

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

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

УДК 631.3.03

РЕНКАС БОГДАН ОЛЕГОВИЧ

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ПРОЄКТ ТЕХНІЧНОГО ПРОЦЕСУ СІВБИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР З
МОДЕРНІЗАЦІЄЮ ЗЕРНОВОЇ СІВАЛКИ**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

Кваліфікаційна робота містить результати власних розробок. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Б. О. Ренкас

Керівник роботи

Заєць М. Л.

кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2023

АНОТАЦІЯ

Ренкас Богдан Олегович. Проєкт технічного процесу сівби зернових культур з модернізацією зернової сівалки. – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

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

Проєкт присвячений розробці технічних параметрів процесу сівби насіння зернових та технічних культур, використавши модернізовану посівну машину з покращеними якісними та конструкційними показниками.

В процесі виконання розробки поставлених завдань, проведено аналіз конструктивних особливостей зернових сівалок. Встановлено основні недоліки та проблеми при їх експлуатації. Запропоновано модернізація посівної машини, шляхом встановлення додаткового обладнання, що підвищить ефективність процесу заробки насіння в ґрунт на однакову глибину.

Розраховано оновлені технічні показники роботи посівного агрегату, що доводить ефективність запропонованих рішень. Проведено проектування технологічних і техніко-економічних параметрів процесу сівби. Здійснивши розрахунок та порівняльний аналіз аналогічного процесу сівби зернових культур можна зробити висновок, що запропоновані конструкційні зміни машини та отримані нові експлуатаційні дані доодять правильність прийнятих рішень в роботі.

Ключові слова: сівба, посіна машина, сошник, вирівнювач, насіннєпровід, технологічний процес, параметри сівалки.

ABSTRACT

Bohdan Renkas. The project of the technical process of sowing grain crops with the modernization of the grain seeder. - Qualification work on manuscript rights.

Qualification work for obtaining the first bachelor's degree in specialty 208 Agricultural engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2023.

The project is devoted to the development of technical parameters of the process of sowing seeds of grain and industrial crops, using a modernized sowing machine with improved quality and design indicators.

In the process of developing the set tasks, an analysis of the design features of grain drills was carried out. The main shortcomings and problems in their operation have been identified. It is proposed to modernize the sowing machine by installing additional equipment that will increase the efficiency of the process of sowing seeds into the soil at the same depth.

The updated technical performance indicators of the sowing unit were calculated, which proves the effectiveness of the proposed solutions. The design of technological and technical and economic parameters of the sowing process was carried out. Having carried out the calculation and comparative analysis of a similar process of sowing grain crops, it can be concluded that the proposed design changes of the machine and the obtained new operational data will confirm the correctness of the decisions made in the work.

Key words: sowing, sowing machine, coulter, leveler, seed line, technological process, seeder parameters.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА РОБОТИ	
1.1. Обґрунтування модернізації сівалки СЗ-3,6	7
1.2 Розрахунки на міцність елементів сівалки.....	11
Висновки до розділу 1.	14
2. ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СІВБИ	
2.1. Умови роботи.....	15
2.2 Кінематичні характеристики агрегату.....	19
Висновки до розділу 2.	22
3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТУ	
3.1. Техніко-економічні показники конструктивної частини проекту....	24
Висновки до розділу 3.....	29
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	30
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	31
ДОДАТКИ	33

ВСТУП

Актуальність теми. Сівба зернових культур являється однією з найважливішою техоперацією, що потребує від засобів та машин, які проводять її, досить високої точності та підготовки до виконання. Оскільки від якості закладання насіння буде залежати майбутні врожай. Особливу увагу приділяють заробці насіння за захватом машини та глибині заробки по ходу руху МТА. Дані показники досить важко витримати в заданих значеннях в силу багатьох змінних факторів, таких як, твердість, вологість, структурний склад ґрунту тощо. Механізми сівалок, що забезпечують рівномірність сівби зерна, по різному витримують регульовані значення параметрів, тому розширення регульованих значень системи підвіски є досить непростою, але актуальною інженерною задачею.

Тому метою даної кваліфікаційної роботи є модернізація системи підвіскиробних органів сівалки та розробка засобів реалізації процесу сівби зернових культур, шляхом проектування нової системи та модернізації машини.

Для виконання поставленої мети, слід виконати наступні задачі:

1. Провести аналіз недоліків штатної системи підвіски сошників сівалок типу СЗ;
2. Провести модернізацію механізму контролю та встановлення глибини сівби;
3. Виконати розрахунок технологічних параметрів процесу заробки насіння;
4. Виконати конструкторську розробку запропонованої модернізації зернової сівалки.

Об'єкт розробки - технологічний процес заробки насіння в ґрунт.

Предмет розробки –конструкційні параметри системи підвіски сошників та додаткового обладнання.

Методи, які застосовувались при виконанні. Проектування параметрів машини та процесу проводилось із застосуванням способів механіко-технологічного та математичного розрахунку, розрахунок деталей машин і механізмів, числові способи розв'язку задач.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Ренкас Б. О. Удосконалення конструкційно-технологічного параметрів зернової сівалки / Б. О. Ренкас, М. Л. Заєць // Зб. тез доп. наук.-практ. конф. I-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей. 18 січня 2023 р. Житомир: Поліський національний університет, 2023. С. 39-43.
2. Заєць М. Л. Результати польових випробувань сівалки для безрядної сівби / М. Л. Заєць, Б. О. Ренкас // Зб. Тез IX Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» 5 квітня 2023 р. Житомир: ЖАТФК, 2023. С.29-32.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 19 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 33 сторінок комп'ютерного тексту, 4 рисунків та 1 таблиця.

1. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА РОБОТИ

1.1 Обґрунтування модернізації сівалки СЗ-3,6

Основна агротехнологічна вимога процесу сівби є забезпечення рівномірності сівби по глибині заробки, та розподіл насіння незалежно від способу сівби за шириною захвату машини. Глибина заробки насіння як критерій оптимізації визначається: твердістю, вмістом вологи, структурологічним складом ґрунту та його фізико-технологічними властивостями, технологічними та біологічними параметрами насіння, і типом засобів реалізації сівби. [6,8]

Параметри глибини закладання насіння зернових колосових культур знаходиться в діапазоні від 4 ... 10 см, в залежності від фізико-технологічних параметрів ґрунту та якості передпосівної підготовки. При сівбі на важких умовах 4...5 см, при суглинках – 5...6 см, на легких супіщаних ґрунтах – 6...7 см. В умовах засушливих і на пересушених ґрунтах глибина заробки зростає до 10 см. [7,8]

Основною агротехнологічною вимогою по глибині заробки насіння, воно повинно бути зароблене на однакову глибину. Недотримання цієї вимоги, спонукає до недоотримання врожаю, шляхом нерівномірності сходів, появу нерівномірного дозрівання зерна через конкуренцію, що відтягує терміни збирання врожаю та знані втрати при комбайнуванні. [7,8]

З метою поєднання технологічних операцій передпосівного обробітку і сівби в проекті пропонується встановити на сівалку модернізований вирівнювач ґрунту (рис.1.1), що являє собою, сталевий вирівнювач загнутими верхньою та нижньою частинами проти напрямку руху машини. Робочий орган встановлюється фронтально по напрямку руху посівного МТА і під кутом до горизонтальної поверхні.

