

**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

ЖУРАВСЬКИЙ АНДРІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВНЕСЕННЯ
ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ РОЗКИДАЧА**

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

_____ А. О. Журавський

Керівник роботи

Заєць М. Л.

кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2023

АНОТАЦІЯ

Журавський Андрій Олександрович. Удосконалення технологічного процесу внесення органічних добрив з модернізацією розкидача. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

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

В роботі описана агротехніка внесення твердих органічних добрив, визначені конструкційно-технологічні параметри розкидача, удосконалена конструкція розкидача добрив ПРТ-10 і визначені технологічні показники процесу внесення органічних добрив.

Обґрунтовано операційну технологію внесення органічних добрив, встановлено техніко-експлуатаційні параметри роботи МТА. Визначено параметри тягово-приводних показників та режимів руху агрегату при використанні модернізованого розкидача твердих органічних добрив.

Проведено економічне обґрунтування прийнятих рішень в роботі та дано оцінку рентабельності капіталовкладень по удосконаленню даної машини.

Метою проекту є підвищення продуктивності роботи розкидача твердих органічних добрив шляхом модернізації машини та покращення якісних показників його роботи.

Основними задачами роботи є:

- провести аналіз типів та конструкційних схем типових розкидачів;
- виконати розрахунок вузлів та агрегатів розкидача;
- розробити операційну технологію під проектовану машину.

Ключові слова: *технологія, вирощування, органічні добрива, розкидач, удосконалення процесу, машина.*

ABSTRACT

Andriy Zhuravskiy. Improvement of the technological process of applying organic fertilizers with the modernization of the spreader. - 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 work describes the agrotechnical application of solid organic fertilizers, the design and technological parameters of the spreader are determined, the improved design of the PRT-10 fertilizer spreader and the technological parameters of the organic fertilizer application process are determined.

The operational technology of applying organic fertilizers was substantiated, the technical and operational parameters of the MTA were established. The parameters of traction and drive indicators and modes of movement of the unit when using a modernized spreader of solid organic fertilizers were determined.

An economic justification of the decisions made in the work was carried out and an assessment of the profitability of capital investments for the improvement of this machine was given.

The goal of the project is to increase the productivity of the spreader of solid organic fertilizers by modernizing the machine and improving the quality indicators of its work.

The main tasks of the work are:

- analyze the types and construction schemes of typical spreaders;
- calculate spreader assemblies and assemblies;
- to develop operating technology for the designed machine.

Key words: technology, cultivation, organic fertilizers, spreader, process improvement, machine.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1. МОДЕРНІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ РОЗКИДАЧА	
ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ	
1.1 Обґрунтування необхідності удосконалення розкидача.....	7
1.2 Розрахунок ланцюгової передачі приводу додаткового бітера.....	9
1.3 Розрахунок і вибір підшипників кочення валу бітера.....	10
1.4 Розрахунок болтового з'єднання.....	11
1.5 Розрахунок приводного вала.....	13
1.6 Опис удосконаленого розкидача.....	15
Висновки до розділу 1.....	17
2. РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВНЕСЕННЯ	
ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ	
2.1. Комплектування машинного агрегату.....	18
2.2. Розрахунок продуктивності агрегату.....	20
2.3. Складання карти операційної технології.....	23
Висновки до розділу 2.....	23
3. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ МОДЕРНІЗОВАНОГО АГРЕГАТУ	
3.1. Розрахунок техніко-економічних показників роботи агрегату.....	24
Висновки до розділу 3.....	30
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	31
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	32
ДОДАТКИ	34

ВСТУП

Актуальність теми. Переважний розвиток у розв'язанні різкого збільшення виробництва сільськогосподарської сировини отримують, на теперішній час, розробки складних, але гнучких інтенсивних технологічних операцій, усунення зайвих ланок в застарілих технологіях. Створені технологічні центри при науково-дослідних установах передають сільськогосподарським підприємствам відпрацьовані технології вирощування окремих культур у всіх природно-кліматичних зонах країни. Завдяки цьому досягається різке підвищення продуктивності культур.

Цьому сприяє високий розвиток технологічності машин і знарядь та застосування нових або модернізованих машинних агрегатів. Тому тема роботи направлена на вирішення актуальних інженерних задач, по модернізації досить неоднозначних машин для внесення твердих добрив, що дасть змогу підвищити продуктивність та якісні показники роботи даних агрегатів

Метою проекту є підвищення продуктивності роботи розкидача твердих органічних добрив шляхом модернізації машини та покращення якісних показників його роботи.

Основними задачами роботи є:

- провести аналіз типів та конструкційних схем типових розкидачів;
- виконати розрахунок вузлів та агрегатів розкидача;
- розробити операційну технологію під проектовану машину.

Об'єктом удосконалення є - технологічний процес валкоутворення стеблової маси корму.

Предметом розробки являється – взаємозв'язок між конструкційними та технологічними параметрами роботи машини.

Методи, які застосовувались при виконанні. Розрахунки виконувались із використанням способів механіко-технологічного та математичного

моделювання, основ деталей машин і механізмів, інтерполярні методи розв'язку задач.

Перелік публікацій автора за темою роботи:

1. Заєць М. Л. Результати удосконалення машини для внесення органічних добрив / М. Л. Заєць, А. О. Журавський // Зб. Тез IX Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» 5 квітня 2023 р. Житомир: ЖАТК, 2023. С.35-37.
2. Заєць М. Л. Розрахунок операційної технології внесення твердих органічних добрив/ М. Л. Заєць, А. О. Журавський // Наукові читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 19 квітня 2023 р. Житомир: Поліський національний університет, 2023. С.128-132.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 20 найменування. Загальний обсяг роботи становить 34 сторінок комп'ютерного тексту, 4 рисунків та 4 таблиці.

1. МОДЕРНІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ РОЗКИДАЧА ОРГАНІЧНИХ ДОБРІВ

1.1 Обґрунтування необхідності удосконалення розкидача

Для транспортування і рівномірного внесення на поверхню поля органічних добрив використовуються різні конструкції розкидачів. Однак потрібної рівномірності внесення добрив на поверхню поля вітчизняні розкидачі не забезпечують внаслідок нерівномірної подачі транспортерами маси до розкидного механізму. Це пов'язано з тим, що при навантаженні твердих органічних добрив в причіп маса гною не вирівнюється по висоті і ширині кузова розкидача.

Для того щоб покращити якісні показники роботи розкидача необхідно розробити додатковий вузол, який би забезпечував вирівнювання і часткове подрібнення маси твердих органічних добрив, які поступають на розкидний механізм. Це в свою чергу дало б можливість підвищити якість розкидання гною по поверхні поля, чим забезпечується одержання більш високих врожаїв озимої пшениці і наступного врожаю цукрових буряків, оскільки озима пшениця є для них попередником.

Для поверхневого внесення твердих органічних добрив вітчизняна промисловість випускає різні машини.

Більшість машин працюють по технологічній схемі приведений на малюнку, які відрізняються між собою продуктивністю, вантажопідйомністю, шириною захвату, масою і іншими конструкційними особливостями. Технічні характеристики приведені в таблиці 1.1.

