розрахунку проводимо і для іншого насіння, що висівається сівалкою. Результати розрахунків заносимо до таблиці 4.1.

**Результати розрахунків передаточних чисел на вал зернових  
висівних апаратів**

| Висівається культура | $i_1$ | $Q_1$ , кг/га |
|----------------------|-------|---------------|
| Пшениця              | 1,23  | 250           |
| Жито                 | 1,267 | 520           |
| Овес                 | 1,570 | 410           |
| Ячмінь               | 1,292 | 501           |
| Горох                | 0,433 | 240           |
| Соя                  | 0,186 | 139           |
| Гречка               | 0,216 | 87            |
| Просо                | 0,310 | 82            |

#### 4.7. СИЛОВИЙ РОЗРАХУНОК

##### 4.7.1. Визначення крутних моментів механізму привода висівних апаратів

Силовий розрахунок проводять виходячи з максимально можливого крутного моменту, що може розвинути опорно - приводне колесо.

Максимальний крутний момент, який може забезпечити опорно—приводне колесо

$$M=f \cdot G \cdot D_k / 2K, \quad (4.12)$$

де  $G$  – частина ваги сівалки, що припадає на колеса сівалки, Н

$$G=G_c-n \cdot (R_n+G_1), \quad (4.13)$$

де  $G_c$  - сила ваги сівалки із наповненими бункерами насінням та добривами, Н

$n$  - кількість сошників на сівалці;

$G_1$  – сила ваги одного сошника, Н;

$R_H$  – сила тиску пружини натискної штанги сошника;

$f$  – коефіцієнт зчеплення,  $f=0,4$ ;

$K$  – кількість опорно – приводних коліс;

$D_k=1,22$  м – діаметр опорно – приводного колеса.

Згідно інструкції по експлуатації сівалки

$$G_c=1752 \text{ кг}=17520 \text{ Н}; n=24 \text{ шт}; R_H=510 \text{ Н}; G_1=130 \text{ Н}$$

$$G=17520-24 (510-130)=2160 \text{ Н.}$$

Тоді

$$M = \frac{0,4 \cdot 2160 \cdot 1,22}{2 \cdot 2} = 263,5 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Крутний момент на будь-якому валу механізму передач становить

$$M_j = \frac{M \cdot \eta_i}{i_j}, \quad (4.14)$$

де  $\eta_j$  - ККД передачі,

$i_j$  - передаточне число до розрахункового вала.

Крутний момент на другому валу

$$M_2 = \frac{202,3 \cdot 0,93 \cdot 0,99^2 \cdot 0,98^2}{1,14} = 202,3 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Крутний момент на третьому валу

$$M_3 = \frac{202,3 \cdot 0,99^2}{0,563} = 352 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Крутний момент на валу 4

$$M_4 = \frac{352 \cdot 0,93 \cdot 0,99^2}{0,68} = 471,8 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Крутний момент на п'ятому валу

$$M_5 = \frac{471,8 \cdot 0,99^2 \cdot 0,93}{0,566} = 759 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Крутний момент на валу висівних апаратів

$$M_{\text{ва}} = \frac{759 \cdot 0,9 \cdot 0,99^2}{0,8} = 836,8 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Розрахунок потужності на всіх валах механізму передач

На опорно-приводному колесі

$$N_1 = M_{x.k} \cdot \omega_{x.k.} = 263,5 \cdot 4,67 \cdot 10^{-3} = 1,23 \text{ кВт.}$$

Потужність на другому валу

$$N_2 = M_2 \cdot \omega_2 = 202,3 \cdot 5,33 \cdot 10^{-3} = 1,07 \text{ кВт.}$$

Потужність на третьому валу

$$N_3 = M_3 \cdot \omega_3 = 352 \cdot 2,99 \cdot 10^{-3} = 1,05 \text{ кВт.}$$

Потужність на четвертому валу

$$N_4 = M_4 \cdot \omega_4 = 471,8 \cdot 2,04 \cdot 10^{-3} = 0,96 \text{ кВт.}$$