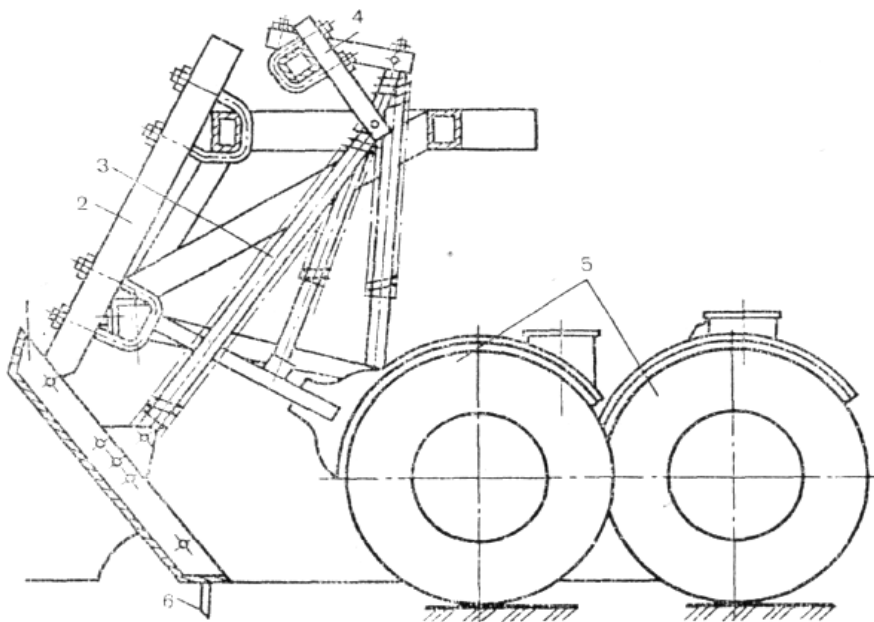


Рис. 1.1. Схема встановлення вирівнювача ґрунту

1 – вирівнювач; 2 – стійка; 3 – штанга; 4 – кронштейн; 5 – сошник; 6 – зуб.

Під час роботи машини вирівнювача нижньою поверхнею знімає нерівності і вирівнює поверхню ґрунту за шириною захвату сівалки. Нижня крайка вирівнювача обладнана зубами від зубової борони БЗСС-1,0. Регулювання по висоті встановлення вирівнювача, відбувається перестановленням по отворах кронштейнів та штанги 3.

Штанга натискна 3 в верхній частині приєднана до вісі підйому сошників, а тому при переведенні сошників сівалки в транспортне положення, вирівнювач обертається навколо кронштейна його кріплення. З метою ліпшого копіювання поверхні поля вирівнювач виготовлено секціями.

Зміною положення кронштейнів кріплення по стійці 2, дає можливість регулювати висоту встановлення та кут встановлення вирівнювача ґрунту.

Довготривала експлуатація сівалки призводить до втрати пружних властивостей притискних пружин стійок, що призводить до зменшення сили, яка притискає сошники, і як наслідок недотримання глибини заробки насіння і на

одних і тих же отворах в штангах не можливо забезпечити однакове зусилля занурення сошників у ґрунт.

З метою плавного регулювання зусилля заглиблення глибини ходу сошників запропоновано пристрій, показано на (рис. 1.2.)

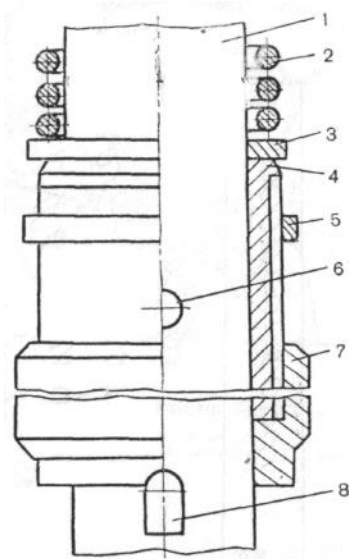


Рис. 1.2 Регулювання глибини заробки сошників

1 – штанга сошника; 2 – притискна пружина; 3 – регульовальна гайка; 4 – різьбовий механізм; 5 – контргайка; 6 – отвір для фіксації; 7 – корпус-стакан; 8 – фіксатор.

Механізм регулювання глибини ходу сошників виготовлено способом гвинтового стакану зі різьбовою циліндричною вставкою поміж упорною шайбою і фіксатором. Під час виконання сівби положення фіксатора 8 потрібно змінити в одному із отворів штанги 1.

Регулювання положення різьбової вставки 4, відбувається безступінчасто відносно стакану 7, що не змінює своє положення, таким чином регулюють необхідне зусилля притискання пружини. Величину зусилля контролюють за допомогою динамометра. Під час зміни регулювання різьбову пару елементів необхідно змастити. Надійно утримувати глибину сошників вдається завдяки самогальмівним властивостям даного механізму.

В процесі проведення сівби зернових культур, сошники можуть забиватися грудками і рослинними рештками, що призводить до зупинки процесу сівби та утворення на площі просівів. З метою уникнення цього в роботі запропонована конструкція конекторів, за допомогою яких сошники з'єднуються з насіннепроводами. Від стандартних накінецьників вони відрізняються тим, що мають звуження верху (рис. 1.3), та виконаний в ньому резервний отвір, який дозволяє при обмеженні руху насіння компенсувати норму висіву.

Дані конектори встановлюють в сошники замість стандартних та фіксують за допомогою хомутів. Розроблені конектори з резервними отворами для насіння повинні встановлюватись в сторону задньої частини підсошникового простору сошників.

Доведено, що застосування запропонованих пристроїв дозволяє зменшити втрати 10 % насіння, шляхом запобігання потрапляння насіння на поверхню поля.