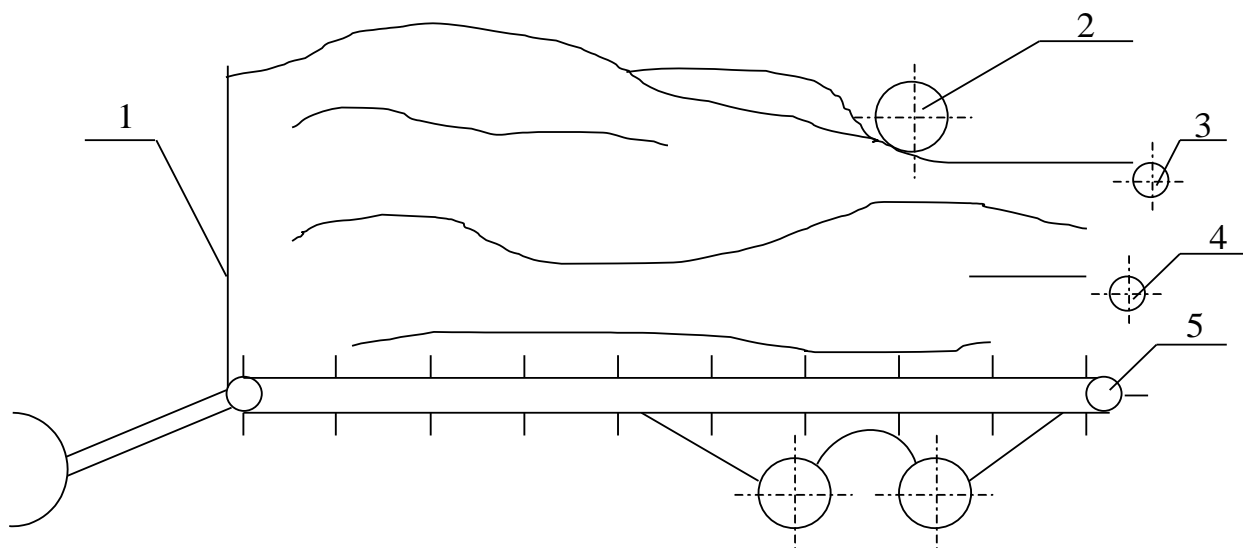


Рис. 1.1 Технологічна схема розкидача

1 – борт; 2 – розрихлювач-вирівнювач; 3 – розкидальний ротор; 4 – подрібнювальний ротор; 5 – транспортер

Таблиця 1.1– Технічні характеристики розкидачів органічних добрив

Показники	Марка машини			
	ПРТ - 16	ПРТ - 10	РОУ – 6	МТТ – 13
Продуктивність за годину чистої роботи, т	117	60	52	64
Ширина захвату, м	7	6	5	6
Вантажопідйомність, т	16	10	6	12
Робоча швидкість, км/год.	10-12	9-11	10	10-12
Норма внесення добрив, т/га	20,40,60	15,30,45	11...45	15...60
Маса, т	6,020	4,025	2,0	4,540
Агрегатується з тракторами	К-701	ХТЗ-150К	МТЗ-80	ХТЗ-150К

Із приведеної таблиці видно якими параметрами розрізняються між собою розкидачі твердих органічних добрив.

1.2. Розрахунок ланцюгової передачі приводу додаткового бітера

Ланцюгова передача розміщена між собою редуктором і вирівнювачем-подрібнювачем. Передаюча потужність $P = 18\text{кВт}$. Частота обертання ведучої зірочки $n_1 = 25,2$ об/хв., веденої зірочки $n_2 = 67,2$ об/хв., змащування періодичне.

З цілю уніфікації приймаємо ланцюг, який використовується на розкидачеві з кроком $t = 25,4$ мм.

Ланцюг перевіряємо по двох показниках:

а) по частоті обертання – по [17] допустима для ланцюга з кроком $t = 25,4\text{мм}$ частота обертання $[n] = 800$ об/хв., умова $n_2 \leq [n_2]$ виконана;

б) по тиску в кульках – по [17] для даного ланцюга при частоті обертання веденої зірочки $67,2$ об/хв. значення $[P] = 33$ МПа, а з врахуванням використання до таблиці приведеної [17], $[P] = 33 \cdot [1 + 0,01 \cdot (32 - 17)] = 38$ МПа.

Розрахунковий тиск визначаємо по формулі [17]:

$$P = \frac{F_t \cdot K_e}{A_{\text{оп}}}, \quad (1.1)$$

де K_e – коефіцієнт враховуючий умови монтажу і експлуатації ланцюгової передачі $K_e = 3,17$ [17];

F_t – окружна сила, Н;

$A_{\text{оп}}$ – проекція опорної поверхні шарика, $A_{\text{оп}} = 179,7$ [17].

$$P = \frac{562,5 \cdot 3,17}{179,7} = 9,92 \text{ МПа.}$$

Окружну силу визначаємо по формулі [17]:

$$F_r = \frac{P}{S}, \quad (1.2)$$

$$F_r = \frac{1,8 \cdot 10^3}{3,2} = 562,5 \text{ Н.}$$

Умова $P \leq [P]$ виконана.

Визначаємо сили діючі на ланцюг:

окружна $F_e = 562,5$ Н, відцентрова:

$$F_v = d \cdot V^2, \quad (1.3)$$

де d – маса одного метра ланцюга, $d = 2,6$ кг/м.

$$F_v = 2,6 \cdot 3,2^2 = 26,6 \text{ Н.}$$

Від провисання:

$$F_d = 9,81 \cdot K_d \cdot d, \quad (1.4)$$

де K_d – коефіцієнт враховуючий розміщення ланцюга, $K_d = 1$ [17].

$$F_d = 9,81 \cdot 1 \cdot 2,6 = 25,5 \text{ Н.}$$

Розрахункове навантаження на вал визначаємо по формулі [17]:

$$F_b = F_t + 2 \cdot F_d, \quad (1.5)$$

$$F_b = 562,5 + 2 \cdot 25,5 = 616,3 \text{ Н.}$$

Провіряємо коефіцієнт запасу міцності S по формулі [17]:

$$S = \frac{Q}{K_d \cdot F_t + F_v + F_d}, \quad (4.6)$$

де Q – руйнуюче навантаження, $Q = 60$ кН;

K_d – динамічний коефіцієнт, $K_d = 1,25$.

$$S = \frac{60 \cdot 10^3}{1,25 \cdot 562,5 + 26,6 + 2,55} = 7,9.$$

Допустимий коефіцієнт запасу міцності по [17], $[S] = 7,4$ умова $S \geq [S]$ виконана.

1.3. Розрахунок і вибір підшипників кочення валу бітера

Основні критерії роботи здатності підшипника кочення – його динамічна і статистична вантажопідйомність.

За умовами роботи беремо радіальні сферичні дворядні кулькові підшипники і перевіряємо їх на довговічність роботи.

Номінальна довговічність роботи підшипників в мільйонах обертів

визначаємо по формулі [17]:

$$L = \left(\frac{C}{P} \right)^p, \quad (1.7)$$

де p – показник степені, $p = 3$ [17];

C – динамічна вантажопідйомність, $C = 22,9$ кН [17];

P – еквівалентне навантаження.

$$P = V \cdot F_r \cdot K_\delta \cdot K_T, \quad (1.8)$$

де V – коефіцієнт, при обертанні внутрішнього кільця $V = 1$;

F_r – радіальне навантаження, $F_r = 0,562$ кН;

K_δ – коефіцієнт враховуючий перевантаження, $K_\delta = 1,4$;

K_T – температурний коефіцієнт, $K_T = 1,05$.

$$P = 1 \cdot 0,562 \cdot 1,4 \cdot 1,05 = 0,738 \text{ кН.}$$

$$L = \left(\frac{22,9}{0,738} \right)^3 = 3,140 \text{ млн.об.}$$

Номінальну довговічність в годинах визначаємо по формулі [17]:

$$L_n = \frac{10^6 \cdot L}{60 \cdot n_2}, \quad (1.9)$$

$$L_n = \frac{10^6 \cdot 3,14}{60 \cdot 67,2} = 778,7 \text{ тис.год.}$$

Номінальна довговічність підшипників 100 тис. год. [17]. Умови вибору підшипників виконуються, вибираємо підшипник 1210.