Потужність на п'ятому валу

$$N_5 = M_5 \cdot \omega_5 = 759 \cdot 1,15 \cdot 10^{-3} = 0,87 \text{ кВт.}$$

Потужність на валу висівних апаратів

$$N_{\text{ва}} = M_{\text{ва}} \cdot \omega_7 = 836,8 \cdot 2,87 \cdot 10^{-3} = 2,4 \text{ кВт.}$$

#### 4.7.2. Силевий розрахунок механізму приводу

Максимальний крутний момент на валу зернових висівних апаратів не повинен перевищувати  $M_{\text{вп}}=28,8 \text{ Н} \cdot \text{м.}$

Величини на наступних валах приводу визначаємо за формулою:

$$M = \frac{M_n \cdot i_{n-1}}{\eta_{\text{заг}}}, \quad (4.15)$$

де  $i_{n-1}$  - передаточне відношення між двома валами;

$\eta_{\text{заг}}$  - загальний ККД

$$M_{IV} = \frac{31,87 \cdot 0,545}{0,94 - 0,99} = 18,66 \text{ Н} \cdot \text{м,}$$

де  $\eta_1$  - ККД ланцюгової передачі,  $\eta_1=0,97$ ;

$\eta_2$  - ККД підшипників ковзання,  $\eta_2=0,98$ .

Звідки

$$M_n = \frac{28,8 \cdot 1}{0,97 - 0,98} = 30,3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Аналогічно:

$$M_n = \frac{M_{VI} \cdot i_5}{\eta_1 - \eta_2} = \frac{30,3 \cdot 1}{0,97 - 0,98} = 31,87 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_I = \frac{M_{II} \cdot i_1}{\eta_1 - \eta_2} = \frac{8,67 \cdot 1,143}{0,97 \cdot 0,98} = 10,42 \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де  $\eta_1^I$  - ККД зубчастої передачі, приймаємо  $\eta_1^I = 0,94$ ;

$\eta_2^I$  - ККД підшипників кочення,  $\eta_2^I = 0,99$

$$M_{IV} = \frac{31,87 \cdot 0,545}{0,94 - 0,99} = 18,66 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо крутний момент на III валу:

$$M_{III} = \frac{M_{IV} \cdot i_3}{\eta_1^I - \eta_2^I} = \frac{18,66 \cdot 0,545}{0,94 \cdot 0,99} = 14,64 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Крутний момент на II валу (на валу контрприводу) на привод зернових висівних апаратів становить:

$$M_{II} = \frac{M_{III} \cdot i_2}{\eta_1 - \eta_2} = \frac{14,66 \cdot 0,563}{0,97 \cdot 0,98} = 8,67 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Крутний момент на валу приводного колеса на привод зернових висівних апаратів буде дорівнювати:

$$M_I = \frac{M_{II} \cdot i_1}{\eta_1 - \eta_2} = \frac{8,67 \cdot 1,143}{0,97 \cdot 0,98} = 10,42 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

#### 4.8. Розрахунки на міцність

##### 4.8.1. Розрахунок вала висівних апаратів

Визначимо необхідні розміри поперечного перерізу вала висівних

апаратів сівалки. За міру жорсткості при крученні приймають відносний кут закручення. Він не повинен перевищувати допустиме значення  $[f_0]=17,5 \cdot 10^{-3}$  рад [5].

Визначаємо крутний момент, що виникає при заземленні одночасно 12 висівних апаратів, якщо відомо, що при заземленні одного висівного апарата на валу виникає момент 2,5 Н·м. Будуємо епюру крутних моментів (рис. 4.5).