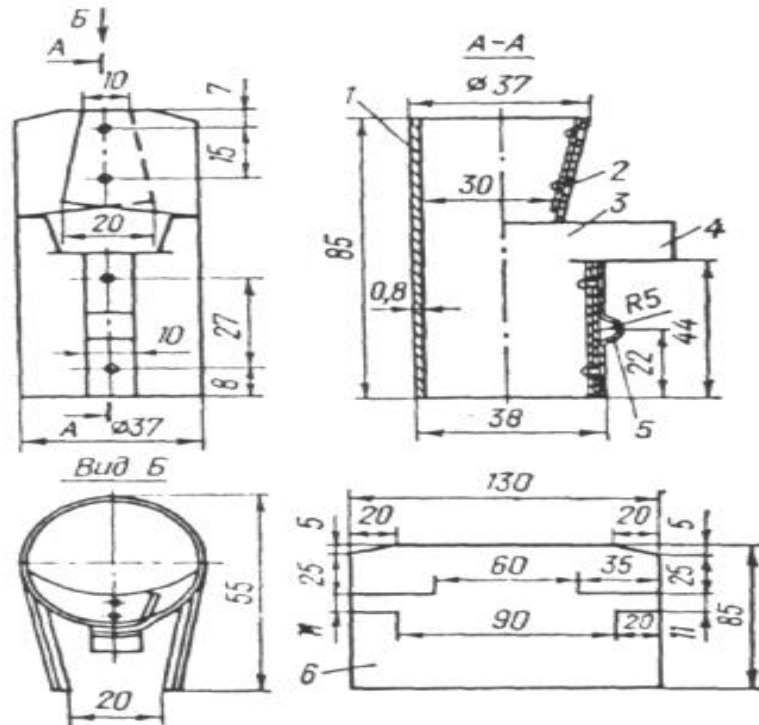


Рис. 1.3. Конектор сошника з насіннепроводом

1 – конектор; 2 – клепка; 3 – отвір; 4 – пластина направляча; 5 – фіксатор; 6

– розгортка направляча.

1.2 Розрахунки на міцність елементів сівалки

Кінематичний аналіз механізму підняття вирівнювачів сівалки СЗ-3,6М.

Розрахунок зусилля, яке потребується для підйому вирівнювачів при транспортних переїздах. Вихідними даними є сила ваги вирівнювача $Q = 2,7$ кН.

Зусилля підйому знаходиться з такого співвідношення

$$Q \cdot L_Q = P \cdot L_P \quad (1.1)$$

звідки

$$P = \frac{Q \cdot L_Q}{L_P} \quad (1.2)$$

де Q – вага, кН.;

L_Q – відстань між полюсом П і точкою прикладання сили ваги, м;

L_P – відстань між полюсом і точкою прикладання зусилля, мм;

План швидкостей побудований в масштабі 1:10 до розрахункової схеми.

Отже визначимо відстані в різних положеннях механізму:

Положення I:

$$L_Q^I = 520 \text{ мм};$$

$L_P = 250$ мм, тоді зусилля на підняття вирівнювачів

$$P = \frac{2,7 \cdot 520}{250} = 5,62 \text{ кН};$$

Положення II:

$$L_Q^{II} = 530 \text{ мм};$$

$L_P = 320$ мм, тоді зусилля на підняття

$$P = \frac{2,7 \cdot 530}{320} = 4,47 \text{ кН};$$

Положення III:

$$L_{Q}^{III} = 535 \text{ мм};$$

$L_{P}^{III} = 350 \text{ мм}$, тоді зусилля на підняття

$$P = \frac{2,7 \cdot 535}{350} = 4,13 \text{ кН};$$

Розрахунок та перевірка на міцність шпонкового з'єднання механізму підняття сошників. Шпонкові з'єднання служать в основному для передачі крутних моментів. Призматичні шпонки отримали найбільш широке застосування. Розрахунок призматичних шпонкових з'єднань доводиться до перевірки шпонки на напруження згинання $[\sigma]_{зм}$, та в особливо відповідальних випадках на напруження зрізу $[\tau]_{зр}$; крутний момент, який передається через

з'єднання $T = 80 \text{ Н} \cdot \text{м}$; вал – Сталь 40Х, $D = 24 \text{ мм}$, маточина СЧ-15-32. [1,2]

Умова міцності при перевірці шпонки на згинання має такий вигляд: [2]

$$\sigma_{зм} = \frac{F_{зм}}{A_{зм}} = \frac{4 \cdot T}{h \cdot l_p \cdot d} \leq [\sigma]_{зм}. \quad (1.3)$$

де $F_{зм}$ – зминаюча сила, Н;

$A_{зм}$ – площа зминання, м^2 ;

h – висота шпонки, мм;

l_p – робоча довжина шпонки, мм; для призматичної шпонки $l_p = l$;

l – довжина шпонки, мм;

$[\sigma]_{зм}$ – допустиме напруження зминання, МПа;

для сталевих валів $[\sigma]_{сі} = 150 \dots 200 \text{ МПа}$; [3]

для чавунних маточин $[\sigma]_{сі} = 60 \dots 100 \text{ МПа}$ [3]

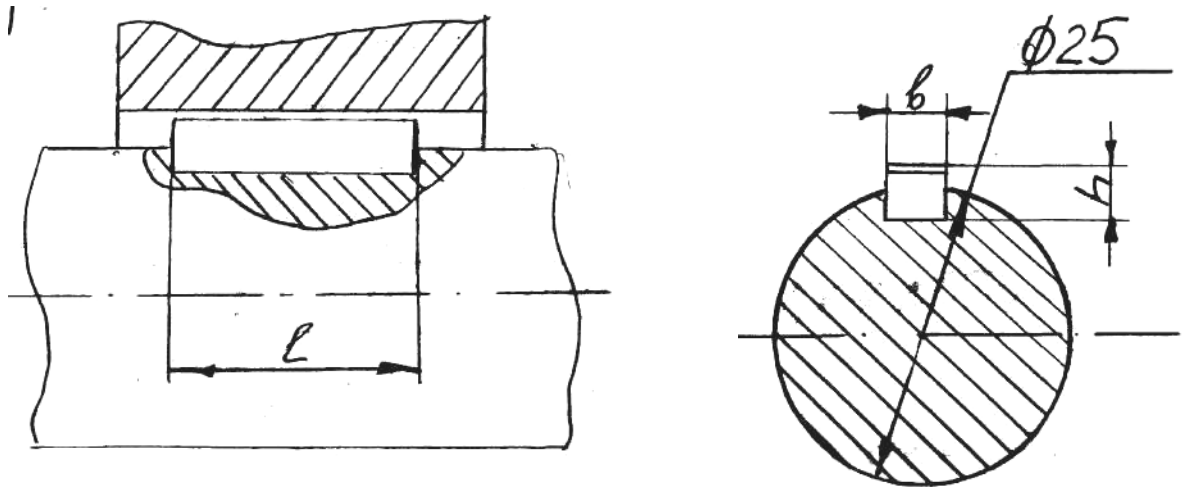


Рис. 1.4 Схема з'єднання вал-маточина

Прийемо шпонку для вала 24 мм:

$$b=8\text{мм}, h=7\text{мм}, l=40\text{мм};$$

$$\sigma_{зм} = \frac{4 \cdot 80}{0,008 \cdot 0,04 \cdot 0,024} = 41,67 \text{ МПа.}$$

Напруження зминання вибрана шпонка має запас.

