

Центральноукраїнський національний технічний університет  
Агротехнічний факультет  
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

\_\_\_\_\_Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

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

Механізація вирощування озимої пшениці з  
вдосконаленням сівалки СЗ-3,6А

Виконав здобувач вищої освіти IV  
курсу,

групи AI-21

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_Шуляк Сергій Валентинович

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Керівник проекту

доц., канд. техн. наук

\_\_\_\_\_Володимир АМОСОВ

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Рецензент

доц., канд. техн. наук

\_\_\_\_\_Тимофій РУДЕНКО

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Кропивницький

## ЗМІСТ

	стор.
ЗМІСТ.....→.....	5
1 ВСТУП.....→.....	6
2 АНАЛІЗ ТИПОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ З ВИЗНАЧЕННЯМ ШЛЯХІВ ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ →	7
3 ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОНАННЯ СІВБИ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ.....→.....	15
4 ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА.....→.....	31
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....→.....	51
6 ВИСНОВКИ →	56
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....→.....	57
ДОДАТКИ.....→.....	58

¶

.....Розрив сторінки.....

## 1 ВСТУП

Забезпечення населення якісними продуктами харчування неможливе без розвитку вирощування озимої пшениці, адже ця культура відіграє ключову роль у раціоні людини та є джерелом значної валютної виручки для держави. Як одна з основних зернових культур, озима пшениця має стратегічне значення для продовольчої безпеки країни.

У системі агротехнічних заходів, що застосовуються при її вирощуванні, провідне місце належить посіву. Від якості його проведення значною мірою залежить як ріст і розвиток рослин, так і підсумкова врожайність. Тому особливу увагу слід приділяти технічному оснащенню процесу сівби, зокрема — ефективності та надійності сівалок.

Сучасні напрямки розвитку сівальної техніки спрямовані на підвищення її продуктивності, зменшення маси, покращення якості виконання технологічних операцій та підвищення експлуатаційної надійності. Все це особливо актуально в умовах скорочення чисельності працівників сільського господарства, коли ефективність машин і механізмів набуває особливого значення.

Для посіву озимої пшениці здебільшого застосовуються зернові сівалки. Багато з них одночасно забезпечують внесення мінеральних добрив, що підвищує результативність посівної кампанії та знижує виробничі витрати.

Метою даної кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності вирощування озимої пшениці за рахунок удосконалення конструкції зернової сівалки СЗ-3,6. Передбачається, що впровадження технічних змін дозволить підвищити точність висіву, знизити витрати на обслуговування техніки, а також покращити умови праці оператора.

					МВП 00. 000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Шуляк				Механізація вирощування озимої пшениці з вдосконаленням сівалки СЗ-3,6А	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Амосов							
Н.контр.	Мачок					ЦНТУ, гр.АІ-21		
Затвер.	Васильковський							

## 2 АНАЛІЗ ТИПОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ З ВИЗНАЧЕННЯМ ШЛЯХІВ ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ

### 2.1. Біологічні особливості культури

Озима пшениця (*Triticum aestivum* L.) – одна з провідних зернових культур в Україні. Вона характеризується високою продуктивністю, доброю морозостійкістю, здатністю формувати високоякісне зерно. Біологічною особливістю озимої пшениці є її вимогливість до вологи, тепла, родючості ґрунту, а також необхідність періоду яровизації, тобто проходження певного періоду низьких температур після сівби. Це дає змогу рослині перейти від вегетативного до генеративного розвитку навесні[1].

Озима пшениця має добре розвинену кореневу систему, що дозволяє використовувати вологу з глибших шарів ґрунту. У фазі куціння формується більшість репродуктивних пагонів. Найважливішим для культури є період куціння, який має проходити восени до настання сильних морозів. Це потребує своєчасної сівби у строки, які забезпечують розвиток рослини до фази 3–4 листків.

### 2.2. Місце в сівозміні

Озима пшениця найкраще реагує на добрі попередники, що залишають після себе чисте поле, збагачене поживними речовинами та з низьким рівнем забур'яненості. Найкращими попередниками в умовах Лісостепу України є чорний пар, горох, ріпак, багаторічні трави на один укіс, кукурудза на силос, рання картопля[1].

Дотримання правильного чергування культур у сівозміні дозволяє зменшити поширення хвороб, шкідників, бур'янів та ефективніше використовувати вологу й елементи живлення. Недоцільно висівати озиму пшеницю після кукурудзи на зерно або інших зернових культур, особливо при коротких сівозмінах.

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		



### 2.3. Система удобрення

Система удобрення озимої пшениці повинна забезпечити рослину всіма необхідними макро- та мікроелементами на всіх етапах розвитку. Вона включає основне внесення добрив, передпосівне й підживлення навесні.

Основне внесення добрив проводиться під основний обробіток ґрунту. Залежно від запланованого рівня урожайності, вносять фосфорно-калійні добрива (наприклад, суперфосфат, калій хлористий) у дозах, розрахованих відповідно до агрохімічного аналізу ґрунту[1].

Передпосівне внесення азотних добрив (аміачна селітра, КАС) сприяє кращому стартовому росту рослин. Весняне підживлення виконується 1–2 рази залежно від стану посівів, вмісту азоту в ґрунті та погодних умов.

Для підвищення якості зерна застосовують позакореневе підживлення мікроелементами (бор, мідь, марганець, цинк) у критичні фази розвитку культури.

Вирощування озимої пшениці по інтенсивній технології вимагає комплексного підходу до використання засобів хімізації, застосування розрахункових норм мінеральних добрив (у тому числі азотних по етапах розвитку рослин), мікроелементів.

Найбільш ефективна система застосування добрив у сівозміні, при якій органічні добрива вносяться під інтенсивні просапні культури (буряк, кукурудза на зерно), а мінеральні – під зернові. Насичення ґрунту органічними добривами підвищує врожайність всіх культур сівозміни.

В господарстві притримуються вказаних рекомендацій, але стримує їх виконання недостатня кількість органічних добрив і високі ціни на мінеральні добрива. Органічні добрива вносять перед чорним паром, а мінеральні під час сівби й одне підживлення весною. Органічні добрива вносять агрегатом Т-150К +ПРТ-10, навантаження проводять ПБ-35. Одночасно з висівом насіння сівалкою СЗ-3,6А вносять мінеральні добрива. Весняне підживлення проводять агрегатом ЮМЗ-6А + 2ПТС- 4.

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		



## 2.5. Підготовка насіння до сівби, сівба

Насіння озимої пшениці має відповідати високим вимогам якості – бути сортовим, чистим, кондиційним, з високою енергією проростання та схожістю. Перед сівбою його обов'язково протруюють препаратами, які містять фунгіцидні та інсектицидні компоненти, що захищають від ґрунтових та насінневих інфекцій і шкідників на початкових фазах росту.

Оптимальні строки сівби в Україні, залежно від зони, припадають на період із 15 по 25 вересня. Дотримання рекомендованих строків забезпечує вчасне осіннє кушіння. Запізнення з сівбою знижує адаптивність рослин до зими, тоді як надто рання сівба може призвести до переростання й загущення[1].

Норма висіву коливається в межах 4,5–6,0 млн схожих насінин на гектар, залежно від регіону, строків сівби, агрофону. Глибина загортання насіння становить 4–6 см, на важких або пересушених ґрунтах – до 7 см. Висів виконують сівалками з прикочуванням для кращого контакту насіння з ґрунтом[1].

Важливу роль у забезпеченні рівномірної сівби відіграє якість сівалок. Серед вітчизняних зернових сівалок поширення набули сівалки серій СЗ (СЗ-3,6, СЗ-5,4), що відзначаються надійністю, простотою обслуговування та адаптованістю до різних умов експлуатації. Їхнє вдосконалення триває: з'являються моделі з електроприводом дозаторів та контролем норм висіву.