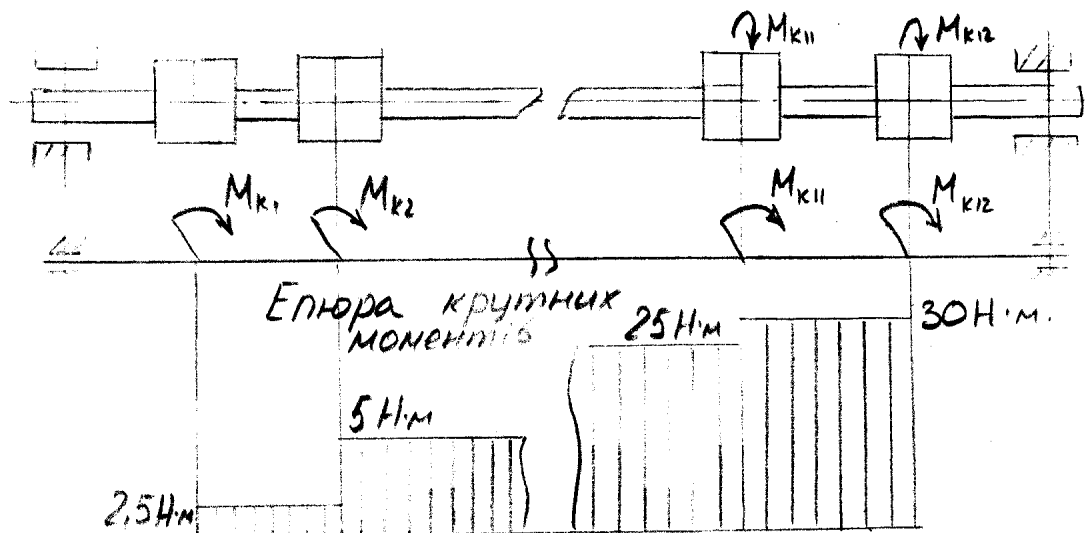


Рис. 4.5. Розрахункова схема вала

Потрібний полярний момент опору перерізу вала з розрахунку на міцність [5]

$$W_p \geq \frac{M_{k \max}}{[\xi_k]} = \frac{30}{35 \cdot 10^6} = 850 \text{ мм}^3, \quad (4.16)$$

де  $[\xi_k]$  – допустимі дотичні напруження,  $[\xi_k]=36$  МПа [5]

Діаметр вала

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot W_p}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 0,85 \cdot 10^3}{3,14}} = 16,1 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $d=16,5$  мм.

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1. Інструкція з охорони праці при роботі на посівному агрегаті

Ця інструкція встановлює вимоги охорони праці під час підготовки, налагодження, агрегування, транспортування, заправлення, роботи та технічного обслуговування посівного агрегату, що використовується для посіву гороху. Інструкція є обов'язковою для трактористів-машиністів, помічників, слюсарів та інших працівників, які залучаються до виконання цих робіт.

До роботи допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли медичний огляд, вступний інструктаж, первинний інструктаж на робочому місці, навчання безпечним методам праці, перевірку знань з охорони праці та мають відповідне посвідчення на право керування трактором або обслуговування машин.

Працівник зобов'язаний виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку, працювати лише на справній техніці, застосовувати видані засоби індивідуального захисту, дотримуватися виробничої дисципліни та негайно повідомляти керівника робіт про будь-які несправності, аварійні ситуації або випадки травмування.

Під час роботи з посівним агрегатом на працівника можуть впливати небезпечні та шкідливі виробничі чинники: рухомі машини та механізми, обертові деталі приводу, можливість затягування одягу, падіння під час посадки та сходу з машини, запиленість повітря, шум, вібрація, підвищене фізичне навантаження, несприятливі погодні умови, можливість наїзду, перекидання агрегату, ураження палимим, мастильними матеріалами або протруєним насінням.

Працівник повинен бути забезпечений справним спецодягом, спецвзуттям і засобами індивідуального захисту: комбінезоном або



костюмом, черевиками, рукавицями, захисними окулярами, за потреби респіратором. Одяг має бути застебнутим, без вільних кінців, які можуть бути захоплені рухомими частинами машин.

Забороняється працювати у стані втоми, алкогольного, наркотичного чи медикаментозного сп'яніння, користуватися несправними інструментами, допускати сторонніх осіб у небезпечну зону агрегату, а також залишати працюючу машину без нагляду.

Перед початком роботи необхідно одягнути спецодяг, перевірити справність засобів індивідуального захисту, отримати завдання від керівника робіт та ознайомитися з умовами виконання посіву: маршрутом руху, межами поля, станом під'їзних шляхів, наявністю схилів, ярів, перешкод, ліній електропередач та місць розвороту.