Перевірка на зріз за умови: [4]

$$\tau_{зр} = \frac{2T}{b \cdot l \cdot d} \leq [\tau]_{зр}, \text{ МПа} \quad (1.4)$$

$[\tau_{зр}]$ – допустимі напруження на зріз.

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot 80}{0,008 \cdot 0,04 \cdot 0,024} = 20,8, \text{ МПа.}$$

Допустимі напруження на зріз: [4]

Для сталі $[\tau]_{зр} = 60 \dots 90 \text{ МПа}$,

Для чавуну $[\tau]_{зр} = 40 \dots 60 \text{ МПа}$.

Отже, розрахована шпонка відповідає умовам міцності, її й приймаємо шпонка $8 \times 7 \times 400$ ГОСТ 8789-68. [4,5].

Висновки до розділу 1.

З метою поєднання технологічних операцій передпосівного обробітку і сівби в проекті пропонується встановити на сівалку модернізований вирівнювач ґрунту, що являє собою, сталевий вирівнювач загнутими верхньою та нижньою частинами проти напрямку руху машини. Робочий орган встановлюється фронтально по напрямку руху посівного МТА і під кутом до горизонтальної поверхні.

Під час проведення сівби зернових культур, сошники піддаються забиванню, що призводить до зупинки процесу сівби та утворення на площі просівів. З метою уникнення цього в роботі запропонована конструкція конекторів, за допомогою яких сошники з'єднуються з насіннепроводами. Від стандартних накінецьників вони відрізняються тим, що мають звуження верху, та виконаний в ньому резервний отвір, який дозволяє при обмеженні руху насіння компенсувати норму висіву.

Розрахунок та перевірка на міцність шпонкового з'єднання механізму підняття сошників. Підтвержує обрання призматичних шпонок та доводить його достатню міцність згідно напруження згинання $[\sigma]_{зм}$, та в особливо відповідальних випадках на напруження зрізу $[\tau]_{зр}$; крутний момент, який передається через з'єднання $T = 80 \text{ Н} \cdot \text{м}$; вал – Сталь 40Х, $D = 24 \text{ мм}$, маточина СЧ-15-32.

2. ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СІВБИ

2.1. Умови роботи. Агрофон 4 – поле підготовлене до сівби. Довжина поля – 840 м. і – 2%. Питомий опір: становить – 1,5 кН/м, вирівнювача – 0,4 кН/м. Склад МТА: трактор МТЗ-920 і сівалка СЗ -5,4М.

Обиремо діапазон допустимих швидкостей руху посівного МТА. Для сівалки СЗ-5,4 він становить 8-12 км/год. [15]. В цьому діапазоні трактор МТЗ-920 має дві передачі підвищеного діапазону: другу і третю, для яких $V_{T2} = 9.0$ км /год., $V_{T3} = 11,1$ км /год.

Визначимо дотичну силу тяги трактора на вибраних передачах за формулою: [15]

$$P_{\partial} = \frac{9.954 N i_{TP} \eta_{TP}}{n_n r_k}, \quad (2.1)$$

де P_{∂} – дотична сила тяги трактора на певній передачі, кН;

N – ефективна потужність двигуна, кВт;

i_{TP} – передаточне число трансмісії;

η_{TP} – ККД трансмісії;

n_n – номінальна частота обертання колінчастого валу двигуна, хв^{-1} ;

r_k – дійсний радіус ведучих коліс трактора, м.

Дійсний радіус ведучих коліс трактора можна визначити за формулою: [17]

$$r_k = r_0 + \lambda h, \quad (2.2)$$

де r_0 – радіус обода колеса, м;

λ – коефіцієнт радіальної деформації шини;

h – висота шини, м.

У ведучих коліс трактора МТЗ-920 $r_0 = 0,483$ м, $h = 0,305$ м. Коефіцієнт радіальної деформації шини (на полі, підготовленому до сівби) $\lambda = 0,8$.

Тоді, $r_k = 0,483 + 0,8 \cdot 0,305 \approx 0,73$ м.

У трактора МТЗ-920: $N = 54,2$ кВт; $n_n = 1850$ об /хв.; $\eta_{TP} = 0,90$; передаточні відношення трансмісії $i_{TP2} = 52,3$, $i_{TP3} = 42,7$.

Тоді, дотична сила тяги на другій передачі:

$$P_{\partial 2} = \frac{9.954 \cdot 54.2 \cdot 52.3 \cdot 0.90}{1750 \cdot 0.73} = 16,2 \text{ кН},$$

на третій передачі:

$$P_{\partial 3} = \frac{9.954 \cdot 54.2 \cdot 42.7 \cdot 0.90}{1750 \cdot 0.73} = 13,2 \text{ кН}.$$

Визначимо силу зчеплення рушіїв трактора з фоном за формулою:

$$F = \mu G \gamma, \quad (2.3)$$

де μ – коефіцієнт зчеплення рушіїв трактора з фоном;

G – вага трактора, кН;

γ – коефіцієнт, який показує частину ваги трактора, що передається на рушії.

Для трактора $\gamma = 2/3$. Вага трактора $G = 33.3$ кН. На полі підготовленому до сівби $\mu = 0.6$. Отже,

$$F = 0,6 \cdot 33,3 \cdot 2/3 = 13,5 \text{ кН}.$$

Знайдемо рушійну силу P_p . Для цього порівняємо числові значення P_{∂} і F на вибраних передачах. Оскільки P_{∂} дорівнює меншій з них, то будемо мати, що на другій передачі $P_{p2} = F = 13.5$ кН, тому що $F = 13.5$ кН < $P_{\partial 2} = 16.2$ кН, а на третій $P_{p3} = P_{\partial 3} = 13.2$ кН, тому що $P_{\partial 3} = 13.2$ кН < $F = 13.5$ кН. Отже, $P_{p2} = 13.5$ і $P_{p3} = 13.2$ кН.

Визначимо зусилля трактора на гаку за формулою: [17]

$$P_T = P_p - G \left(f + \frac{i}{100} \right), \quad (2.4)$$

де f – коефіцієнт опору перекочування трактора.

На полі, підготовленому до сівби, $f = 0.16$.

Тоді сила тяги трактора на другій передачі:

$$P_{T2} = 13.5 - 33.3(0.16 + \frac{2}{100}) = 7.5 \text{ кН},$$

на третій:

$$P_{T3} = 13.2 - 33.3(0.16 + \frac{2}{100}) = 7.3 \text{ кН}.$$

Визначимо робочі швидкості агрегату на вибраних передачах. Для цього визначимо спочатку безрозмірний трактор p :

$$P = \frac{P_T \cdot k}{F}, \quad (2.5)$$

де P – безрозмірний трактор для визначення буксування трактора;

k – коефіцієнт використання тягового зусилля трактора. $k = 0.75 \div 0.85$.

Приймаємо $k = 0.8$.

При русі трактора на другій передачі параметр P буде становити:

$$P = \frac{7.5 \cdot 0.8}{13.5} = 0.45.$$

Це відповідає буксуванню рушіїв трактора $\delta = 8.9\%$.