Серед зарубіжних зернових сівалок в Україні ефективно працюють агрегати фірм Amazone (наприклад, Cirrus), Horsch (Pronto), John Deere (730/740A) та Vaderstad (Spirit). Ці сівалки забезпечують точну сівбу на задану глибину, мають системи автоматичного регулювання тиску на сошники, оснащені GPS-контролем, що дозволяє зменшити перевитрати насіння та добрив[1].

При сівбі насіння, одночасно висіваються мінеральні добрива. Навантаження мінеральних добрив проводиться вручну. Мішки завантажують

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

у візок 2ПТС-4 і тракторами МТЗ-80, ЮМЗ-6А транспортується на поле, де завантажується в сівалки теж вручну. Насіння завантажується в сівалки. Аналізуючи затрати на ці операції можна зробити висновок, що потрібні засоби механізації на транспортування насіння і добрив і завантаження їх у сівалки. Сівбу проводять у господарстві агрегатами: МТЗ-80 + СЗ-3,6А; Т-150Г + СП-11 + СЗ-3,6А.

При недостатній кількості вологи в ґрунті, після сівби проводять коткування посівів, з метою підтягування вологи з нижніх шарів ґрунту до насіння й отримання одночасних сходів. Ця операція проводиться агрегатом: ДТ-75 + “сільськогосподарська-21” + ЗККШ-6.

Осіньне підживлення й снігозатримання в господарстві не проводиться.

Удосконалення процесу сівби полягає в переході до високоточної технології сівби з використанням комплексів точного землеробства, а також поєднання сівби з локальним внесенням стартових добрив.

## 2.6. Догляд за посівами

Комплекс заходів догляду за посівами включає контроль бур'янів, шкідників, хвороб, а також підживлення. У фазу кушіння проводять перше підживлення азотом, друге – навесні в період виходу в трубку. При виявленні дефіциту мікроелементів – позакореневе підживлення[1].

Для боротьби з бур'янами використовують гербіциди у фазі 2–3 листків. Проти хвороб – фунгіциди, особливо у фази флагового листка та колосіння. У разі потреби застосовують інсектициди проти злакових мух, попелиць, трипсів[1].

З метою зменшення вилягання посівів використовують ретарданти (наприклад, хлормекват-хлорид). Науково обґрунтоване застосування ЗЗР сприяє збереженню врожаю та підвищенню його якості.

Підчас догляду за посівами необхідно обробляти їх пестицидами. В фазі кушіння необхідно внести гербіциди в суміші з фунгіцидами (діален,

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

байлетон). У фазі кінця кущення, початок виходу трубки потрібно внести ретордонтів (тур). Під час утворення 2–3 міжвузлів посіви доцільно обробити ретордонтами в суміші з фунгіцидами (тур, байлетон). У фазі кінця трубкування і початку утворення колосків із метою зниження дії іржі, мучнистої роси та ензімоміозного виснаження проводиться позакореневе підживлення розчином фосфорно-калійних добрив – хлористий натрій – вода. У фазі цвітіння – наливу насіння, молочна стиглість посівів необхідно обробити інсектицидами (метатіон 50%, вофатокс 30%, метафокс 40%) із метою боротьби з личинками клопа – черепашки і хлібною п'явицею. Але в господарстві проводяться не всі заходи по догляду за посівами по причинах високих цін на гербіциди й пестициди. Посіви обробляються тільки один раз із метою боротьби з личинками клопа – черепашки. Результатом цього є зниження класності насіння й економічні втрати господарства[1].

## 2.7. Збирання врожаю

Збирання озимої пшениці розпочинають у фазу повної стиглості зерна при вологості 13–15%. Збирання краще проводити прямим комбайнуванням з одночасним подрібненням і розкиданням соломи. Затримка зі збиранням призводить до втрат зерна, проростання в колосі та зниження якості[1].

Після збирання зерно очищають, сушать до вологості 13–14%, зберігають у відповідних умовах. Удосконалення процесу збирання полягає в застосуванні сучасних зернозбиральних комбайнів, обладнаних системами автоматичного регулювання висоти жнив, вологомірів, сенсорів втрат тощо.

Збирання озимої пшениці проводять за допомогою зернозбиральних комбайнів “Джон-Дір”, СК-5 “Нива”, частину посівів збирають роздільним способом (там, де велика забур'яненість), а частину прямим комбайнуванням. При роздільному збиранні застосовують жатки ЖВН-6.

Комбайн “Джон-Дір” соломисті продукти може укладати в валок, або подрібнювати й розкидати по полю, а комбайн СК-5 “Нива”, солому

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

подрібнюють і завантажують у візки ГПТС-4-887А, які тракторами транспортуються на територію ферми до місця скиртування. Зерно з комбайнів транспортується автомобілями на тік, де з допомогою ЗАВ-20 і зерноочисних машин доводиться до певної кондиції. Подрібнена солома скирдується за допомогою навантажувача фронтального ПФ-0,5[1].

Підвищення ефективності вирощування озимої пшениці можливе за рахунок впровадження точного землеробства, використання дронів для моніторингу посівів, інноваційних агрохімікатів та цифрових агротехнологій, що дозволяють приймати обґрунтовані рішення на всіх етапах виробництва.

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

## 3 ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОНАННЯ СІВБИ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

### 3.1. Комплектування агрегатів

Клас транспорту і кількість сівалок вибирають в відповідності з розмірами і конфігурацією поля. [2], с. 219.

Таблиця 3.1

Кількість сівалок в посівних агрегатах

Довжина гону – не менше, м.	Кількість сівалок.	Ширина захвату, м.
100	1	3,6
300	2	7,2
400	3	10,8
600	4	14,4
800	5	18
1000	6	21,6

На ділянках до 10 га, а також на ділянках неправильної конфігурації використовують односівалочний агрегат з тракторами класу 1.4.

Рациональний склад посівних агрегатів з урахуванням тягового зусилля трактора при оптимальних режимах роботи приведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Рациональний склад посівних агрегатів

Трактор	Зчіпка	Сівалка (кількість)
МТЗ-80	Без зчіпки	СЗ-3,6А; СЗП-3,6; СЗУ-3,6.
ДТ-75М	СП-16; С-18А	СЗ-3,6А; СЗП-3,6; СЗУ-3,6. (3)
Т-150	СП-16	СЗ-3,6А; СЗП-3,6; СЗУ-3,6. (3...4)

З урахуванням даних таблиці рекомендується використовувати агрегати з однією сівалкою при обробці ділянки 3...7 га, двома – 7...20 га, трьома – 20...60, чотирма – 60...100 га і більше.

Сівалки з ешелонованим двохрядним розміщенням з'єднують з зчіпкою з перекриттям так, щоб не було огріхів. В результаті робоча ширина захвату зменшується на 6%, збільшується пересів насіння і знижується продуктивність агрегату.

Вибираємо агрегат, який складається з трактора МТЗ-80, сівалки СЗ-3,6А, оптимальні строки сівби – до 7 днів.

Техніко-економічні показники.

Продуктивність агрегату за годину змінного часу:

$$W_{год} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot r,$$

де  $r$  – коефіцієнт використання робочого часу зміни, ( $r = 0,8$ ) [3].

$B_p$  – робоча ширина захвату, м

$$B_p = B_K \cdot \beta,$$

де  $B_K$  – конструктивна ширина захвату агрегату, м.  $B_K = 3,6$  м.

$\beta$  – коефіцієнт виростання конструктивної ширини захвату агрегату (для сівби  $\beta = 0,99$ ) [3].

$$B_p = 3,6 \cdot 0,99 = 3,56 \text{ м.}$$

$V_p$  – робоча швидкість руху агрегату, км/год.