1.4. Розрахунок болтового з'єднання

Сила P прагне зрушити листи відповідно один одного. Цьому запобігає болт, на який із сторони кожного листа передаються роз приділені по контактній поверхні діють контактні навантаження (рис. 1.2).

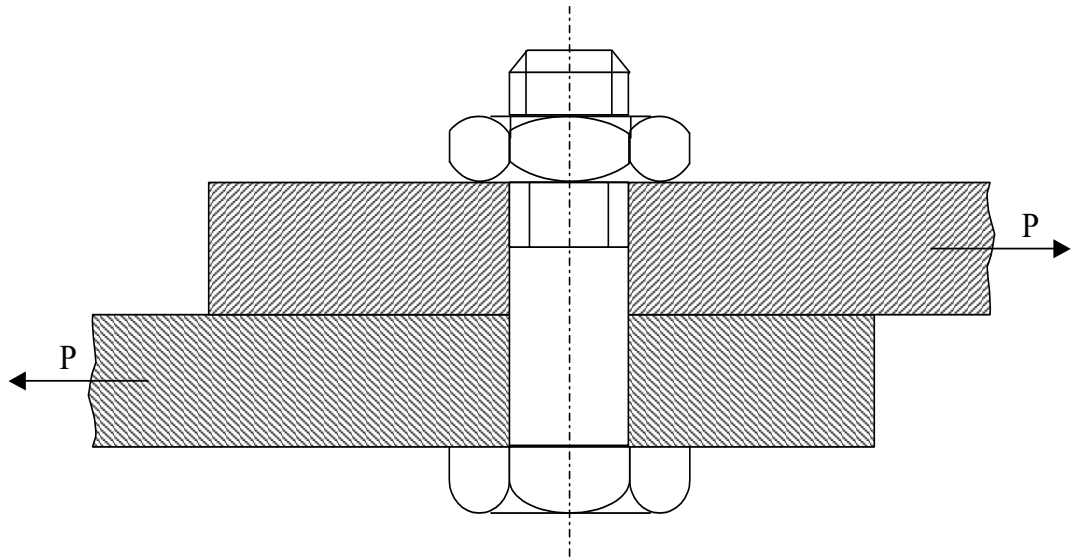


Рис. 1.2. Схема болтового з'єднання

Зусилля намагаються зрізати болт по площині розподілу листів $m - n$, так як в цьому перерізі діє найбільша поперечна сила $Q = P$. Рахуючи, що контактні навантаження роз приділені рівномірно, одержимо:

$$\tau = \frac{Q}{F}, \quad (1.10)$$

де τ - навантаження зсуву;

F – площа поперечного перерізу болта, $F = 2,01$ см.

Діаметр болта визначаємо по формулі [17]:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot [\tau]}}, \quad (1.11)$$

де $[\tau]$ - допустиме навантаження при зсуві, $[\tau] = 100$ МПа [28].

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0208}{3,14 \cdot 100}} = 0,016 \text{ м.}$$

Перевіряємо болт на міцність по формулі [17]:

$$\frac{4 \cdot P}{\pi \cdot d^2} \leq [\tau], \quad (1.12)$$

$$\frac{4 \cdot 0,0208}{3,14 \cdot 0,016^2} \leq 100.$$

Умови міцності виконані, вибираємо болт М16.

1.5. Розрахунок приводного вала

Розрахунок вала розпочинаємо з визначення реакцій і моментів із схеми приведеної на рисунку . Розраховуємо реакції опору:

$$R_{\text{vy}} \cdot 35 - P \cdot 90 = 0;$$

$$R_{\text{vy}} = \frac{P \cdot 90}{35} = 534 \text{ кг};$$

$$-R_{\text{ay}} \cdot 35 - P \cdot 55 = 0;$$

$$R_{\text{ay}} = \frac{-P \cdot 55}{35} = -326 \text{ кг}.$$

Визначаємо згинаючі моменти [17]:

$$M_1 = P \cdot 55.$$

$$M = 208 \cdot 55 = 1144 \text{ кг / см}.$$

Визначаємо момент кручення:

$$M_{\text{кр}} = \frac{P \cdot d}{2}, \quad (1.13)$$

$$M_{\text{кр}} = \frac{208 \cdot 46}{2} = 4784 \text{ кг / см}.$$

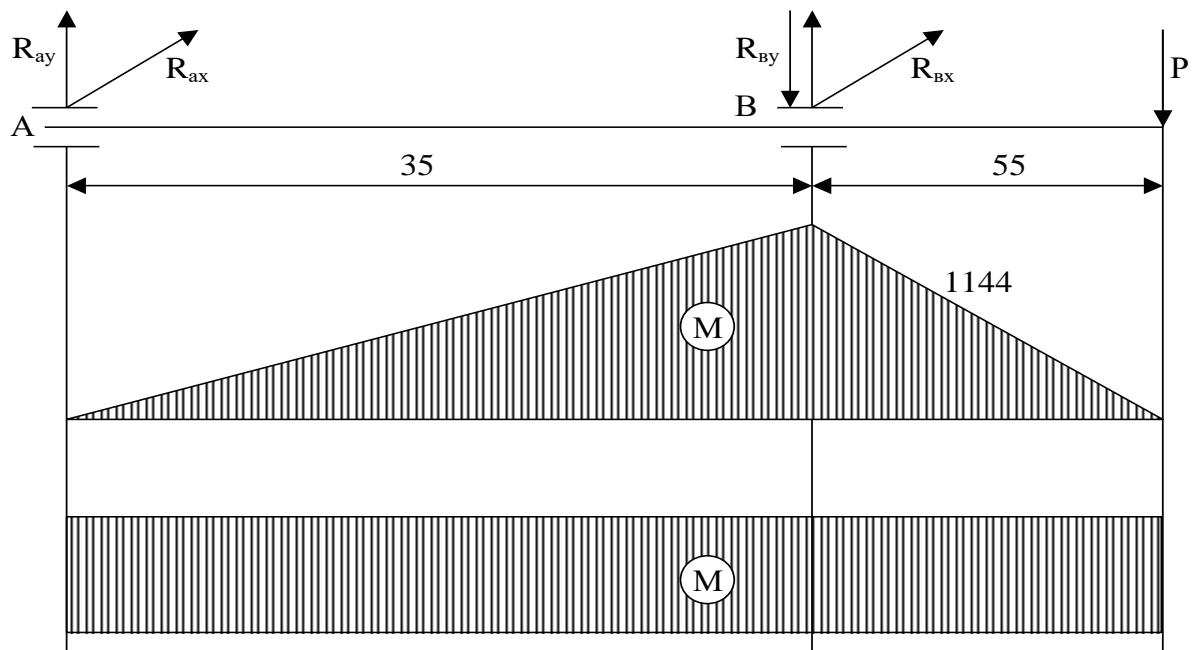


Рис. 1.3 Розрахункова схема вала

Визначаємо діаметр вихідного кінця вала по формулі [28]:

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M_{кр}}{\pi \cdot [\tau_k]}}, \quad (1.14)$$

де $[\tau_k]$ - допустиме навантаження кручення, $[\tau_k] = 10 \dots 15 \text{ Н/см}^2$.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 478400}{3,14 \cdot 10}} = 2,78 \text{ см.}$$

Приймаємо вихідний діаметр вала $d = 30 \text{ мм}$.