Відповідно при русі трактора на третій передачі

$$P = \frac{7.3 \cdot 0.8}{13.5} = 0.43 \text{ і } \delta = 8.8\%.$$

Визначимо робочі швидкості руху трактора на вибраних передачах за формулою:

$$V_T = V_T(1 - \frac{\delta}{100}) \quad (2.6)$$

Отже робочі швидкості трактора на вибраних передачах будуть становити:

на другій

$$V_{p2} = 9(1 - \frac{8.9}{100}) = 8.2 \text{ км /год},$$

на третій

$$V_{P3} = 11.1 \left(1 - \frac{8.8}{100}\right) = 10.1 \text{ км / год.}$$

Визначимо питомий опір сівалки на вибраних передачах:

$$k = k_0 [1 + \Delta(V_p - V_0)], \quad (2.7)$$

де k – питомий опір сівалки на швидкості руху 5 км / год, кН / м;

Δ – темп приросту питомого опору, в частка одиниці;

V_0 – 5 км / год. Темп приросту питомого опору $\Delta = 0.03$.

Оскільки сівалка обладнана пристроєм для вирівнювання ґрунту, то питомий опір при швидкості 5 км / год становить:

$$k_0 = k_{01} + k_{02}, \quad (2.8)$$

де k_{01} , k_{02} – відповідно, питомий опір вирівнювача і сівалки. $k_{01} = 0.4$ кН/м і

$k_{02} = 1.5$ кН / м. Тоді $k_0 = 0.4 + 1.5 = 1.9$ кН / м.

Отже, питомий опір сівалки на вибраних передачах становить:

на другій $k_2 = 1.9[1 + 0.03(8.2 - 5)] = 2.0$ кН/м,

на третій $k_3 = 1.9[1 + 0.03(10.1 - 5)] = 2.2$ кН / м.

Визначимо тяговий опір агрегату на зазначених передачах:

$$R_a = k B_k, \quad (2.9)$$

де B_k – конструктивна ширина захвату, м.

Тяговий опір агрегату становить:

на другій передачі

$$Ra_2 = 2.0 \cdot 3.6 = 7.2 \text{ кН,}$$

на третій

$$Ra_3 = 2.2 \cdot 3.6 = 7.9 \text{ кН.}$$

Визначимо фактичний ступінь завантаження трактора за тяговим зусиллям:

$$\eta = Ra / P_T. \quad (2.10)$$

Виходячи із даних попередніх розрахунків, маємо:

$$\Delta \eta_2 = \frac{7.2}{7.5} = 0.96,$$

$$\eta_3 = \frac{7.9}{7.3} = 1.1.$$

Раціональне значення коефіцієнта використання тягового зусилля трактора на сівбі становить 0.93...0.96.

2.2 Кінематичні характеристики агрегату

На сівбі агрегати рухаються човниковим способом, при якому в кінці поля здійснюють грушовидні петльові повороти. Робочу довжину гону при цьому можна визначити за формулою: [15]

$$L_p = L - 2E, \quad (2.11)$$

де L – довжина гону поля, м;

E – ширина розворотної смуги, м.

При петльових поворотах мінімальна ширина поворотної смуги: [15]

$$E_{\min} = 3R + l, \quad (2.12)$$

де R – радіус повороту агрегату, м;

l – довжина виїзду, м.

Оскільки в нашому випадку агрегат односівалковий, то $R = 1.6 B_p$ [5].

Для причіпних посівних агрегатів

$$l = 0.5l_k, \quad (2.13)$$

де l_k – кінетична довжина агрегату, м.

Для односівалкового агрегату [15]

$$l_k = l_T + l_c, \quad (2.14)$$

де l_T, l_c – відповідно, кінематична довжина трактора і сівалки, м.

Кінематична довжина трактора МТЗ-920 $l_T = 1.3$ м, сівалки СЗ-3,6М $l_c = 3.5$ м. [15]

Згідно (2.14) і (2.13), маємо

$$l_k = 1.3 + 3.5 = 4.8 \text{ м, а}$$

$$l = 0.5 \cdot 4.8 = 2.4 \text{ м.}$$

Мінімальна ширина поворотної смуги [15]

$$E_{\min} = 3 \cdot 1.6 \cdot 3.6 + 2.4 = 19.7 \text{ м.}$$

Фактична ширина розвортної смуги має становити більше E_{\min} і кратна ширині захвату агрегату. Прийmemo, що ширина поворотної смуги кратна 6 проходам агрегату і, таким чином, буде становити $3,6 \cdot 6 = 21,6$ м.

Тоді згідно (2.11), будемо мати:

$$L_p = 840 - 2 \cdot 21.6 \approx 797 \text{ м.}$$

Визначимо коефіцієнт робочих ходів:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x}, \quad (2.15)$$

де L_x – довжина холостого ходу, м.

$$L_x = 6R + 2l. \quad (2.16)$$

Тоді, $L_x = 6 \cdot 1.6 \cdot 3.6 + 2 \cdot 2.4 \approx 40$ м, а $\varphi = \frac{797}{797 + 40} = 0.952$.

Норму виробітку агрегату можна визначити за формулою:

$$H = 0.1 B_p V_p T_p, \quad (2.17)$$

де T_p – чистий робочий час протягом зміни, год.

$$T_p = \frac{T_{3M} - (T_1 + T_2 + T_3)}{1 + \tau_n + \tau_{T0}}, \quad (2.18)$$

де T_{3M} – тривалість зміни, год, $T_{3M} = 7$ год;

T_1 – підготовчо-заключний час, який витрачається то щозмінного то, підготовку до переїздів, переїзди і т. д., приймаємо $T_1 = 45$ хв;

T_2 – час організаційно-технічного обслуговування агрегату в загінці, приймаємо $T_2 = 10$ хв;

T_3 – витрати часу на індивідуальні потреби оператора та допоміжних працівників, год., $T_3 = 30$ хв.

τ_n – коефіцієнт поворотів;

τ_{T0} – коефіцієнт технологічного обслуговування агрегату.

Коефіцієнт поворотів можна визначити за формулою:

$$\tau_n = t_n \frac{16.6Vp}{Lp}, \quad (2.19)$$

де t_n – тривалість часу одного повороту, хв..

Тривалість повороту односівалкового агрегату становить 0,45 хв. [6].

Підставляючи у (19) відповідні числові значення, одержимо:

$$\tau_n = \frac{0,45 \cdot 16,6 \cdot 8,2}{797} = 0,077$$

$$\tau_{T0} = \frac{t_3 W U}{60 V n \rho \psi}, \quad (2.20)$$

де t_3 – тривалість одного завантаження агрегату насінням, хв, $t_3 = 4$ хв;

$W = 0.1 BpVp$ – годинна продуктивність посвного машино-тракторного агрегату, га / год;

U – норма висіву насіння, кг / га, $U = 220$ кг / га;

V – місткість насінневого ящика сівалки, м³, $V = 0.453$ м³;

n – кількість машин в агрегаті;

ρ – насипна маса насіння, кг / м³, $\rho = 700$ кг / м³ ;

ψ – коефіцієнт використання місткості насінневого ящика, $\psi = 0.8-0.9$.