$V_p = 10,4 \text{ км/год}$ , при роботі на V передачі, [3], с. 166, табл. 2.

$$W_{год} = 0,1 \cdot 3,56 \cdot 10,4 \cdot 0,8 = 2,96 \text{ га/год},$$

Продуктивність агрегату за зміну:

$$W_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_{зм} \cdot r = 0,1 \cdot 3,56 \cdot 10,4 \cdot 7 \cdot 0,8 = 20,72 \text{ га/зм.}$$

Час, протягом якого буде виконуватися сівба:

$$T = Q / W_{год} = 150 / 2,96 = 51 \text{ год.}$$

Кількість нормозмін:

$$D = T / T_{зм} = 51 / 7 = 7,28 \text{ нормозмін.}$$

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Визначення кількості агрегатів необхідних для виконання операцій в оптимальні строки:

$$n=Q/(W_{зм} \cdot D_p)=1,03; \text{ приймаємо за 1 агрегат.}$$

Витрати палива на посів озимої пшениці:

$$G_{га} = (G_{нн} \cdot T_p + G_{нх}^{дб} \cdot T_{хх} + G_{пз}^{дб} \cdot T_3) / W_{зм}, \text{ де}$$

$$G_{нн} = g_{ен} \cdot N_{ен} / 10^3 = 250 \cdot 58,9 / 1000 = 14,73 \text{ кг} / \text{год},$$

$$G_{пх}^{дб} = (0,27 \dots 0,30) \cdot G_{пн}, \text{ приймаємо } G_{пх}^{дб} = 0,28 \cdot 14,73 = 4,12 \text{ кг} / \text{год}.$$

$$G_{пз}^{дб} = (0,12 \dots 0,15) \cdot G_{пн}, \text{ приймаємо } G_{пз}^{дб} = 0,13 \cdot 14,73 = 1,91 \text{ кг} / \text{год}.$$

$$T_p = T_{зм} \cdot r = 7 \cdot 0,8 = 5,6 \text{ год}.$$

$$T_{хх} = T_{зм} \cdot r_{хх} = 7 \cdot 0,08 = 0,56 \text{ год}.$$

$$T_3 = T_{зм} \cdot r_3 = 7 \cdot 0,12 = 0,84 \text{ год}.$$

$$G_{га} = 4,1 \text{ кг} / \text{га}.$$

Потреба в паливі на виконання всього обсягу робіт:

$$G = G_{га} \cdot Q = 4,1 \cdot 150 = 615 \text{ кг}.$$

Затрати праці на виконання одиниці роботи:

$$Z_{п}^0 = (П_{мех} + П_{доп}) / W_{год} = (1 + 1) / 2,96 = 0,68 \text{ люд} \cdot \text{год} / \text{га}.$$

Для виконання всього обсягу робіт:

$$Z_{п} = Q \cdot Z_{п}^0 = 150 \cdot 0,68 = 101,35 \text{ люд} \cdot \text{год}.$$

### 3.2. Підготовка агрегату до роботи

1. Поставити зчіпку на регульовальний майданчик, перевірити комплектність, технічний стан, правильність зборки, кріплення, змащення. Розмічають на зчіпці місця приєднання сівалок.

2. Поставити на регульовальний майданчик сівалку. Перевірити комплектність, точність встановлення робочих органів, правильність зборки і технічний стан висівного апарату, сошників, насіннепроводів і механізмів передач. Звертають увагу на стан причіпного пристрою, перил, затяжку болтових з'єднань і закріплення захисних пристроїв. Зірочки і зубчасті колеса змащувати не рекомендують.

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		



затягують болти гайкою. Таким чином встановлюють сошники, положення яких не співпадає з мітками на регульованому майданчику. Відстань між сошниками перевіряють від центра сівалки. Одночасно оцінюють ступінь спрацювання дисків сошників.

8. Регулюють сівалку на норму висіву насіння, для чого встановлюють регулятор висіву зерна в крайнє нульове положення. При цьому торець котушки повинен співпадати з внутрішньою стороною розетки кожного висівного апарату. Потім встановлюють виліт робочої частини котушки і передаточне відношення на норму висіву, користуючись таблицями. В залежності від культури виліт робочої частини котушки і передаточне відношення на норму висіву орієнтовно визначається за номограмою.

Потрібно орієнтуватися на те, щоб норма висіву забезпечувалася мінімально можливим передаточним відношенням і максимальним вольтом робочої частини катушок висівних апаратів.

9. Зазор між клапаном і нижнім ребром муфти висівного апарата повинні бути 1...2 мм.

10. Насінневий ящик при висіванні насіння зернових культур, заповнюють насінням, підкладають брезент під дискові сошники. Привідне колесо провертають два – три рази, щоб коробки висівних апаратів заповнилися насінням. Насіння, яке при цьому висіялося, збирають і висипають знову у ящики для насіння.

11. Привідне колесо прокручують 30 разів з швидкістю, яка приблизно відповідає швидкості руху при сівбі (наприклад, при 2,7 м/с частота обертання повинна бути 46 хв<sup>-1</sup>). Висіяне насіння збирають і зважують з точністю до 1 г. Фактичну масу зерна порівнюють з розрахунковою, визначеною за формулою:

$$C = (H \cdot B_p \cdot K \cdot P_x) / (10^4 \cdot 2),$$

де С – розрахункова маса насіння при заданій нормі висіву, Н;

$P_x$  – кількість обертів ходового колеса (приймаємо за 30);

$B_p$  – робоча ширина захвату сівалки, м;

$K$  – довжина обода, м (для СЗ-3,6  $K=3,67$  м).

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		



### 3.3. Підготовка поля до роботи

1. При підготовці поля вибирають напрям руху сівалочних агрегатів, відбивають поворотні смуги, розбивають поле на загони, маркірують лінії перших проходів агрегату.

Напрямок сівби вибирають поперек напрямку оранки і останнього перед посівного обробітку ґрунту або під кутом до неї.

2. Загальний спосіб руху посівного агрегату – човниковий. Тому при вирощуванні зернових культур за інтенсивною технологією необхідно вибирати поля з великою довжиною гону.

3. Ширина поворотних смуг повинна бути рівна трьом робочим проходам агрегату.

4. Розмічають поле. Для цього встановлюють вішки, які показують границю загону, поворотних смуг і лінію першого проходу в загоні. При ґрунтовому методі роботи поле розмічають таким чином, щоб число ліній першого проходу було рівне числу працюючих агрегатів.

5. Визначають місце заправки агрегату насіння і добривами, яке залежить від довжини гону, норми висіву і місткості насінневих ящиків сівалок з урахуванням того, що до наступної заправки в ящиках повинен бути запас насіння не менше 10% від первинного об'єму. Орієнтовна відстань між пунктами заправки[1]:

$$L = (0,85 \cdot V \cdot 10^4) / (B_p \cdot H),$$

де  $V$  – місткість ящика, кг;

$H$  – норма висіву, кг/га;

$B_p$  – робоча ширина захвату, м.

Розраховуючи кількість агрегатів для сівби, які обслуговує один заправник[5]:

$$N_A = 100 \cdot q / W_C \cdot H \cdot T_p,$$

де  $H$  – норма висіву насіння, кг/га;

$W_C$  – продуктивність посівного агрегату, га/год;

$q$  – вантажопідйомність автозавантажувача, т;

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		





2. Під час оцінки якості роботи на сівбі потрібно враховувати також нерівномірність висіву окремими висівними апаратами (допускається не більше +/-4%), прямолінійність рядків, огріхи, обсів поворотних смуг.

### 3.6. Вибір оптимального складу агрегату

Щоб вибрати оптимальний склад агрегату для висіву озимої пшениці порівняємо показники двох агрегатів: МТЗ-80+СЗ-3,6А; ДТ-75+СП-11+2шт. СЗ-3,6А.

Критерії оптимізації.

Згідно агротехнічних вимог швидкість руху агрегату приймаємо до 11,9 км/год. Трактор МТЗ-80 може працювати на швидкості 10,4 км/год. [3] с. 166, на 5 передачі, а трактор ДТ-75М на 2 передачі (4,6 км/год.), на 3 передачі (6,4 км/год.).