Необхідно перевірити технічний стан трактора і сівалки: справність гальм, рульового керування, освітлення, сигналізації, ходової частини, зчіпного пристрою, карданних і ланцюгових передач, маркерів, сошників, насіннєвих ящиків, туковисівних апаратів, механізмів приводу та захисних огорожень. Робота без огорожень рухомих частин не допускається.

Перед агрегуванням трактора із сівалкою трактор установлюють на рівному майданчику, заглушують двигун, вмикають гальмо стоянки. Зчіплювання виконують лише за командою відповідальної особи. Забороняється перебувати між трактором і машиною під час подачі трактора назад, якщо дії машиніста не контролюються сигнальником.

Після з'єднання машини слід перевірити надійність кріплення, справність гідросистеми, піднімання та опускання робочих органів, а також правильність регулювання норми висіву і глибини загортання насіння. Усі регульовальні та налагоджувальні роботи виконують тільки при вимкненому двигуні, зупинених рухомих механізмах і опущених або надійно зафіксованих робочих органах.

Заправлення посівного агрегату насінням проводять на спеціально відведеному майданчику. Якщо використовується протруєне насіння, працівник повинен працювати в рукавицях, респіраторі та окулярах, не допускати розсипання насіння, не вживати їжу, не пити та не палити під час заправлення.

Перед виїздом у поле потрібно перевірити наявність аптечки, вогнегасника, противідкатних упорів, комплекту інструментів, а також засобів зв'язку або можливості оперативного виклику допомоги.

Рух посівного агрегату слід починати плавно, без ривків, після подачі попереджувального сигналу та переконання, що поблизу немає людей. Під час роботи тракторист повинен стежити за напрямком руху, роботою сівалки, станом поля та показниками роботи трактора.

Під час посіву забороняється очищати сошники, насіннєпроводи, висівні апарати, ланцюги, зірочки та інші механізми на ходу або при ввімкненому двигуні. Для усунення забивання, регулювання або огляду агрегат необхідно повністю зупинити, заглушити двигун і вжити заходів проти самовільного руху.

Не допускається перебування людей на сівалці, насіннєвих ящиках, рамі машини або в зоні маркерів під час руху агрегату. Заборонено сходити з трактора або сівалки та сідати на них до повної зупинки.

Повороти в кінці гону необхідно виконувати на безпечній швидкості після підняття робочих органів, якщо це передбачено конструкцією машини і технологією роботи. На схилах рух повинен бути особливо обережним; забороняються різкі повороти, рух упоперек крутих схилів та робота на ділянках, де є ризик перекидання.

Під час руху дорогами загального користування або внутрішньогосподарськими шляхами робочі органи агрегату мають бути переведені у транспортне положення та надійно зафіксовані. Необхідно

дотримуватися правил дорожнього руху, користуватися світловою сигналізацією і не перевозити людей на причіпній машині.

У разі виявлення стороннього шуму, підтікання пального, мастила чи гідравлічної рідини, перегрівання підшипників, поломки сошників, приводу або інших несправностей роботу слід негайно припинити. Усунення несправностей дозволяється лише після повної зупинки агрегату та виключення можливості його самовільного руху.

Під час заповнення насіннєвих ящиків у полі трактор повинен бути заглушений. Засипання насіння виконують із застосуванням інвентарю або механізованих засобів, не допускаючи травмування рук об кромки ящиків та потрапляння пилу в органи дихання.

У спекотну погоду роботу організовують із перервами для відпочинку і питного режиму. Під час грози, сильного туману, зливи або інших небезпечних погодних умов посів припиняють.

Після завершення посіву агрегат потрібно поставити на відведене місце на рівному майданчику, опустити робочі органи, заглушити двигун, увімкнути гальмо стоянки та перекрити подачу пального, якщо це передбачено конструкцією.

Після зупинки необхідно очистити сівалку, сошники, насіннєві ящики та інші вузли від насіння, пилу, рослинних решток і ґрунту. Очищення проводять щітками, гачками або скребками, не використовуючи для цього руки біля гострих або рухомих деталей.

Потрібно провести зовнішній огляд машини, виявити пошкодження, ослаблення кріплень або інші дефекти та повідомити про них керівника робіт або механіка. Залишати несправну машину без повідомлення забороняється.