Визначаємо коефіцієнт запасу міцності по формулі [28]:

$$S = \frac{S_\delta \cdot S_\tau}{\sqrt{S_\delta^2 + S_\tau^2}}, \quad (1.15)$$

Розрахункові значення S повинно бути не нижче допустимого $[S] = 2,5$ [28]:

$$S_G = \frac{G_{-1}}{\frac{K_G}{E_G \cdot \beta} \cdot G_v + \psi_G \cdot G_m}, \quad (1.16)$$

де G_{-1} – кінцеве значення виносливості сталі при симетричній циклі згину, $G_{-1} = 258 \text{ МПа}$ [28];

K_G – ефективний коефіцієнт зосередження навантажень, $K_G = 1,6$;

E_G – масштабний фактор для нормальних навантажень, $E_G = 0,9$ [28];

β - коефіцієнт враховуючий вплив нерівностей поверхні, $\beta = 0,9$ [28];

G_m – середнє навантаження циклу нормальних навантажень, $G_m = 0$ [28];

ψ_G – коефіцієнт, $\psi_G = 0,2$ [28].

$$S_G = \frac{258}{\frac{1,6}{0,9 \cdot 0,9} \cdot 20,80 + 0,02} = 6,27.$$

Визначаємо коефіцієнт запасу міцності по контактних навантаженнях по формулі [28]:

$$S_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{\frac{K_{\tau}}{E_{\tau} \cdot \beta} \cdot \tau_v + \psi_{\tau} \cdot \tau_m}, \quad (1.17)$$

де τ_{-1} – кінцеве значення виносливості сталі при симетричному циклі кручення, $\tau_{-1} = 149,6$ МПа;

K_{τ} - ефективний коефіцієнт зосередження нормальних навантажень, $K_{\tau} = 1,5$ [28];

E_{τ} - масштабний фактор для контактних навантажень, $E_{\tau} = 0,8$ [28];

ψ_{τ} - коефіцієнт, $\psi_{\tau} = 0,1$ [28].

$$S_{\tau} = \frac{1496}{\frac{1,5}{0,8 \cdot 0,9} \cdot 5,25 + 0,1 \cdot 0,72} = 13,58.$$

$$S = \frac{6,27 \cdot 13,58}{\sqrt{6,27^2 + 13,58^2}} = 5,7.$$

Умови міцності $S > [S]$ виконуються.

1.6. Опис удосконаленого розкидача

Машина ПРТ – 10 призначена для транспортування і поверхневого внесення в ґрунт твердих органічних добрив.

Основні вузли: рама, ходова частина, кузов, транспортер, розкидальний апарат, подрібнювач-вирівнювач, механізм приводу. Привід розкидача здійснюється від ВВП трактора. Агрегатується з тракторами ХТЗ – 150К. Кінематична схема приводу розкидача органічних добрив показана на рисунку 1.4. Для вирівнювання твердих органічних добрив і їх подрібнення на серійно випускаючу машину встановлено подрібнювач-вирівнювач. Подрібнювач-вирівнювач являє собою барабан на якому закріплені зубчасті диски, які діючи на добрива розрівнюють їх по поверхні кузова. Кріпиться подрібнювач-вирівнювач в верхній частині кузова на двох швелерах.

Привід здійснюється ланцюговою передачею від вала приводу транспортера. Робочий процес розкидача з подрібнювачем-вирівнювачем проходить в наступному порядку. Добрива, що знаходяться в кузові подаються транспортером до подрібнювача-вирівнювача, де вони вирівнюються по всій ширині кузова і частково подрібнюються, після цього маса подається на розкидаючий апарат. Кожний барабан подрібнює масу і подає на верхній, який розкидає добрива по поверхні поля. Технічне обслуговування проводиться щозмінне і періодичне. При щозміннім технічним обслуговуванні перевіряють стан різьбових з'єднань, тиск в шинах, натяг ланцюгового транспортера, оглядають, щоб не було підтікання масла із редукторів. Раз в сезон змащують підшипники розкидаючих і вирівнюючих барабанів, ведучого вала транспортера, вала приводу розкидаючого механізму, вала приводу транспортера, вала приводу редуктора, ступиць коліс і балансирів.

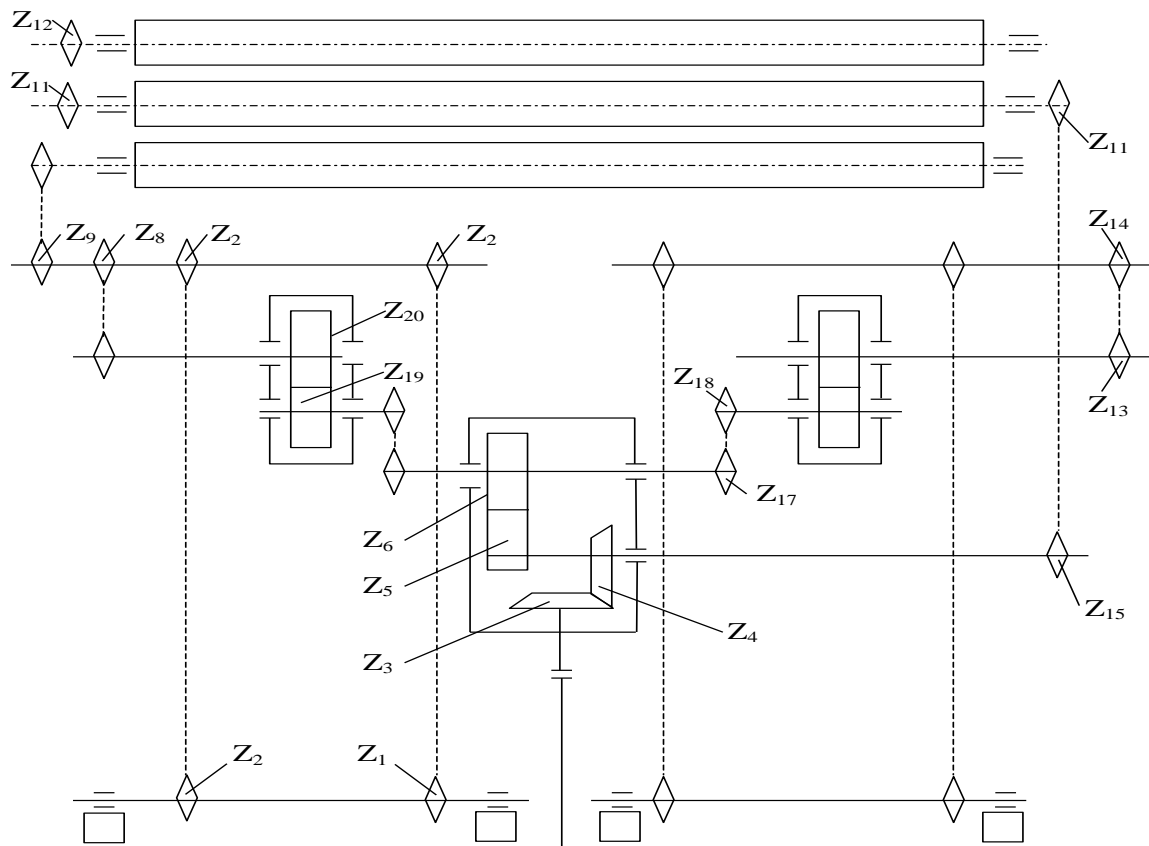


Рис. 1.4 Кінематична схема приводу розкидача добрив

Кількість зубів зірочок і шестерень, які використовуються в кінематичній схемі удосконаленого розкидача приведені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1- Кількість зубів зірочок і шестерень

$z_1 = z_2 = 6,$	$z_3 = 11,$	$z_4 = 29,$	$z_5 = 19,$
$z_6 = 69,$	$z_7 = 22,14,$	$z_8 = 32, 28,$ 22,	$z_{12} = 19,$
$z_9 = 12,$	$z_{10} = 32,$	$z_{11} = 25,$	$z_{16} = 25,$
$z_{13} = 22,14,$	$z_{14} = 32, 28,$ 22,	$z_{15} = 22,$	$z_{20} = 76.$
$z_{17} = 12,$	$z_{18} = 28,$	$z_{19} = 16,$	

Висновки до розділу 1.