Склад тягових причіпних агрегатів доцільно розрахувати за максимальною шириною захвату (м), на двох передачах (5 і 4), за формулою, для трактора МТЗ-80[3]:

$$V_{\max} = (P_{th} - G \cdot i / 100) / (K + g_m \cdot i / 100),$$

де  $P_{th}$  – номінальне тягове зусилля трактора на вибраній передачі і горизонтальній ділянці з урахуванням агрофону й умов зчеплення з ґрунтом, кН;  $P_{th4} = 14$  кН;  $P_{th5} = 11,5$  кН.

$G$  – вага трактора, кН;  $G_{MTZ-80} = 31,5$  кН;

$i$  – нахил місцевості в %, приймаємо  $i = 2\%$ ;

$K$  – робочий питомий тяговий опір сівалки на вибраній швидкості руху, кН/м;

$g_m$  – відношення ваги сівалки  $G_m$  (кН) до конструктивної ширини захвату (м), кН/м;

$$g_m = G_m / B_{\text{п}} = 14,5 / 3,6 = 4,03 \text{ кН/м.}$$

$$K = K_0 [1 + (V_p + V_0) \Delta_0 / 100],$$

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		



Раціональний коефіцієнт використання номінальної сили тяги сільськогосподарських тракторів на сівбі становить 0,93 – 0,96 [3] с. 55.

За розрахунками оптимальний склад агрегату МТЗ-80+СЗ-3,6А з робочою швидкістю 10,4км/год (V передача),  $n_{B,IV} = 0,72; W_{ГОДV} = 2,96га$ .

Для трактора ДТ-75М розрахунок проводимо на II і III передачах  $V_{PII} = 4,6км/год, V_{PIII} = 6,4км/год. P_{TH,II} = 32,5кН; P_{TH,III} = 23кН;$  зчіпка СП-11;  $G_{зч} = 17,62кН, G_{ДТ-75} = 65,3кН$ .

$$V_{max} = (P_{th} - G * i / 100) / (K + g_m * i / 100 + g_{зч}(f_{зч} + i / 100)),$$

де  $g_{зч}$  – відношення ваги зчіпки  $G_{зч}$  до максимальної ширини захвату із сівалками, кН/м. Зчіпка СП-11 агрегується максимум із трьома сівалками,  $g_{зч} = 17,62 / 10,8 = 1,63$  кН/м.

$f_{зч}$  – коефіцієнт опору кочення ходових коліс зчіпки,  $f_{зч} = 0,10 - 0,44$ , приймаємо  $f_{зч} = 0,22$

$$K_{II} = 2[1 + (4,65 - 5) * 0,02] = 1,98 \text{ км/год};$$

$$K_{III} = 2[1 + (6,4 - 5) * 2 / 100] = 2,6 \text{ км/год};$$

$$V_{max II} = (32,5 - 63,5 * 0,02) / (1,98 + 14,5 / 3,6 * 0,02 + 1,63(0,2 + 0,02)) = 7,4 \text{ м};$$

$$V_{max III} = (23 - 63,5 * 0,02) / (2,06 + 14,5 / 3,6 * 0,02 + 1,63(0,2 + 0,02)) = 7,8 \text{ м}.$$

Кількість сівалок в агрегаті:

$$n_{MII} = V_{max} / V_k = 7,4 / 3,6 = 2,06, \text{ приймаємо } 2.$$

$$n_{MIII} = V_{max} / V_k = 7,8 / 3,6 = 2,17, \text{ приймаємо } 2.$$

Визначаємо повний тяговий опір агрегату,  $R_a$  (кН) на кожній із вибраних передач:

$$R_a = n_M (K * B_k + G_m * i / 100) + G_{зч} (f_{зч} + i / 100),$$

$$R_{a,II} = 18,7 \text{ кН}.$$

$$R_{a,III} = 19,3 \text{ кН}.$$

$$n_{B,II} = 18,7 / 32,5 = 0,57; n_{B,III} = 19,3 / 23 = 0,84.$$

$$W_{ГОДII} = 0,1 * 7,2 * 0,99 * 4,6 * 0,8 = 2,62 \text{ га}.$$

$$W_{ГОДIII} = 0,1 * 7,2 * 0,99 * 6,4 * 0,8 = 3,65 \text{ га}.$$

Приймаємо агрегат: ДТ-75+СП-11+2шт.СЗ-3,6А, який працює на III передачі,  $n_B = 0,84; W_{ГОД} = 3,65га; V_P = 6,4км/год$ .

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		



$R$  – радіус повороту, м; для одно- і двосівалкового причіпних агрегатів становить 1,6 Вк;

$$R = 1,6 * 3,6 = 5,76(МТЗ - 80)$$

$$R = 1,6 * 7,2 = 11,52(ДТ - 75).$$

$n_{ПОВ}$  – кількість поворотів:

$$n_{ПОВ} = L / B_p,$$

де  $L$  – ширина поля, м (приймаємо 800 м).

$$n_{ПОВ} = 800 / 3,65 = 225(МТЗ - 80);$$

$$n_{ПОВ} = 800 / 7,13 = 112(ДТ - 75).$$

$l_B$  – довжина виїзду агрегатів, для причіпних посівних агрегатів із заднім розташуванням робочих машин:  $l_B = 0,5 * l_a$ ,

де  $l_a$  – кінематична довжина агрегату, м.

$$l_a = l_T + l_{зч} + l_M,$$

де  $l_T, l_{зч}, l_M$  – кінематична довжина відповідно трактора, зчіпки, машини.

$$l_a^{МТЗ-80} = 3,815 + 308 = 7,6м;$$

$$l_a^{ДТ-75} = 4,575 + 2 * 3,2 + 6,8 = 17,8м;$$

$$\alpha_{XX}^{МТЗ-80} = 3 * 5,76 * 225 + 0,5 * 7,6 = 3891м;$$

$$\alpha_{XX}^{ДТ-75} = 3 * 11,52 * 112 + 0,5 * 17,8 = 3879м.$$

$$\varphi_{МТЗ=80} = 421348,3 / (421348,3 + 3891) = 0,99$$

$$\varphi_{МТ-75,м} = 210378,7 / (210378,7 + 3879) = 0,98$$

Енерговитрати на 1 га поля:

$$\psi_{МТЗ-80} = 58,9 / 2,96 = 19,9кВт \cdot год / га;$$

$$\psi_{ДТ-75М} = 66,7 / 3,65 = 18,3кВт \cdot год / га.$$

Сила, використана на перекочування трактора:

$$P_n = \Sigma G_{TP} * f,$$

де  $\Sigma G_{TP}$  – вага трактора кН;

$f$  – коефіцієнт опору кочення трактора;

для колісних  $f=0,16-0,22$ ;

для гусеничних  $f=0,10-0,14$ .

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		









потрапляють в раструби сошників і далі по направляючим потрапляють на дно борозенок, відкритих сошниками[4].