Після роботи з протруєним насінням працівник повинен вимити руки й обличчя теплою водою з милом, за можливості прийняти душ, а

забруднений спецодяг здати для очищення або зберігати окремо від особистого одягу.

У разі загоряння трактора, сівалки, пального, мастильних матеріалів або сухих рослинних решток необхідно негайно зупинити агрегат, заглушити двигун, вивести людей у безпечне місце, повідомити керівника робіт і розпочати гасіння вогнегасником, піском або землею. Не дозволяється гасити пальне водою.

У разі травмування працівника необхідно негайно зупинити роботу, усунути дію небезпечного чинника, надати домедичну допомогу, викликати медичних працівників або організувати доставку потерпілого до медичного закладу та повідомити керівника робіт.

Якщо виникла загроза перекидання трактора, машиніст не повинен вистрибувати з кабіни на ходу. Потрібно міцно триматися за кермо, зменшити швидкість, за можливості вирівняти рух і діяти відповідно до конкретної обстановки.

У разі розсипання великої кількості протруєного насіння його слід зібрати з дотриманням заходів індивідуального захисту, не допускаючи потрапляння насіння у водойми, місця випасу худоби або до харчових продуктів. Забруднену ділянку необхідно очистити, а відходи утилізувати у встановленому порядку.

У всіх аварійних випадках працівник повинен діяти спокійно, не допускати паніки, не залишати небезпечну ситуацію без повідомлення керівництва та не відновлювати роботу до повного усунення причин аварії або несправності.

Працівник несе персональну відповідальність за виконання вимог цієї інструкції в межах покладених на нього обов'язків.

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі вирішено актуальне науково-практичне завдання — підвищення якості механізованого посіву гороху шляхом удосконалення механізму приводу висівних та туковисівних апаратів сівалки СЗ–3,6А. На підставі проведених досліджень зроблено такі висновки.

Аналіз технології вирощування гороху показав, що посів є найвідповідальнішою операцією, яка визначає рівень польової схожості, густоту та рівномірність стояння рослин, а відтак — врожайність культури.

Встановлено, що базовий механізм приводу висівних апаратів сівалки СЗ–3,6А із відкритою зубчасто-ланцюговою передачею та змінними зірочками має суттєві недоліки: ступінчастість регулювання норми висіву (дискретний крок зміни передаточного відношення), підвищена інтенсивність зносу відкритих елементів передачі в умовах запиленого та забрудненого середовища, необхідність зупинки агрегату для зміни зірочок при переналагодженні.

Розроблено та обґрунтовано конструкцію закритого варіатора для приводу висівних та туковисівних апаратів сівалки СЗ–3,6А. він забезпечує безступінчасте плавне регулювання передаточного відношення в діапазоні, достатньому для охоплення всього агрономічно необхідного діапазону норм висіву насіння гороху (100–300 кг/га) та гранульованих добрив без заміни деталей.

Закрите виконання корпусу варіатора забезпечує надійний захист механізму від потрапляння ґрунту, насіннєвого пилу та вологи, що знижує інтенсивність зношування робочих поверхонь і підвищує ресурс механізму приводу порівняно з відкритою зубчасто-ланцюговою передачею базової конструкції.

Застосування варіатора дозволяє плавно коригувати норму висіву безпосередньо під час руху агрегату без зупинки — у відповідь на зміну агрофону поля. Це підвищує точність виконання агрономічного завдання та скорочує витрати часу на переналагодження сівалки в польових умовах.

|     |      |          |       |      |                       |      |
|-----|------|----------|-------|------|-----------------------|------|
|     |      |          |       |      | <i>МВГ 00. 000 ПЗ</i> | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підп. | Дата |                       | 48   |