Приймаємо $\psi = 0.85$.

$$\tau_{T0} = \frac{4 \cdot 0.1 \cdot 3.6 \cdot 8.2 \cdot 220}{60 \cdot 0.453 \cdot 1 \cdot 700 \cdot 0.85} = 0.161.$$

Підставляючи в (18) значення складових, будемо мати:

$$T_p = \frac{420 - (45 + 10 + 30)}{1 + 0.077 + 0.161} = 270.6 \text{ хв. або } 4.51 \text{ год.}, \text{ а}$$

$$H = 0.1 \cdot 3.6 \cdot 8.2 \cdot 4.51 = 13.3 \text{ га.}$$

Таким чином, норма виробітку агрегату становить 13.3 га.

Визначимо норму витрат палива:

$$g = \frac{G_p T_p + G_{п} T_{п} + G_{пер} T_{пер} + G_3 T_3}{H}, \quad (2.21)$$

де $G_p, G_{п}, G_{пер}, G_3$ – витрати палива за годину роботи відповідно на основній роботі, поворотах, переїздах, зупинках, кг/год.;

$T_{п}, T_{пер}, T_3$ – витрати часу на повороти, переїзди, тривалість зупинок з працюючим двигуном, год.

$G_p = 12,1$ л/год.; $T_p = 4,51$ год.; $G_{п} = 7,3$ л/год.; $T_{п} = T_p \tau_{п} = 4,51 \cdot 0,077 = 0,35$ год.; $G_{пер} = 6$ л/год.; $T_{пер} = 0,33$ год.; $G_3 = 1,7$ л/год.; $T_3 = 4,51 \cdot 0,161 + 0,67 = 1,4$ год.

$$g = \frac{12,1 \cdot 4,51 + 7,3 \cdot 0,35 + 6,0 \cdot 0,33 + 1,7 \cdot 1,4}{13,0} = 4,6 \text{ л/га.}$$

Висновки до розділу 2.

1. Визначено питомий опір: сівалки становить – 1,5 кН/м, вирівнювача – 0,4 кН/м. Склад МТА: трактор МТЗ-920 і сівалка СЗ -5,4М. Обирано діапазон допустимих швидкостей руху посівного МТА. Для сівалки СЗ-5,4 він становить 8-12 км/год. В цьому діапазоні трактор МТЗ-920 має дві передачі підвищеного діапазону: другу і третю, для яких $V_{T2} = 9.0$ км /год., $V_{T3} = 11,1$ км /год.
2. Розраховано питомий опір сівалки на вибраних передачах, що становить:
3. на другій $k_2 = 1.9[1 + 0.03(8.2 - 5)] = 2.0$ кН/м, на третій $k_3 = 1.9[1 + 0.03(10.1 - 5)] = 2.2$ кН / м. Тяговий опір агрегату становить: на другій передачі $Ra_2 = 2.0 \cdot 3.6 = 7.2$ кН, на третій $Ra_3 = 2.2 \cdot 3.6 = 7.9$ кН.

Визначено фактичний ступінь завантаження трактора за тяговим зусиллям:
 $\eta=0,96$.

4. Обґрунтовано кінематичні характеристики агрегату, на сівбі агрегат рухається човниковим способом, при якому в кінці поля здійснює грушовидні петльові повороти. Робоча довжина загінки при цьому становить $L=797$ м мінімальна ширина поворотної смуги $E_{\text{мін}}= 19,7$ м

3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТУ

3.1. Техніко-економічні показники конструктивної частини проекту

Доцільність впровадження проектних рішень потрібно встановити ефективність прийнятих значень. Удосконалення в роботі не мають поступатись базовому варіанту, а й перевищувати його за ефективністю.

Визначення техніко-економічних даних, що доводять ефективність використання агрегатів на механізованих роботах, в основному виконують розрахунки питомих експлуатаційних витрат, а також затрат на виконання. Встановлено економічну вигоду від модернізації сівалки СЗ-5,4М, зміни якої у встановленні на аналогічній машині ґрунторозрівнювача та розробленого пристрою для забезпечення однакової глибини заробки сошниками. Що дозволить заощадити до 10% технологічного та посівного матеріалу, і унеможливило потрапляння насіння за межі дозволеної зони надходження.

За базовий агрегат приймаємо агрегат, який включає трактор МТЗ-920 і серійну сівалку СЗ-5,4. Новий варіант включає трактор МТЗ-920 в агрегаті з удосконаленою сівалкою СЗ-5,4 М. Базовий і новий агрегат має однакову продуктивність рівну 1,9 га/год. Витрати палива у базового варіанту становлять 4,0 л/га, а у проектного 4,6 л/га (зростання за рахунок встановлення на сівалці додаткового робочого органу).

Балансова вартість сівалки АСТРА (СЗ-5,4) становить – 127500 грн. Річне навантаження машини норматив становить - 160 год. Відрахування на: амортизацію і відновлення - 12,5 %, технічне обслуговування, ремонт – 7%. [17]

Балансова вартість МТЗ-920 складає - 535000 грн. Річне навантаження трактора норматив становить 1600 год. На амортизацію – 10%, капітальний ремонт – 5 %, поточний ремонт і технічне обслуговування – 12,7 %. [17]

Модернізація машини спричинить збільшення її балансової вартості. Застосуємо пропорційний метод визначення вартості проектної сівалки. Оскільки модернізована машина в конструкції і технологічному процесі аналогічна серійному прототипу СЗ –5,4, вага складає 14 кН. Вага модернізованого посівного агрегату зростає на масу запронованого обладнання та механізмів регулювання, що сягає 1,85 кН (див. графічну частину). Тоді, ціна удосконалення буде становити 13370 грн., а вартість удосконаленої сівалки 140870 грн.

Базовий і новий агрегат обслуговує один оператор та один допоміжний персонал. Розрахунок заробітної плати оператору проводять по 5 розряду тарифної сітки.

Визначимо затрати праці на виконання технологічної операції: [17]

$$z_{\text{п}} = \frac{m}{W_{\text{г.ек}}} \quad (3.1)$$

де m – кількість основних та допоміжних працівників.