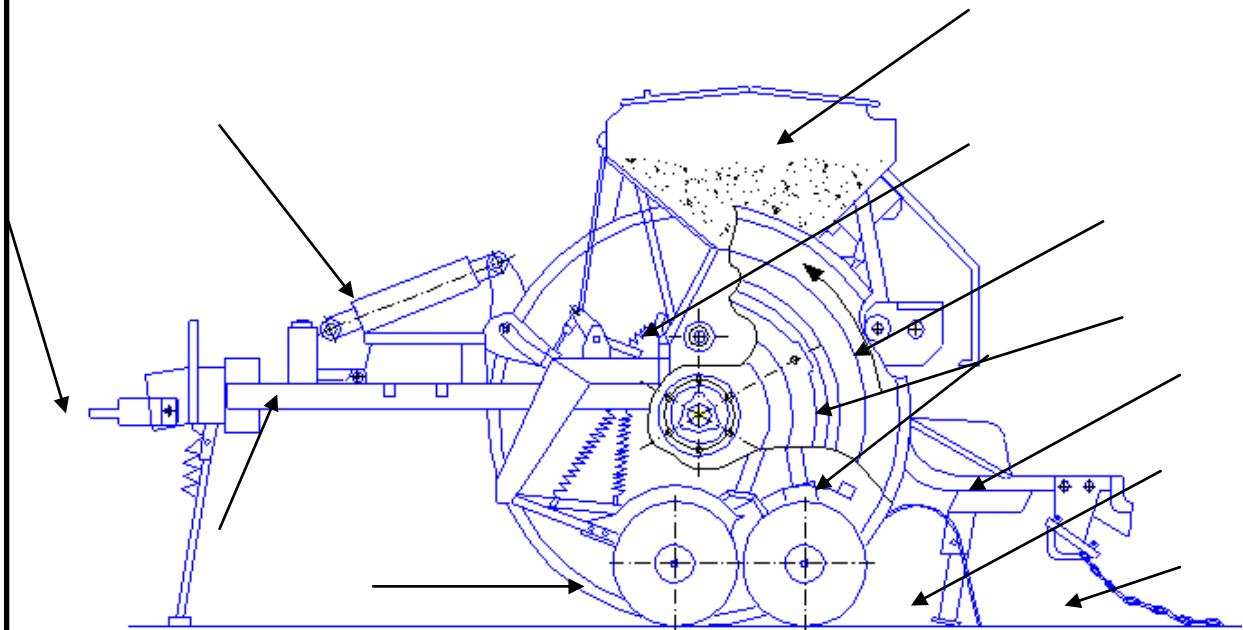


Рис. 4.1. Загальна будова сівалки СЗ-3,6А[4]:

1 – рама; 2 – гідроциліндр; 3 – ящик для насіння; 4 – система передач;  
5 – опорно-приводні колеса; 6 – підніжна дошка; 7 – цепний загортач;  
8 – пружинний загортач; 9 – сошники; 10 – причіпний пристрій; 11 – редуктор.

Привід висівних апаратів здійснюється від опорноприводних коліс системою передач. Підйом сошників в транспортне положення та опускання їх в робоче здійснюється гідроциліндром, включеним в гідросистему трактора. Для робочого, який обслуговує сівалку, до рами прикріплена підніжна дошка. На зупинках дошка підпирається підставкою[4].

Норми висіву насіння різних овочевих культур варіюють в значних границях (від 3-2 до декількох десятків кілограмів на гектар). Різні також і схеми посіву, в особливості при обробці на грядках. На кінець, насіння овочевих культур потребують відносно малої глибини заробляння (від 1,5 до





$Z_1 = \{16, 17, 18\}$   
 $Z_2 = \{27, 26, 25\}$   
 $Z_3 = 13, Z_4 = 21$   
 $Z_5 = \{16, 22, 19\}$   
 $Z_6 = \{27, 21, 24\}$   
 $Z_7 = 16, Z_8 = 18$

k	$I_k$	k	$I_k$
1	0.193	19	0.525
2	0.213	20	0.556
3	0.235	21	0.613
4	0.245	22	0.638
5	0.258	23	0.674
6	0.270	24	0.704
7	0.285	25	0.743
8	0.297	26	0.775
9	0.313	27	0.818
10	0.327	28	0.853
11	0.342	29	0.891
12	0.360	30	0.941
13	0.377	31	0.984
14	0.397	32	1.036
15	0.415	33	1.083
16	0.432	34	1.128
17	0.477	35	1.245
18	0.504	36	1.371

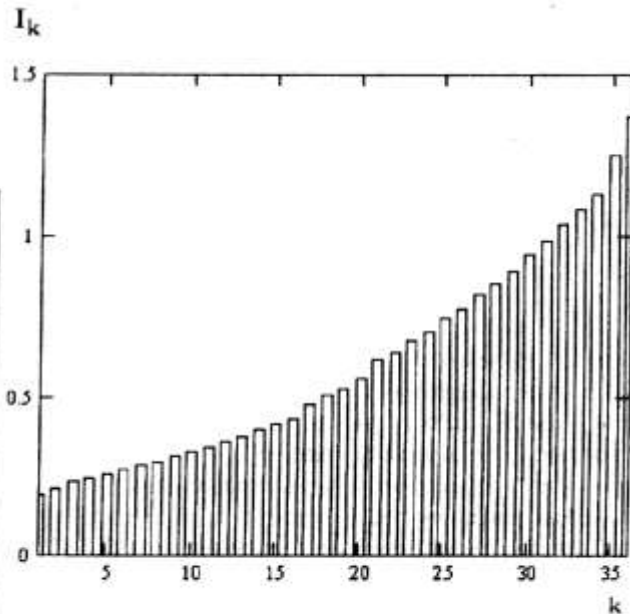


Рис. 4.2. Діаграма передаточних відношень

## 4.2. Технологічний розрахунок висівного апарата

Технологічний розрахунок катушкового висівного апарату зводиться до визначення його робочого об'єму, тобто кількості насіння що висівається в  $см^3$  або в грамах за один оберт катушки в залежності від заданої норми висіву  $Q$  (кг/га), ширини міжряддя в (см), об'ємної маси  $\rho$  ( $г/см^3$ ) і передаточного відношення механізму привода від привідного колеса до вала висівних апаратів[5].

Розрахунок ведеться в наступному порядку.

Кількість насіння що висівається на 1 м довжини гону[5]:

$$q_0 = Qv/10^3, г. \quad (4.1)$$

Маса насіння що висівається одним апаратом за 1 оберт ходових коліс, (з врахуванням ковзання коліс) [5]:

$$q_1 = q_0 * \pi * D / (1 - \varepsilon) = Q * \varepsilon * \pi * D / 10^3 * (1 - \varepsilon), \text{г.} \quad (4.2)$$

де  $D$  – діаметр ходових коліс, з врахуванням прогину шини  $R_{CT} = 0,75 \text{ м}$ ;  
 $\varepsilon$  – коефіцієнт ковзання коліс [5] ( $\varepsilon = 0,05$ );

Маса насіння що висівається одним апаратом за 1 оберт катушки з врахуванням ковзання коліс [5]:

$$q = q_1 / i = q_0 * \pi * D / (1 - \varepsilon) * i, \text{г.} \quad (4.3)$$

де  $i$  – передаточне відношення від опорно-приводного колеса до вала висівних апаратів:  $i = \frac{D * v_{КОЛ.}}{d * v_C}$ ; (тут  $d$  – діаметр катушки,  $v_{КОЛ.}$  – лінійна швидкість катушки,  $v_C$  – швидкість сівалки).

Підставивши в останнє рівняння значення  $q_0$ , отримаємо [5]:

$$q = Q * \varepsilon * \pi * D / (10^3 * (1 - \varepsilon) * i). \quad (4.4)$$

Якщо прийняти до уваги, що об'ємна маса насіння що висівається дорівнює  $\rho (\text{г/см}^3)$ , то відношення  $q / \rho = v_0$  буде представляти собою робочий об'єм катушкового висівного апарата, тобто об'єм насіння що висівається за один оберт катушки [5].

$$V_0 = Q * \varepsilon * \pi * D / (10^3 * (1 - \varepsilon) * i * \rho), \text{см}^3. \quad (4.5)$$

За даними експериментальних випробувань [5] при висіві насіння озимої пшениці серійним катушковим висівним апаратом при максимальній робочій довжині катушки ( $l_p = 34 \text{ мм}$ ), кількість насіння що висівається за один оберт катушки дорівнює 22,5 г.