## Список використаної літератури

1. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. – Львів: НВФ «Українські технології», 2006. – 730 с.
2. Технологія вирощування гороху. Від вибору сорту до збирання / SuperAgronom.com. – 15 травня 2020. – URL: <https://superagronom.com/articles/364-tehnologiya-viroshchuvannya-gorohu-vid-viboru-sortu-do-zbirannya> (дата звернення: 10.11.2024).
3. Кириченко В.В., Огурцов Ю.Є., Костромітін В.М. та ін. Технологія вирощування гороху: навчальний посібник / за ред. В.В. Кириченка. – Харків: Інститут рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН України, 2010. – 64 с. – URL: <https://yuriev.com.ua/assets/files/knigi/tehnologiya-viroshhuvannya-gorohu-posibnik.pdf> (дата звернення: 08.11.2024).
4. Вирощування насіннєвого гороху на Півдні України / Журнал Агроном. – 10 лютого 2020. – URL: <https://www.agronom.com.ua/vyroshhuvannya-nasinniyevogo-gorohu-na-pivdni-ukrayiny/> (дата звернення: 12.11.2024).
5. Сівба гороху. / AGROScience.COM.UA. – URL: <https://agrosience.com.ua/plant/64-sivba-gorokhu> (дата звернення: 14.11.2024).
6. Сучасна технологія вирощування гороху та сої. – URL: <https://www.zerno-ua.com/journals/2010/aprel-2010-god/suchasna-tehnologiya-viroshchuvannya-gorohu-ta-soyi/> (дата звернення: 15.11.2024).
7. Технологія вирощування гороху на зерно в Україні / Агроексперт-Трейд. – URL: <https://agroexp.com.ua/uk/tehnologiya-vyiraschivaniya-goroha> (дата звернення: 16.11.2024).

8. Система захисту посівів гороху від основних шкідників та хвороб / Журнал Агроном. – 7 травня 2021. – URL: <https://www.agronom.com.ua/systema-zahystu-posiviv-gorohu-vid-osnovnyh-shkidnykiv-ta-hvorob/> (дата звернення: 17.11.2024).
9. Сівба гороху навесні: технологія вирощування, норми висіву та догляд / Унава. – URL: <https://unava.kiev.ua/sivba-gorohu-use-za-pravylamy/> (дата звернення: 18.11.2024).
10. Практичні поради з вирощування гороху / Журнал Агроном. – Інтерв'ю з Михайлом Буньком. – 6 липня 2018. – URL: <https://www.agronom.com.ua/praktychni-porady-z-vyroshhuvannya-gorohu-interv-yu-z-myhajlom-bunkom/> (дата звернення: 19.11.2024).
11. Конструкція робочих органів зернових сівалок. Тема: Сівалка СЗ-3,6А / licey58.zp.ua. – URL: <https://licey58.zp.ua/lesson/tema-konstrukciya-robochix-organiv-zernovix-sivalok> (дата звернення: 05.11.2024).
12. Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: навч. посіб. / за ред. Д.Г. Войтюка. – Суми: Університетська книга, 2008. – 544 с. – ISBN 978-966-680-386-6.
13. Васильченко В., Опалко В. Фактори, які визначають якість сівби / Журнал Агроном. – 2011. – URL: <https://www.agronom.com.ua/factory-yaki-vyznachayut-yakist-sivby/> (дата звернення: 07.11.2024).
14. Вирощування гороху в Україні. Досліджуємо норми висіву / Журнал Агроном. – 29 жовтня 2019. – URL: <https://www.agronom.com.ua/goroh-povernuvsyia-v-ukrayinu/> (дата звернення: 20.11.2024).
15. Горох – технологія вирощування / Agromage.com. – URL: [https://agromage.com/stat\\_id.php?id=664](https://agromage.com/stat_id.php?id=664) (дата звернення: 22.11.2024).
16. Базалій В.В., Зінченко О.І., Лавриненко Ю.О. та ін. Рослинництво: підручник. – Херсон: Грінь Д.С., 2014. – 520 с.

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





24. Сисолін П.В., Т.І. Рибак, Сало В.М. Сільськогосподарські машини: Теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 2: Машини для рільництва// За ред. М.І. Черновола. – К.: Урожай, 2002. – 364 с.
25. Кузьмін А.В. та ін. Розрахунки деталей машин: Довідковий посібник, М, 1986.
26. Цілинский В.П. Охорона праці в рослинництві / В.П. Цілинский. – К.: "Урожай", 1991. – 136 с.