1. Розраховано ланцюгову передачу приводу вирівнювача-подрібнювача. Передавальна потужність становить $P = 18$ кВт. Частота обертання ведучої зірочки $n_1 = 25,2$ об/хв., веденої зірочки $n_2 = 67,2$ об/хв. З цілю уніфікації приймаємо ланцюг, який використовується на розкидачеві з кроком $t = 25,4$ мм.

2. Встановлено кінематичні параметри передачі, що становить: частоту обертання для ланцюга з кроком $t = 25,4$ мм частотою обертання $[n] = 800$ об/хв., умова $n_2 \leq [n_2]$ виконана; по навантаженню на підшипник – для даного ланцюга при частоті обертання веденої зірочки $67,2$ об/хв. значення $[P] = 33$ МПа, а з врахуванням режиму експлуатації, $[P] = 38$ МПа.

3. Для вирівнювання твердих органічних добрив і їх подрібнення на серійно випускаючу машину встановлено подрібнювач-вирівнювач. Подрібнювач-вирівнювач являє собою барабан на якому закріплені зубчасті диски, які діючи на добрива розрівнюють їх по поверхні кузова. Кріпиться подрібнювач-вирівнювач в верхній частині кузова на двох швелерах та підшипникових вузлах. Номінальна довговічність підшипників 100 тис. год. За умови довговічності та режиму роботи підшипника, обираємо підшипник 1210.

2. РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВНЕСЕННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРІВ

2.1. Комплектування машинного агрегату

Органічні добрива будемо вносити по стерні. Середній розмір поля 100 га, а схил 2%, норма внесення добрив 30 т/га.

Внесення органічних добрив повинно проводитись безпосередньо перед оранкою або за дві години до оранки. Відхилення від норми внесення не більше 10%, нерівномірність роз приділення добрив по ширині захвату не більше 25%, по напрямку руху агрегату не більше 10%.

Визначаємо тяговий опір робочої машини по формулі [12]:

$$R_m = (G_{пр} + Q_{гр}) \cdot \left(d_{пр} + \frac{i}{100} \right), \quad (2.1)$$

де $G_{пр}$ – вага розкидача, кН, $G_{пр} = 40,25$ кН [13];

$d_{пр}$ – коефіцієнт опору кочення, $d_{пр} = 0,1$ [11];

i – схил поля, %;

$Q_{гр}$ – вага вантажу, кН.

Вагу вантажу можна визначити по формулі:

$$Q_b = V \cdot \gamma \cdot \psi, \quad (2.2)$$

де V – об'єм кузова, $V = 8$ м³ [14];

γ - питома вага гною, $\gamma = 0,9$ т/м³ [11];

ψ - коефіцієнт заповнення кузова, $\psi = 0,9$ [11].

$$Q_b = 8 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 6,5 \text{ т.}$$

$$R_m = (40,25 + 65) \cdot \left(0,1 + \frac{2}{100} \right) = 12,6 \text{ кН.}$$

Вибираємо робочі швидкості руху відповідно рекомендованих технічною характеристикою розкидача [11].

$$V_{pII} = 9,3 \text{ км/год.};$$

$$V_{pIII} = 10,55 \text{ км/год.}$$

Знаходимо витрати потужності для роботи механізмів розкидача по формулі [11]:

$$N_{\text{ВВП}} = \frac{P \cdot v_p \cdot V_p}{3,6\gamma}, \quad (2.3)$$

де P – питомий опір гною подрібнення, $P = 700 \text{ кН/м}^2$ [11];

v_p – робоча ширина захвату розкидача, $v_p = 6 \text{ м}$ [14].

$$N_{\text{ВВП}_{III}} = \frac{700 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 10,55}{3,6 \cdot 900} = 41 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{ВВП}_{II}} = \frac{700 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 9,3}{3,6 \cdot 900} = 36 \text{ кВт.}$$

Визначаємо зменшення величини сили тяги трактора при передаванні частини потужності двигуна робочих органів машини через ВВП [11]:

$$R_{\text{пр}} = \frac{0,195 \cdot N_{\text{ВВП}} \cdot i_T \cdot \eta_{\text{MT}}}{r_k \cdot n_H \cdot \eta_{\text{ВВП}}}, \quad (2.4)$$

де i_T – передаточне число відношення трансмісії на передачах, $i_{TII} = 55,41$, $i_{TIII} = 48,61$ [11];

r_k – радіус колеса, $r_k = 0,6 \text{ м}$ [11];

η_{MT} – механічний коефіцієнт корисної дії трансмісії, $\eta_{\text{MT}} = 0,92$ [11];

n_H – номінальна частота обертання колінчастого вала двигуна, $n_H = 2100 \text{ об/хв.}$ [12].

$$R_{\text{прII}} = \frac{0,159 \cdot 36 \cdot 55,41 \cdot 0,92}{0,6 \cdot 35 \cdot 0,95} = 14,6 \text{ кН.}$$

$$R_{\text{прIII}} = \frac{0,159 \cdot 41 \cdot 48,61 \cdot 0,92}{0,6 \cdot 35 \cdot 0,95} = 14,6 \text{ кН.}$$

Визначаємо опір агрегату по формулі:

$$R_a = R_m + R_{\text{пр}}, \quad (2.5)$$

$$R_a = 12,6 + 14,6 = 27,2 \text{ кН.}$$

Визначаємо передачу для подолання максимального кута підйому при рушанні з місця, після визначення потрібного значення номінального тягового зусилля трактора по формулі [11]:

$$P_{\text{кр.н}} \geq G_{\text{пр}} \cdot \left(d_{\text{пр}} \cdot Q_{\text{пр}} + \frac{i}{100} \right) + G \cdot \left[d \cdot (Q_{\text{тр}} - 1) + \frac{i}{100} \right], \quad (2.6)$$

де $Q_{\text{тр}}$, $Q_{\text{пр}}$ – коефіцієнти підвищення опору руху відповідно трактора і причепа при рушанні з місця $Q_{\text{тр}} = 2,12$, $Q_{\text{пр}} = 1,87$ [11].

$$P_{\text{кр.н}} \geq 105 \cdot \left(0,08 \cdot 1,87 + \frac{2}{100} \right) + 75,35 \cdot \left[0,1 \cdot (2,12 - 1) + \frac{2}{100} \right] = 27,7 \text{ кН.}$$

Для рушання з місця можна використовувати I, II, III передачі трактора, так як тягове зусилля на цих передачах відповідно рівні $P_{\text{крI}} = 41,6$ кН, $P_{\text{крII}} = 35,8$ кН, $P_{\text{крIII}} = 31,4$ кН.