Тоді максимальна величина загального передаточного відношення механізму привода для забезпечення максимальної норми висіву, буде дорівнювати:

$$i_{ЗАГ.МАХ} = Q_{МАХ} * \varepsilon * \pi * D / (q * 10^3 * (1 - \varepsilon)) = 250 * 15 * 3,14 * 1,18 / 22,5 * 10^3 * 0,95 = 0,650.$$

Мінімальна величина передаточного відношення:

$$i_{ЗАГ.МІН} = Q_{МІН} * \varepsilon * \pi * D / (q * 10^3 * (1 - \varepsilon)) = 60 * 15 * 3,14 * 1,18 / 22,5 * 10^3 * 0,95 = 0,156.$$

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

### 4.3. Кінематичний розрахунок механізму приводу до висівних апаратів

Вихідними даними для кінематичного розрахунку залишається величина передаточне відношення від вала привідних коліс до вала висівних апаратів і кінематична схема приводу.

Розрахуємо механізм приводу до висівних апаратів з мінімальним передаточним відношенням[5]:

$$i_{ЗАГ.ЗЕРН.МИН} = 0,156 \text{ (див. технологічний розрахунок).}$$

Задаємося:  $z_1 = 16$  і  $z_2 = 14$  (по аналогії з серійною сівалкою СЗ-3,6А)

$$\text{Тоді } i_1 = \frac{z_1}{z_2} = \frac{16}{14} = 1,143;$$

$$n_2 = n_1 * i_1 = n_{ХК} * 1,143.$$

$$n_{ХК} = \frac{60 * V_C (1 - \varepsilon)}{\pi * D} = \frac{60 * 3,3 * (1 - 0,03)}{3,14 * 1,18} = 51,84 \text{ об / хв.} \quad (4.6)$$

$V_C$  – швидкість сівалки дорівнює 3,3 м / с (12 км / год.)

$D = 1,18$  м (з урахуванням прогину шин).

$$n_2 = 51,84 * 1,143 = 59,25 \text{ об / хв.}$$

Задаємося:  $z_3 = 9$  і  $z_4 = 16$  (по аналогії з серійною сівалкою СЗ-3,6А).

$$\text{Тоді } i_2 = \frac{z_3}{z_4} = \frac{9}{16} = 0,562;$$

$$n_3 = n_2 * i_2 = 59,25 * 0,562 = 33,30 \text{ об / хвил.}$$

Задаємося:  $z_5 = 16$  і  $z_6 = 27$

$$\text{Тоді } i_3 = \frac{z_5}{z_6} = \frac{16}{27} = 0,593;$$

$$n_4 = n_3 * i_3 = 33,30 * 0,593 = 19,75 \text{ об / хвил.}$$

Задаємося:  $z_7 = 13$  і  $z_8 = 21$

$$\text{Тоді } i_4 = \frac{z_7}{z_8} = \frac{13}{21} = 0,619;$$

$$n_5 = n_4 * i_4 = 19,75 * 0,619 = 12,225 \text{ об / хвил.}$$

Задаємося:  $z_9 = z_{10} = 9$ ;  $i_5 = 1$ .

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		





$$\text{Тоді } i_7 = \frac{z_{13}}{z_{14}} = \frac{16}{18} = 0,889;$$

$$n_8 = n_7 * i_7 = 10,659 * 0,889 = 9,475 \text{ об / хвил.}$$

$$\text{Задаємося: } z_{15} = 10 \text{ і } z_{16} = 8$$

$$\text{Тоді } i_8 = \frac{z_{15}}{z_{16}} = \frac{10}{8} = 1,25;$$

$$n_9 = n_8 * i_8 = 9,475 * 1,25 = 11,844 \text{ об / хвил.}$$

Величину передаточного відношення останньої передачі знаходимо розрахунковим способом за формулою:

$$i_9 = \frac{i_{ЗАГ.МІН}}{i_1 * i_2 * i_3 * i_4 * i_5 * i_6 * i_7 * i_8} =$$

$$= \frac{0,650}{1,142 * 0,562 * 0,653 * 0,619 * 1 * 0,791 * 0,889 * 1,25} = 2,850. \quad (4.7)$$

$$\text{Задаємося: } z_{17} = z_{18} = 9$$

$$\text{Тоді } i_9 = 2,850;$$

$$n_{10} = n_9 * i_9 = 11,844 * 2,850 = 33,761 \text{ об / хвил.}$$

Виконуємо перевірку кінематичного розрахунку, для чого порівнюємо частоту обертання вала зернових апаратів  $n_{10}$ , отриману розрахунковим шляхом (попередньо визначаючи оберти валів ходової передачі) і безпосередньо визначивши з урахуванням загального передаточного відношення[5].

$$\text{В першому випадку: } n_{10} = 33,761 \text{ об / хвил.}$$

А в другому:

$$n_{10} = n_1 * i_{ЗАГ.ЗЕРН.МІН} = n_{ХК} * i_{ЗАГ.ЗЕРН.МІН} = 51,84 * 0,650 = 33,696 \text{ об / хвил.} \quad (4.7)$$

$$\text{Різниця між цими значеннями складає: } \frac{33,761 - 33,696}{33,696} * 100 = 0,19\%.$$

Це свідчить про дуже велику точність виконаного розрахунку.

Знаходимо передаточне відношення контрприводу:

$$i_{\text{КОНТР.ПР.}} = i_1 * i_2 * i_5 * i_8 * i_9 = \frac{z_1}{z_2} * \frac{z_3}{z_4} * \frac{z_9}{z_{10}} * \frac{z_{15}}{z_{16}} * \frac{z_{17}}{z_{18}} =$$

$$= \frac{16}{14} * \frac{9}{16} * \frac{9}{9} * \frac{10}{8} * \frac{9}{9} = 0,804. \quad (4.8)$$

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$i_{3AG.1} = 0,156$ при $Q=60$ кг/га	Q кг/га
$i_{3AG.2} = 0,804 * 0,213 = 0,171$	65,77
$i_{3AG.3} = 0,804 * 0,235 = 0,189$	72,69
$i_{3AG.4} = 0,804 * 0,245 = 0,197$	75,77
$i_{3AG.5} = 0,804 * 0,258 = 0,207$	79,61
$i_{3AG.6} = 0,804 * 0,270 = 0,217$	83,46
$i_{3AG.7} = 0,804 * 0,285 = 0,229$	88,07
$i_{3AG.8} = 0,804 * 0,297 = 0,239$	91,92
$i_{3AG.9} = 0,804 * 0,313 = 0,252$	96,92
$i_{3AG.10} = 0,804 * 0,327 = 0,263$	101,15
$i_{3AG.11} = 0,804 * 0,342 = 0,275$	105,76
$i_{3AG.12} = 0,804 * 0,360 = 0,289$	111,15
$i_{3AG.13} = 0,804 * 0,377 = 0,303$	116,53
$i_{3AG.14} = 0,804 * 0,397 = 0,319$	122,69
$i_{3AG.15} = 0,804 * 0,415 = 0,334$	128,45
$i_{3AG.16} = 0,804 * 0,432 = 0,347$	133,45
$i_{3AG.17} = 0,804 * 0,477 = 0,384$	147,68
$i_{3AG.18} = 0,804 * 0,504 = 0,405$	155,76
$i_{3AG.19} = 0,804 * 0,525 = 0,422$	162,30
$i_{3AG.20} = 0,804 * 0,556 = 0,447$	171,91
$i_{3AG.21} = 0,804 * 0,613 = 0,493$	189,61
$i_{3AG.22} = 0,804 * 0,638 = 0,513$	197,30
$i_{3AG.23} = 0,804 * 0,674 = 0,542$	208,45
$i_{3AG.24} = 0,804 * 0,704 = 0,566$	217,68
$i_{3AG.25} = 0,804 * 0,743 = 0,597$	229,60
$i_{3AG.26} = 0,804 * 0,775 = 0,623$	239,60
$i_{3AG.27} = 0,804 * 0,818 = 0,658$	253,06

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

МВП 00.000 ПЗ

Арк.

#### 4.4. Енергетичний розрахунок

Вихідні дані.

Максимальний крутний момент на валу зернових висівних апаратів (на Х валу механізму привода, див. Кінематичну схему) згідно вимогам державного стандарту не повинен перевищувати  $28,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

Передаточні відношення зубчастих і ланцюгових передач, кількість зубів у відповідних зубчаток і зірочок наведено на кінематичній схемі механізму привода.