Затрати праці при виконанні базовим і новим агрегатом становлять

$$(z_{\text{п}})^{\text{н}} = (z_{\text{п}})^{\text{б}} = \frac{2}{1,9} = 1,05 \text{ люд.-год./га}$$

Питомі, прямі експлуатаційні витрати $C_{\text{пит}}$ грн./га, на виконання механізованих робіт визначається за формулою: [17]

$$C_{\text{пит}} = C_{\text{оп}} + C_{\text{пмм}} + C_{\text{ра}} + C_{\text{кто}} \quad (3.2)$$

де $C_{\text{оп}}$ – питомі експлуатаційні витрати на заробітну плату оператору та доп. персоналу, грн./га;

$C_{\text{пмм}}$ – вартість витрачених паливо-мастильних матеріалів, грн./га;

$C_{\text{ра}}$ – амортизаційні відрахування при роботі машинно-тракторного агрегату грн./га;

$C_{\text{кто}}$ – відрахування на поточний і капітальний ремонт та ТО машинно-тракторного агрегату;

Оплату роботи працівників встановимо і залежності: [17]

$$C_{\text{оп}} = \frac{\kappa(m_m f + m_d f_d)}{H} \quad (3.3)$$

де f і f_d – оплата праці оператора та допоміжного персоналу за умови нормативного наробітку, грн. становить ($f = 277,6$ грн., $f_d = 151,6$);

κ – коефіцієнт надбавки до заробітної плати, становить $\kappa_n = 1,22$;

m_m і m_d – кількість основних та допоміжних працівників, при виконанні операції;

H – продуктивність за зміну робочого часу, га.

$$C_{\text{оп}} = \frac{1,22(1 \cdot 277,6 + 1 \cdot 151,6)}{13,6} = 38,5 \text{ грн./га}$$

Вартість витрачених паливо мастильних матеріалів визначимо за формулою:

$$C_{\text{ПММ}} = \Pi_{\kappa} \cdot g_{\text{га}} \quad (3.4)$$

де Π_{κ} – комплексна вартість дизельного палива, оливи моторної та трансмісійної, консистентних мастил $\Pi_{\kappa} = 30,0$ грн./л;

$g_{\text{га}}$ – витрати палива на одиницю роботи, л/га;

Визначимо вартість ПММ для порівняння двох агрегатів:

Базовий становить :

$$C_{\text{ПММ}}^{\text{б}} = 4 \cdot 30,0 = 120,0 \text{ грн./га};$$

для нового агрегату:

$$C_{\text{ПММ}}^{\text{н}} = 4,6 \cdot 30,0 = 138,0 \text{ грн./га.}$$

Відрахування на амортизацію тареновацію агрегатів, $C_{\text{ра}}$ грн./га за формулою: [17]

$$C_{\text{ра}} = \frac{\alpha_{\text{рт}} \cdot B_{\text{т}}}{100 \cdot W \cdot t_{\text{т}}} + \frac{\alpha_{\text{рм}} \cdot B_{\text{м}}}{100 \cdot W \cdot t_{\text{м}}} \quad (3.5)$$

де $\alpha_{\text{рт}}$ і $\alpha_{\text{рм}}$ – нормативний відсоток річних відрахувань для сівалки та енергетичного засобу %;

B_T і B_M – балансова вартість трактора і машини, грн.;

W – годинна продуктивність агрегату, га;

t_T і t_M – нормативне річне навантаження трактора і машини, год.

Тоді, отримаємо наступні значення:

$$(C_{pa})^{\delta} = \frac{10 \cdot 535000}{100 \cdot 1,9 \cdot 1600} + \frac{12,5 \cdot 127500}{100 \cdot 1,9 \cdot 160} = 69,92 \text{ грн./га.}$$

$$(C_{pa})^{\eta} = \frac{10 \cdot 535000}{100 \cdot 1,9 \cdot 1600} + \frac{12,5 \cdot 140870}{100 \cdot 1,9 \cdot 160} = 75,42 \text{ грн./га.}$$

Відрахування на капітальний і поточний ремонт, а також технічне обслуговування, $C_{кто}$ грн./га обчислюється за формулою:

$$C_{кто} = \frac{\alpha_{кт} \cdot B_T}{100 \cdot W \cdot t_T} + \frac{1}{100 \cdot W} \cdot \left(\frac{\alpha_T \cdot B_T}{t_{нт}} + \frac{\alpha_M \cdot B_M}{t_M} \right) \quad (3.6)$$

де $\alpha_{кт}$ – норма річних відрахувань на капітальний ремонт трактора, %;

α_T і α_M – норма річних відрахувань на поточний ремонт від балансової вартості відповідно трактора і робочої машини, %;

Визначимо відрахування на ремонт і технічне обслуговування агрегату, що складуть відповідно:

$$(C_{кто})^{\delta} = \frac{5 \cdot 535000}{100 \cdot 1,9 \cdot 1600} + \frac{1}{100 \cdot 1,9} \cdot \left(\frac{12,7 \cdot 535000}{1600} + \frac{7 \cdot 127500}{160} \right) = 60,49 \text{ грн./га.}$$

$$(C_{кто})^{\eta} = \frac{5 \cdot 535000}{100 \cdot 1,9 \cdot 1600} + \frac{1}{100 \cdot 1,9} \cdot \left(\frac{12,7 \cdot 535000}{1600} + \frac{7 \cdot 140870}{160} \right) = 63,57 \text{ грн./га.}$$

Сумарні питомі експлуатаційні витрати для базового агрегату складуть:

$$(C_{пит})^{\delta} = 38,5 + 120,0 + 69,92 + 60,49 = 288,91 \text{ грн./га.}$$

для удосконаленого агрегату становить:

$$(C_{пит})^{\eta} = 38,5 + 138 + 75,42 + 63,57 = 315,49 \text{ грн./га.}$$

Отримані начення доводять, що модернізація сівалки СЗ-5,4М призводить до зростання питомих експлуатаційних витрат на 26,58 грн./га.

Однак, обладнання посівної машини зпроекованими механізмами дасть змогу низити до 10 % посівного матеріалу та витрат на нього.

Норма висіву зернових колосових культур становить 150...200 кг/га. Якщо асосувати максимальну норму висіву до 200 кг/га. то, впровадження запропонованих технічних рішень по машині, дозволить знизити норму сівби технологічного матеріалу на 20 кг/га.

При ціні насіння озимої пшениці рівній 8 грн./кг, застосування удосконаленої посівної машини, лише за рахунок зменшення норми, отримаємо можливість знизити витрати, що в кінцевому результаті буде становити:

$$D_{п} = E_{н} \cdot Ц_{н},$$

де $E_{н}$ – економія насіння, кг/га;

$Ц_{н}$ – ціна насіння, грн./кг.

$$D_{п} = 20,0 \times 8 = 160,0 \text{ грн./га}$$

Річний економічний ефект після використання удосконаленого посівного агрегату, визначимо за формулою:

$$E_{р.еф} = [(C_{пит})^б - (C_{пит})^н + D_{п}] \cdot F,$$

де F – площа поля, на якій буде використана сівалка протягом року, га.