Розраховуємо коефіцієнт використання сили тяги трактора по формулі [9]:

$$\eta = \frac{R_a}{R_{\text{кр}} - G \cdot \frac{i}{100}}, \quad (2.7)$$

$$\eta_{\text{II}} = \frac{27,2}{35,8 \cdot 75,35 \cdot \frac{2}{100}} = 0,8;$$

$$\eta_{\text{III}} = \frac{27,2}{31,4 \cdot 75,35 \cdot \frac{2}{100}} = 0,9.$$

Для виконання технологічної операції вибираємо третю передачу трактора, яка відповідає 10,55 км/год.

2.2. Розрахунок продуктивності агрегату

Продуктивність агрегату визначаємо по формулі [9]:

$$W_{\text{зм}} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_p, \quad (2.8)$$

де $W_{\text{зм}}$ – змінна продуктивність агрегату, га/зм;

B_p – робоча ширина захвату, м;

T_p – час роботи агрегату, год.;

V_p – робоча швидкість агрегату, км/год.

Для розрахунку продуктивності необхідно визначити коефіцієнт робочих ходів [11]:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + \ell_x}, \quad (2.9)$$

де L_p – середня робоча довжина гону, м;

ℓ_x – середня довжина холостого ходу гону, м.

Робочу довжину гону визначаємо по формулі [9]:

$$L_p = L - 2E, \quad (2.10)$$

де L – довжина гону, $L = 1250$ м [9];

E – ширина поворотної смуги, $E = 42$ м [9].

$$L_p = 1250 - 2 \cdot 42 = 1166 \text{ м.}$$

$$\varphi = \frac{1166}{1166 + 85,2} = 0,93.$$

Визначаємо не циклові нормуючі витрати часу T_2 за зміну [9]:

$$T_2 = T_3 + T_{op} + T_{пер}, \quad (2.11)$$

де T_3 – час зупинок агрегату, $T_3 = 0,25$ год.;

T_ϕ – час на зупинки по фізіологічних причинах, $T_\phi = 0,04T_{зм}$ в залежності від факторів впливаючих на стан механізаторів;

$T_{пер}$ – витрати часу на переїзди, $T_{пер} = 0,15$ год. [9].

$$T_2 = 0,25 + 0,3 + 0,15 = 0,7 \text{ год.}$$

Визначаємо час розкидання добрив з одного розкидача за формулою:

$$t_{роз} = \frac{V \cdot \gamma \cdot \psi}{V_p \cdot D \cdot B_p}, \quad (2.12)$$

$$t_{\text{роз}} = \frac{8 \cdot 0,9 \cdot 0,9}{10,55 \cdot 3 \cdot 6} = 0,034 \text{ год.}$$

Визначаємо час руху агрегату від ферми в поле і навпаки [11]:

$$t_{\text{д}} = \frac{2 \cdot S}{V_{\text{ср}}}, \quad (2.13)$$

де $t_{\text{д}}$ – час руху агрегату, год.;

S – відстань від ферми до поля, $S = 3$ км;

$V_{\text{ср}}$ – середня швидкість руху, $V_{\text{ср}} = 20$ км/год.

$$t_{\text{д}} = \frac{2 \cdot 3}{20} = 0,3 \text{ год.}$$

Визначаємо час одного циклу по формулі [11]:

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{роз}} + t_{\text{д}} + t_{\text{з}}, \quad (2.14)$$

де $t_{\text{з}}$ – час навантаження добривами розкидача, $t_{\text{з}} = 0,06$ год. [11].

$$t_{\text{ц}} = 0,034 + 0,3 + 0,06 = 0,394 \text{ год.}$$

Визначаємо кількість циклів роботи агрегату за зміну (з округлення до більшого цілого числа) [11].

$$n_{\text{ц}} = \frac{T_{\text{зм}} - T_{\text{год}}}{t_{\text{ц}}}, \quad (2.15)$$

$$n_{\text{ц}} = \frac{7 - 0,7}{0,394} = 16 \text{ циклів.}$$

Час чистої роботи агрегату за годину визначаємо по формулі [11]:

$$T_{\text{р}} = T_{\text{роз}} \cdot n_{\text{ц}}, \quad (2.16)$$

$$T_{\text{р}} = 0,034 \cdot 16 = 0,544 \text{ год.}$$

$$W_{\text{зго}} = 0,1 \cdot 6 \cdot 10,54 \cdot 0,544 = 4,44 \text{ га / год.}$$

Погектарні витрати палива на роботу агрегату визначаємо по формулі [11]:

$$D_{\text{га}} = \frac{G_{\text{тр}} \cdot T_{\text{р}} + G_{\text{тх}} \cdot T_{\text{тх}} + G_{\text{то}} \cdot T_{\text{о}}}{W_{\text{зм}}}, \quad (2.17)$$

де $G_{\text{тр}}$, $G_{\text{тх}}$, $G_{\text{то}}$ – значення середньої погодинної витрати палива кг/га, відповідно при робочому ході на поворотах і переїздах і час зупинок агрегату з працюючим двигуном, $G_{\text{тр}} = 28$, $G_{\text{тх}} = 15$, $G_{\text{то}} = 25$ [11];

T_x , T_o – відповідно за зміну час на повороти і переїзди, час зупинок агрегату, $T_x = 5,03$ год., $T_o = 1,426$ год.

$$d_{za} = \frac{28 \cdot 0,544 + 15 \cdot 5,03 + 2,5 \cdot 1,426}{3,44} = 12,74 \text{ кг / га.}$$

Витрати робочого часу на гектар визначаємо по формулі [10]:

$$z_{\text{га}} = \frac{1 \cdot 7}{3,44} = 2,03 \text{ год. / га.}$$

Витрати робочого часу на весь обсяг робіт визначаємо по формулі [11]:

$$z_a = 2,03 \cdot 100 = 203 \text{ год.}$$

2.3. Складання карти операційної технології

Складання операційно-технологічної карти має за мету допомогти підвищенню врожайності озимої пшениці і покращити якісь зерна. Гній покращує живлення рослин, впливає зменшення кислотності і покращує водофізичні якості ґрунту, відіграє важливу роль в живленні рослин вуглекислим газом.

В операційно-технологічну карту занесено, умови роботи агрегату, агротехнічні вимоги, підготовка агрегату і поля до роботи, технологічно-експлуатаційна характеристика, схема агрегату, схема руху агрегату, показники контролю якості роботи агрегату.

Висновки до розділу 2.

1. Визначено передачу для подолання максимального кута підйому при русі з місця, та значення потрібного номінального тягового зусилля трактора на передачах відповідно рівні $P_{\text{крI}} = 41,6$ кН, $P_{\text{крII}} = 35,8$ кН, $P_{\text{крIII}} = 31,4$ кН, що відповідає робочій швидкості 10,55 км/год, та годинній продуктивності 3,44 га/год.

3. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ МОДЕРНІЗОВАНОГО АГРЕГАТУ

3.1. Розрахунок техніко-економічних показників роботи агрегату

Основними економічними показниками внесення органічних добрив, як і іншого механізованого технологічного процесу є затрати праці, прями експлуатаційні витрати, питомий і річний економічний ефект, строк окупності затрат на модернізацію або виготовлення машини. Для визначення цих показників необхідно знати продуктивність і витрати палива на внесення добрив базовим та новим агрегатом, їх балансову вартість і ряд інших вихідних даних.