Відстань між підшипниками, зубчатками і зірочками, орієнтація міжцентрових відстаней ланцюгових і зубчастих передач відносно горизонту, прийняти з креслень коробки зміни передач (КЗП) і з креслень вузлів механізму привода сівалки СЗ-3,6А.

Враховуючі вищесказане, приймаємо крутний момент на валу зернових висівних апаратів  $M_X = 28,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

Величину крутних моментів на наступних валах механізму привода визначимо за формулою[5]:

$$M_{n-1} = M_n * i_{n-1} / \eta_{\text{заг.}}, \quad (4.9)$$

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

$\eta_{\text{заг.}}$  – загальний ККД, який дорівнює добутку від множення окремих ККД (передач і підшипників) [5].

Враховуючи це:

$$M_{IX} = M_X * i_9 / \eta_1 * \eta_2, \quad (4.10)$$

де  $\eta_1$  – ККД ланцюгової передачі ( $\eta = 0,97$  [1]);

$\eta_2$  – ККД підшипників ковзання ( $\eta = 0,98$  [1]).

$$M_{IX} = 28,8 * 1 / 0,97 * 0,98 = 30,3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Аналогічно знаходимо  $M_{VIII}$ :

$$M_{VIII} = M_{IX} * i_8 / \eta_1 * \eta_2 = 30,3 * 1,25 / 0,97 * 0,98 = 39,84 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Знаходимо крутний момент на валу  $M_{VII}$  [5]:

$$M_{VII} = M_{VIII} * i_7 / \eta_{3.3} * \eta_{П.КОЧ.} = 39,86 * 0,889 / 0,94 * 0,99 = 38,10 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

де  $\eta_{3.3}$  – ККД зубчастого зачеплення ( $\eta_1' = 0,93 \dots 0,95$  [ ]);

$$\eta_{П.КОЧ.} \text{ – ККД підшипників кочення } (\eta_2'' = 0,99 \text{ [ ]}).$$

Визначаємо крутний момент на  $M_{VI}$ :

$$M_{VI} = M_{VII} * i_6 / \eta_{3.3} * \eta_{П.КОЧ.} = 38,10 * 1,05 / 0,94 * 0,99 = 42,99 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо крутний момент на  $M_V$ :

$$M_V = M_{VI} * i_5 / \eta_1 * \eta_{П.КОЧ.} = 42,99 * 1 / 0,97 * 0,99 = 44,77 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо крутний момент на  $M_{IV}$ :

$$M_{IV} = M_V * i_4 / \eta_{3.3} * \eta_{П.КОЧ.} = 44,77 * 0,62 / 0,94 * 0,99 = 29,8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо крутний момент на  $M_{III}$ :

$$M_{III} = M_{IV} * i_3 / \eta_{3.3} * \eta_{П.КОЧ.} = 29,8 * 0,65 / 0,94 * 0,99 = 20,81 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо крутний момент на  $M_{II}$ :

$$M_{II} = (M_{III} * i_2 / \eta_{ЦЕП.} * \eta_{П.КОЧ.}) + M_{Т.В.} = (20,81 * 0,562 / 0,97 * 0,99) + 9,6 = 21,74 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо крутний момент на валу приводного колеса на привід зернових висівних апаратів  $M_I$ :

$$M_I = M_{II} * i_1 / \eta_{ЦЕП.} * \eta_{П.КОВЗ.} = 21,74 * 1,143 / 0,97 * 0,98 = 26,07 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

#### 4.5. Розрахунок на міцність

Перевірочний розрахунок ведучого вала КЗП (вал III на кінематичній схемі) механізму приводу зернових висівних апаратів.

Визначити коефіцієнт запасу міцності для небезпечних перетинів вала.

Матеріал вала – сталь 45, з характеристикою (табл. 5.1 [7]) : тимчасовий опір розриву  $\sigma_B = 610 \text{ МПа}$ , межа витривалості при симетричному циклі напружень кручення  $\tau_{-1} = 150 \text{ МПа}$ , коефіцієнт чутливості матеріалу до асиметрії циклу напружень відповідно при згинанні і крученні  $\Psi_\sigma = 0,1$  і  $\Psi_\tau = 0,05$ .

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		



Перевіримо запас міцності по межі витривалості в перерізі (В), як найбільш небезпечному. ( $M_{сум.} = 41200 \text{ Н} \cdot \text{мм}$ ).

Концентрація напружень у цьому перерізі обумовлені наявністю шпоночного пазу для кріплення на валу шестерень (зубчаток).

1. По табл. 5.12 ([7] ст.184) для вала з сталі, яка має  $\sigma_B = 610 \text{ МПа}$  із шпоночними пазами вибираємо величину ефективних коефіцієнтів концентрації відповідно:  $K_\sigma = 1,88$  і  $K_\tau = 1,58$ . Максимальні коефіцієнти при згинанні і крученні для вала  $\varnothing 20 \text{ мм}$ .([7], табл. 5.16) дорівнюють:

$$\varepsilon_\sigma = 0,92, \varepsilon_\tau = 0,82.$$

Коефіцієнти стану поверхні при шорсткості  $R_a = 2,5 \text{ мк}$  ([7], табл. 5.14)

$$K_\sigma^n = K_\tau^n = 1,8.$$

Ефективні коефіцієнти концентрації напружень для даного перерізу вала при згині і крученні у випадку відсутності технологічного зміцнення будуть дорівнювати:

$$K_{\sigma Д} = \frac{K_\sigma + K_\sigma^n - 1}{\varepsilon_\sigma} = \frac{1,88 + 1,18 - 1}{0,92} = 2,24; \quad (4.12)$$

$$K_{\tau Д} = \frac{K_\tau + K_\tau^n - 1}{\varepsilon_\tau} = \frac{1,58 + 1,18 - 1}{0,82} = 2,15. \quad (4.13)$$

2. Визначасмо ефективні коефіцієнти концентрації напружень при згині і крученні вала, обумовлені посадкою маточини шестерні на вал ([7], табл. 5.15). Для  $\sigma_B = 610 \text{ МПа}$  і діаметр вала  $d=20 \text{ мм}$  із згаданої таблиці шляхом інтерполювання знаходимо:  $K_{\sigma Д} = 2,25$  і  $K_{\tau Д} = 1,9$ .

Оскільки в перерізі, який перевіряється діє два концентратора напружень, то при розрахунку враховуємо один з них, той який має більші значення  $K_{\sigma Д}$  і  $K_{\tau Д}$ , тобто приймаємо:

$$K_{\sigma Д} = 2,25; \text{ і } K_{\tau Д} = 2,15.$$

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

3. Визначимо запас міцності для нормальних напружень:

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma - 1}{K_{\sigma D} * \sigma_a * \Psi_{\sigma} * \sigma_M}, \quad (4.14)$$

де  $\sigma_a$  – амплітуда номінальних напружень згину визначається за формулою:

$$\sigma_a = \sigma = \frac{M_{CVM.B}}{W_0} = \frac{41,2 * 10^3}{655} = 62,9 \text{ МПа}. \quad (4.15)$$

тут осьовий момент опору ([7], табл. 5.9) при  $d=20$  мм, дорівнює:  $W_0 = 655 \text{ мм}^3$ .