Площу F визначимо виходячи з наступного. Згідно агрономог тривалість сівби озимої пшениці в господарстві не повинна перевищувати 6 днів. Тоді, при умові двозмінної роботи і продуктивності 1,9 га/год., будемо мати:

$$F = 6 \cdot 14 \cdot 1,9 = 160 \text{ га, тоді}$$

$$E_{р.еф} = (288,91 - 315,49 + 160) \cdot 160 = 21347,2 \text{ грн.}$$

Термін окупності витрат під час удосконалення становить: [17]

$$O = \frac{B_M^H - B_M^6}{E_{p,ef}} = \frac{140870 - 127500}{21347,2} = 0,62 \text{ рік.}$$

Результати розрахунків економічної ефективності зведемо в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

Результати розрахунку економічної ефективності проекту

Поканики	Базова	Нова	Відхилення +, -
Продуктивність, га/год.	1,90	1,90	
Затрати праці, люд-год./га	1,05	1,05	
Прямі питомі експлуатаційні витрати, грн./га			
в тому числі:	288,91	315,49	+ 26,58
витрати на ПММ, грн./га	120,00	138,00	
відрахування на реновацію грн./га	69,92	75,42	+ 18,00
витрати на ремонт, грн./га	60,49	63,57	+ 5,5
Витрати на модернізацію, грн.		13300	+ 3,08
Річний економічний ефект, грн.		21347,2	
Термін повернення затрат, років		0,62	

Висновки до розділу 3. Результати розрахунків економічної ефективності показують, що обладнання сівалки СЗ-5,4М вирівнювачем ґрунту і пристроями для регулювання глибини ходу сошників дозволить за рахунок зменшення норми висіву насіння одержати річний економічний ефект в сумі 21347,2 грн. Термін окупності капіталовкладень на модернізацію машини складе менше 1 року.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. З метою поєднання технологічних операцій передпосівного обробітку і сівби в проекті пропонується встановити на сівалку модернізований вирівнювач ґрунту, робочим органом, якого є сталевий вирівнювач загнутими верхньою та нижньою частинами проти напрямку руху машини.
2. З метою уникнення втрат насіння в роботі запропонована конструкція конекторів. Дані конектори встановлюють в сошники замість стандартних та фіксують за допомогою хомутів. Доведено, що застосування запропонованих пристроїв дозволяє зменшити втрати 10 % насіння, шляхом запобігання потрапляння насіння на поверхню поля.
3. Розрахунок та перевірка на міцність шпонкового з'єднання механізму підняття сошників. Розрахунок призматичних шпонкових з'єднань доводить, що напруження зминання $[\sigma]_{зм}$, та у відповідальних перерізах на напруження зрізу $[\tau]_{зр}$; крутний момент, який передається через з'єднання $T = 80Н \cdot м$; вал – Сталь 40Х, D = 24мм, маточина СЧ-15-32.
4. **Умови роботи МТА:** Питомий опір: становить – 1,5 кН/м, вирівнювача – 0,4 кН/м. Склад МТА: трактор МТЗ-920 і сівалка СЗ -5,4М. діапазон допустимих швидкостей руху посівного МТА. СЗ-5,4 він становить 8-12 км/год. трактор МТЗ-920 має дві передачі підвищеного діапазону: другу і третю, для яких $V_{Т2} = 9.0$ км /год., $V_{Т3} = 11,1$ км /год. Тяговий опір агрегату становить: на другій передачі $R_a=7.2$ кН, на третій $R_a=7.9$ кН. Визначено фактичний ступінь завантаження трактора за тяговим зусиллям: $\eta=0,96$.
5. Результати розрахунків економічної ефективності показують, що обладнання сівалки СЗ-5,4М вирівнювачем ґрунту і пристроями для регулювання глибини ходу сошників дозволить за рахунок зменшення норми висіву насіння одержати річний економічний ефект в сумі 21347,2 грн. Термін повернення затрат на модернізацію машини складе менше 1 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Синьооков Г.М., Панов І.М. Теорія та розрахунок ґрунтообробних машин. - М: Машинобудування, 1977. - 328 с.
2. Кобець О.С. Основи теорії робочих органів сільськогосподарських машин: Навчальний посібник/Дніпропетр. держ. ун-т. - Дніпропетровськ, 1999. - 204 с.
3. Кльонін Н.І., Сакун В.А. Сільськогосподарські машини: Елементи теорії робочих процесів, розрахунок регульовальних параметрів та режимів 4. роботи. - 2-ге вид., Перероб. та дод. - М.: Колос, 1980. - 671 с.
5. Опір матеріалів. / За ред. акад. Писаренко Г.С. - 5-те вид., Перероб. та дод. - К.: Вища школа. - 775 с.
6. Статистичний збірник 2011. Рослинництво України / За ред. Н. С. Прокопенко. - К.: Держ. служба статистики України, 2012. – 108 с.
7. Зирянов В.А. До обґрунтування зразка з метою оцінки рівномірності посіву сільськогосподарських культур / Механізація та електрифікація сільського господарства. Респ. міжвід. тематики. науково-техн. збірка. - К.: Урожай, 1985, вип.61. - С. 3-11.
8. Лихочвор В. Чи доцільно мати сівалку точного висіву зернових. Техніка АПК, 1996 №3. - С. 12-14. 9. Хоменко М.С., Зирянов В.А., Насонов В.А. Механізація посіву зернових культур. Довідник - К: Урожай, 1989. - 168 с.
10. Кардашевський С.В. Висівні пристрої, посівних машин. - М.: Колос, 1973. - 176с.
11. Адамчук В.В., Насонов В.А. Щоб не було просівів // Техніка сільському господарстві. - 1987, - №4. - С.16.
12. Будагов А.А. Про агротехнічні вимоги до зернових сівалок // Трактори та сільгоспмашини. -1985. - №7. - С. 26.

13. Бузенков Г.М., Ма С.А. Машины для посіву сільськогосподарських культур. - М.: Машинобудування, 1976. - 272 с.
14. Беляєв Є.А. Посівні машини. - М.: Россільгоспвидав, 1987. - 62 с.
15. Довідник з експлуатації машино-тракторного парку/В.Ю. Ільченко, П.І. Карасьов, А.С. Лімонт та ін. - К.: Урожай, 1987. - 368 с.
16. Довідник сільського інженера., Погорілець О.М., Ревенко І.І. та ін.; за ред. В.Д.Гречкосія - К.: Урожай, 1991.
17. Експлуатація машино-тракторного парку в аграрному виробництві / В.Ю.Ільченко, П.І. Карасьов, А.С. Лімонт та ін.; за ред. В.Ю. Ільченка. - К.: Урожай, 1993. - 288 с.
18. Йофінов С.А. Експлуатація машинно-тракторного парку. - М.: Колос, 1974. - 480 с.
19. Машинові використання у землеробстві / В.Ю. Ільченко, Ю.П. Нагірній, П.А. Джоллос та інші, за ред. В.Ю. Ільченка, Ю.П. Нагірного. К.: Урожай, 1996. - 384 с.

ДОДАТКИ