За базу для порівняння візьмемо агрегат, який включає трактор ХТЗ-150К з серійним розкидачем ПРТ-10. Новий агрегат включає зазначений трактор і удосконалений варіант розкидача ПРТ-10. Продуктивність агрегату становить 3,0 га/год. Оскільки тривалість зміни рівна 7 год., то норма виробітку агрегатів буде становити 21,0 га. Питомі витрати палива при розкиданні добрив базовим агрегатом становить $Q = 12$ л/га. За рахунок встановлення додаткового ротора у агрегату з удосконаленим розкидачем витрати палива будуть складати 12,5 л/га.

Балансова вартість трактора ХТЗ-150К становить 99600 грн. Нормативне річне завантаження трактора –1600 год. Норма відрахувань на: реновацію - 10 %, капітальний ремонт –7, поточний ремонт і ТО – 6 %.

Балансова вартість серійного розкидача ПРТ-10 становить 39900 грн. Нормативне річне завантаження 450 год. Норма відрахувань на: реновацію.-12,5 %, поточний ремонт і ТО –20 %. Маса розкидача - 4000 кг.

При визначені ціни удосконаленого розкидача приймемо до уваги наступне. Його модернізація полягає в обладнанні додатковим ротором, маса якого становить 300 кг. Тоді, маса удосконаленого розкидача буде становити 4300 кг, а його ціна буде дорівнювати $\frac{39900}{4000} 4300 = 42900$ грн.

Вихідні дані для проведення економічних розрахунків доцільності модернізації серійного розкидача ПРТ-10 зведемо в табл. 3.1.

Таблиця 3.1- Вихідні дані до розрахунку економічної ефективності

Показники	Базовий агрегат	Модернізований агрегат
Продуктивність, га/год	4,0	4,44
Питомі витрати палива, л/га	12,9	12,5
Вартість розкидача, грн	39900	42900

Затрати праці на внесені добрив визначимо за формулою:

$$Z_{\text{п}} = \frac{M}{W}, \quad (3.1)$$

де M – кількість обслуговуючого персоналу, чол.;

$W_{\text{г}}$ – продуктивність агрегату за годину змінного часу, га/год.

Базовий і новий агрегат обслуговує один механізатор (тракторист), то за формулою (8.1) будемо мати наступні затрати праці при експлуатації базового і серійного розкидачів:

$$Z_{\text{п.м}} = Z_{\text{п.б}} = \frac{1}{4,0} = 0,25 \text{ люд.год/га,}$$

Питомі прямі експлуатаційні витрати на визначимо за формулою:

$$C = C_o + C_a + C_p + C_{\text{пмм}}, \quad (3.2)$$

де C_o – оплата праці з нарахуваннями, грн/га;

C_a – амортизаційні відрахування, грн/га;

C_p – витрати на ремонт і технічне обслуговування, грн/га;

$C_{\text{пмм}}$ – витрати на паливо і мастильні матеріали, грн/га.

Оплату праці можна визначити за формулою:

$$C_o = \frac{T \cdot \beta}{H} \quad (3.3)$$

де T - оплата праці за норму виробітку, грн.;

β -коефіцієнт, який враховує нарахування на заробітну плату $\beta = 1,375$.

N - норма виробітку, га.

Оплата праці механізаторів, які працюють на внесені органічних добрив здійснюють як для трактористів-машиністів третьої групи по четвертому розряду тарифної сітки із розрахунку 32,06 грн/год за норму виробітку.

Тоді, витрати на оплату праці при внесені добрив серійним і удосконаленим розкидачем будуть становити:

$$C_{ом} = C_{ос} = \frac{32,06 \cdot 1,375}{28} = 16 \text{ грн./га.}$$

Питомі витрати на реновацію визначимо за формулою:

Відрахування на реновацію машини в агрегаті $C_{ра}$ грн./га визначається так:

$$C_{ра} = \frac{\alpha_{рт} \cdot B_T}{100 \cdot W \cdot t_T} + \frac{\alpha_{рм} \cdot B_M}{100 \cdot W \cdot t_M} \quad (3.4)$$

де $\alpha_{рт}$ і $\alpha_{рм}$ – норма річних відрахувань на реновацію від балансової вартості відповідно трактора і машини %;

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

W - продуктивність агрегату за годину експлуатаційного часу, га;

t_T і t_M – нормативне річне завантаження відповідно трактора і розкидача, год.

Тоді, відрахування на реновацію складають для базового і нового агрегату:

$$(C_{ра})^6 = \frac{10 \cdot 99600}{100 \cdot 4,0 \cdot 1600} + \frac{12,5 \cdot 39900}{100 \cdot 4,0 \cdot 450} = 4,3 \text{ грн./га,}$$

$$(C_{pa})^H = \frac{10 \cdot 99600}{100 \cdot 4,0 \cdot 1600} + \frac{12,5 \cdot 42900}{100 \cdot 4,0 \cdot 450} = 4,5 \text{ грн./га.}$$

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

$$C_{KTO} = \frac{\alpha_{KT} \cdot B_T}{100 \cdot W \cdot t_T} + \frac{1}{100 \cdot W} \cdot \left(\frac{\alpha_T \cdot B_T}{t_T} + \frac{\alpha_M \cdot B_M}{t_M} \right) \quad (3.5)$$

де α_{KT} – 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, %;

Відрахування на капітальний і поточний ремонти і технічне обслуговування становить:

$$(C_{KTO})^6 = \frac{7 \cdot 99600}{100 \cdot 4,0 \cdot 1600} + \frac{1}{100 \cdot 4,0} \cdot \left(\frac{6 \cdot 99600}{1600} + \frac{20 \cdot 39900}{450} \right) = 6,4 \text{ грн./га}$$

$$(C_{KTO})^H = \frac{7 \cdot 99600}{100 \cdot 4,0 \cdot 1600} + \frac{1}{100 \cdot 4,0} \cdot \left(\frac{6 \cdot 99600}{1600} + \frac{20 \cdot 42900}{450} \right) = 6,8 \text{ грн./га.}$$

Витрати на паливо і мастильні матеріали:

$$C_{ПММ} = Q \cdot Ц_k, \quad (3.6)$$

де Q – витрати палива, кг/га;

$Ц_k$ – комплексна ціна палива, грн/л.

Комплексна ціна включає витрати на основне і пускове паливо, а також на мастильні матеріали. Норми витрат мастильних матеріалів в % до основного палива для тракторів становлять: дизельне мастило – 5 %; автотракторне мастило – 3,7 %; солідол – 0,5 %; трансмісійне мастило – 0,8 %.

Вартість палива і мастил коливаються на ринку і залежать від об'ємів закупок, постачальника і інших факторів. З врахуванням сьогоднішніх цін

приймаємо комплексну ціну ПММ 40,0 грн/л. Тоді, питомі витрати на паливо і мастильні матеріали будуть дорівнювати:

при внесенні добрив серійним розкидачем

$$C_{\text{ПММ.б}} = 12,0 \cdot 40 = 480,0 \text{ грн/га,}$$

при експлуатації модернізованого розкидача

$$C_{\text{ПММ.м}} = 12,5 \cdot 40 = 500,0 \text{ грн/га.}$$

Загальні питомі прямі експлуатаційні витрати на внесені органічних добрив становлять:

базовим агрегатом

$$C_{\text{б}} = 1,6 + 4,3 + 6,4 + 480,0 = 492,3 \text{ грн/га,}$$

модернізованим агрегатом

$$C_{\text{м}} = 1,6 + 4,5 + 6,8 + 500,0 = 512,9 \text{ грн/га.}$$

Таким чином, обладнання розкидача додатковим ротором призведе до збільшення прямих питомих експлуатаційних витрат на 20,6 грн/га. Проте його модернізація дасть змогу зменшити нерівномірність внесення добрив, що в підсумку призведе до зростання урожайності озимої пшениці на 5 % і за рахунок цього одержати додаткову продукцію.