Для валів напруження згину змінюється за симетричним циклом і

$$\sigma_a = \sigma; \sigma_M = 0.$$

Величину коефіцієнта чутливості матеріалу до асиметрії циклу напружень  $\Psi_{\sigma}$  при згинанні (вибираємо з табл. 5.1 [7]). Для сталі 45  $\Psi_{\sigma} = 0,1$ . Підставимо усі необхідні величини і отримаємо запас міцності для нормальних напружень:

$$n_{\sigma} = \frac{270}{2,25 * 62,9} = 1,9.$$

4. Знаходимо запас міцності для дотичних напружень. Попередньо визначаємо полярний момент опору ([7], табл. 5.9). При  $d=20$  мм приймаємо  $W_p = 1440 \text{ мм}^3$ . Напруження кручення будуть дорівнювати:

$$\tau = \frac{M_{KP\Sigma}}{W_p} = \frac{57 * 10^3}{1440} = 39,6 \text{ МПа}. \quad (4.16)$$

Амплітуда і середнє значення номінального напруження кручення:

$$\tau_a = \tau_M = \frac{\tau}{2} = \frac{39,6}{2} = 19,8 \text{ МПа}. \quad (4.17)$$

Запас міцності для дотичних напружень:

$$n_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau D} * \tau_a + \Psi_{\tau} * \tau_M}, \quad (4.18)$$

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

де  $\psi_\tau$  – коефіцієнт чутливості матеріалу до асиметрій циклу напружень при крученні (вибираємо з табл. 5.1 [7]). Для сталі 45  $\psi_\tau = 0,05$ .

$$\text{Звідки: } n_\tau = \frac{150}{2,15 * 19,8 + 0,05 * 19,8} = 3,44.$$

5. Загальний запас міцності в перерізі **B** становить:

$$n = \frac{n_\sigma * n_\tau}{\sqrt{n_\sigma^2 * n_\tau^2}} = \frac{1,9 * 3,44}{\sqrt{3,61 + 11,83}} = \frac{6,54}{\sqrt{15,44}} = 1,7. \quad (4.19)$$

Оскільки отриманий у результаті розрахунку загальний запас міцності (n) у небезпечному перерізі (B) більше допустимого запасу витривалості [n] (1,7 > 1,6), то можна вважати, що міцність вала забезпечується.

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

Визначимо частоту обертання ходового колеса[5]:

$$n_{xk} = \frac{60(1-E) \cdot V_c}{\pi \cdot D};$$

де E – коефіцієнт проковзування, E=1;

D – діаметр опорно-ходового колеса, D=1,18м

$V_c$  – швидкість сівалки, м/с.

$$n_{xk} = \frac{60(1-0,1) \cdot 2,7}{3,14 \cdot 1,18} = 37,3 \text{ об/хв}$$

Виконаємо розрахунок потужності на ходовому колесі[5]:

$$N_{xk} = \frac{M_k \cdot n_{xk}}{9550}; \quad (4.20)$$

де  $M_k$  – крутний момент на колесі, Нм;

$$N_{xk} = \frac{52,12 \cdot 37,3}{9550} = 7,4 \text{ кВт}$$

Визначаємо окружну швидкість ланцюга:

$$V = \frac{Z \cdot n_{xk} \cdot t}{60 \cdot 100}; \quad (4.21)$$

де Z – кількість зубців ведучої зірочки, шт.;

t – крок ланцюга, мм.

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		





## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів під час використання модернізованої сівалки

Планування заходів із забезпечення безпеки праці базується на попередньому аналізі умов на кожному робочому місці, а також вивченні причин травм та захворювань, що виникали під час виконання сільськогосподарських робіт. Особлива увага приділяється профілактиці виробничого травматизму під час використання сільськогосподарської техніки.

В рослинництві однією з найпоширеніших причин нещасних випадків є наїзди машин на працівників. Подібні ситуації найчастіше виникають при приєднанні або від'єднанні агрегатів до трактора, під час запуску двигуна із увімкненою передачею, при маневруванні техніки на обмежених ділянках, а також при виконанні ремонту без зупинки двигуна[8].

Нерідко причиною травмування є захоплення частин одягу відкритими обертовими елементами, зокрема карданными валами. Додаткові ризики виникають при спробах очистити або відрегулювати робочі органи під час їхнього обертання чи без використання захисного одягу та рукавиць. Різучі частини сівалок можуть спричинити порізи рук, особливо якщо працівник нехтує технікою безпеки[8].

Травмування через падіння також є типовим: зокрема, при спуску з сівалки, трактора, причепа або під час виконання дій у нестійкому положенні. Відомі випадки придавлювання ніг при встановленні зчеплення сівалки з трактором. Також небезпеку становлять опіки, отримані при відкриванні гарячих елементів системи охолодження, наприклад, радіатора.

Часто працівники наражаються на небезпеку через потрапляння пилу, насіння або добрив в очі. Можливі травмування бортами кузова під час відкривання або закриття, удари вантажем або навіть придавлювання сільськогосподарською технікою під час її обслуговування. Окрему небезпеку створює використання зношеного або несправного інструменту.

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		



Особливої уваги потребує захист працівників при роботі з протруєним насінням. Для мінімізації контакту із засобами захисту рослин необхідно здійснювати завантаження сівалки механізованим способом при швидкості не більше 3 м/с. Якщо це неможливо, працівники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту — захисними окулярами, респіраторами типу ШБ-1 або протипиловими масками ПТМ-1.

Таким чином, створення безпечних умов праці на посівному агрегаті досягається поєднанням інженерних рішень, дотриманням санітарно-гігієнічних норм та використанням сучасних засобів індивідуального захисту. Це не лише знижує ризик травматизму, а й підвищує продуктивність праці й загальний комфорт оператора.

5.2.2. Заходи по забезпеченню безпечних умов праці на посівному агрегаті

Під час експлуатації посівного агрегату існує низка потенційно небезпечних ситуацій, що можуть призвести до травмування працівників. Серед них найтипівішими є[8]:

- наїзди агрегату на персонал під час обслуговування або маневрування;
- потрапляння частин тіла чи одягу до обертових механізмів сівалки;
- розбризкування масла з гідросистеми при з'єднанні або роз'єднанні гідравлічних шлангів;
- порізи від гострих деталей конструкції;
- опіки через загоряння паливо-мастильних матеріалів;
- травмування при знаходженні між трактором і сівалкою в момент зчеплення агрегату;
- перевертання агрегату внаслідок порушення правил стійкості під час експлуатації;
- зіткнення з іншими транспортними засобами при русі дорогами загального користування;

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		



Завдяки цим рішенням вдається істотно зменшити кількість виробничих травм і підвищити безпеку експлуатації посівного агрегату в польових умовах.

#### **5.4 Заходи протипожежної безпеки**

Відповідно до вимог ДСТУ та ГОСТ, трактор обов'язково повинен бути оснащений вогнегасником. Його місце розташування має бути таким, щоб оператор міг легко дістати та використати його без застосування будь-якого додаткового інструменту[8].

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		



## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування : підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. „Машини та обладн. с.-г. вир-ва”. Кн. 1: Машини для рільництва/ П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропівний; За ред. М.І. Черновола. Київ : Урожай, 2001. 384 с.
2. Ільченко В.Ю. та ін. Практикум з використання машин у рослинництві. Дніпропетровськ, 2002.
3. Бондаренко М.Г., Демещук В.А. Комплектування і використання МТП в рослинництві. Київ : Вища школа, 1995.
4. Сільськогосподарські та меліоративні машини : підручник / Д.Г.Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. Київ: Вища освіта, 2004. 544 с.
5. Проектування сільськогосподарських машин : навч. посібник для виконання курсових проектів з розробки с.-г. техніки при підготовці фахівців напряму 6.100202 «Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва» / І.М. Бендера, Я.В. Козій, А.В. Рудь та ін. ; за ред. І.М. Бендери, А.В. Рудя, Я.В. Козія. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О.В., 2011. 640 с.
6. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навч. посібник для студ. машинобуд. спец. усіх форм навчання / А. В. Гайдамака. Харків : НТУ «ХПІ», 2020. 275 с.
7. Павлице В.Г. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: підручник. К.: Вища шк., 1993. 556с.
8. Зеркалов Д.В. Охорона праці в галузі: Загальні вимоги : навч. посібник. Київ : «Основа», 2011. 551 с.

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

**ДОДАТКИ**

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		