Річний економічний ефект від впровадження у виробництво удосконаленого розкидача можна визначити за формулою:

$$E_p = (C_{\text{б}} - C_{\text{м}} + \Pi)F, \quad (3.7)$$

де Π – вартість додаткової продукції, грн./га;

F – об'єм впровадження, га.

При використанні модернізованого розкидача на площі $F = 100$ га річний економічний ефект буде становити

$$E_p = (512,3 - 492,9 + 90,0)100 = 9020,6 \text{ грн.}$$

Визначимо термін окупності витрат понесених на модернізацію розкидача:

$$T_{\text{ок}} = \Delta B / E_p, \quad (3.8)$$

де $T_{ок}$ – термін окупності витрат.

ΔB - збільшення ціни модернізованого розкидача, грн.

$$\Delta B = B_M - B_6 = 42900 - 39900 = 3000 \text{ грн.}$$

$$T_{ок} = 3000/9020,6 \approx 1 \text{ рік.}$$

Результати розрахунку економічної ефективності модернізації розкидача органічних добрив зведемо в табл. 3.2.

Таблиця 3.2- Економічні показники проекту

Назва показників	Розкидач добрив ПРТ-10		Відхилення, +,-
	Серійний	Модернізований	
1. Балансова вартість, грн.	39900	42900	3000
2. Продуктивність, га/год.	4,0	4,1	0
3. Затрати праці, люд.год./га	0,25	0,25	0
4. Прямі експлуатаційні витрати, грн/га:	492,3	512,9	-20,6
в тому числі:			
відрахування на реновацію	4,3	4,5	-0,2
оплата праці	1,6	1,6	0
витрати на ПММ	480,0	500,0	-20,0
відрахування на ремонти і ТО	6,4	6,8	-0,4
5. Річний економічний ефект, грн.		9020,6	
6. Строк окупності витрат на модернізацію розкидача, років		1	

Висновки до розділу 3. Таким чином, запропоновані в роботі конструктивні зміни розкидача органічних добрив ПРТ-10 дозволять одержати річний економічний ефект в сумі 9020,6 грн., а затрати на модернізацію окупляться протягом року експлуатації.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Для того щоб покращити якісні показники роботи розкидача необхідно розробити додатковий вузол, який би забезпечував вирівнювання і часткове подрібнення маси твердих органічних добрив, які поступають на розкидний механізм. Це в свою чергу дало б можливість підвищити якість розкидання добрив по поверхні поля, чим забезпечується одержання стабільних високих врожаїв сільськогосподарських культур.
2. Для вирівнювання твердих органічних добрив і їх подрібнення на серійно випускаючу машину встановлено подрібнювач-вирівнювач. Подрібнювач-вирівнювач являє собою барабан на якому закріплені зубчасті диски, які діючи на добрива розрівнюють їх по поверхні кузова. Кріпиться подрібнювач-вирівнювач в верхній частині кузова на двох швелерах.
3. На початку руху з місця можна використовувати I, II, III передачі трактора, на робочому режимі, так як тягове зусилля на цих передачах відповідно становить $R_{крI} = 41,6$ кН, $R_{крII} = 35,8$ кН, $R_{крIII} = 31,4$ кН, що дозволяє стверджувати про достатню тягову потужність трактора.
4. Складання операційно-технологічної карти має за меті підвищити ефективність виконання технологічного процесу внесення твердих добрив. Вони сприяють покращення живлення рослин, впливають на баланс кислотності і покращують водо-фізичні якості ґрунту.
5. Запропоновані в роботі конструктивні зміни розкидача органічних добрив ПРТ-10 дозволять одержати річний економічний ефект в сумі 9020,6 грн., а затрати на модернізацію окупляться протягом року експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Животков Л.А., Бірюков С.В. Пшениця. - К.: Урожай, 1989. - 320 с.
2. Зінченко О.І., Алексєєва О.С. Біологічне рослинництво. - К.: Вища школа, 1996. - 239 с.
3. Ільченко В.Ю., Нагірний Ю.П. Машиновикористання у землеробстві. - К.: Урожай, 1996. - 384 с.
4. Ільченко В.Ю., Карасьов П.І. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві. - К.: Урожай, 1993. - 288 с.
5. Кулик М.Ф., Gracey A. Вдосконалення технологій зберігання та використання зерна. - Wilmington.: "WGCC", 1996. - 240 с.
6. Трисвятський Л.А. та ін Зберігання та технологія сільськогосподарських продуктів. - М.: Агропромиздат, 1991. - 415 с.
7. Хоменко М.С., Зирянов В.А., Насонов В.А. Механізація посіву зернових культур. Довідник -К: Врожай, 1989. -168 с.
8. Технологія виробництва продукції рослинництва / Фірсов І.П., Соловйов А.М., та ін. - М.: Агропромиздат, 1989 р. - 426с.
9. Муха В.Д., Пеліпець В.А. Програмування урожаїв основних сільськогосподарських культур. - К.: Урожай, 1984 р. - 152 стор.
10. Каюмов М.К. Програмування врожаїв сільськогосподарських культур - М.: Агропромиздат, 1989 р. - 320с.
11. Типові норми виробітку та витрачання палива на механізовані польові роботи. Держагропром УРСР. - К.: Урожай, 1991р. - 472 стор.
12. Пильщиков Л.М. Практикум з експлуатації машинотракторного парку - М.: Колос, 1976 р. - 272с.
13. Єдині норми вироблення та витрати палива на тракторно-транспортні та вантажні роботи у сільському господарстві. - М.: Колос, 1980 р. - 424с.

14. Допомога з експлуатації машинно-тракторного парку / Фере І.Е.; Бубнов В.З., Єлень А.В., Пильщиков Л.М.: під. ред. Фере І.Е., 2-ге вид., перероб. І дод. - М.: Колос, 1978 р. - 256с.
15. Довідник сільського інженера / Гречкосій В.Д., Погорілець О.М., Ревенко І.І. та ін.: За ред. Гречкосія В.Д. - К.: Урожай, 1988р. - 360с.
16. Довідник з експлуатації машинно-тракторного парку / Йофонов С.А., Бабенко Е.П., Зуєв Ю.А.: За заг. ред. Йофонова С.А. - М.: Агропромиздат, 1983 р. - 272с.
17. Сільськогосподарські та меліоративні машини / Листопад Г.Є., Демідов Г.К., Зонов Б.Д. та ін.; Під. заг. ред. Листопада Г.Є. - М.: Агропромиздат, 1986 р. - 688с.
18. Теорія, конструкція та розрахунок сільськогосподарських машин: Підручник для ВНЗ сільськогосподарського машинобудування / Босий Є.С., Верняєв О.В., Смирнов І.І.: Під. заг. ред. Босого Є.С. - 2-ге вид., перероб. І дод. - М.: Машинобудування, 1977 р. - 568с.
19. М'якушко Л.М. сільськогосподарська екологія. - К.: Вища школа, 1991р. - 452с.
20. Агроекологія. Навчальний посібник / Городній М.М., Шикуча М.К., Гутков І.М. - К.: Вища школа, 1993р. - 192с.

ДОДАТКИ