

**ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПОСІВНИХ КОМПЛЕКСІВ ВІТЧИЗНЯНОГО ВИРОБНИЦТВА
МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЗА КРИТЕРІЯМИ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ**

Саржанов Олександр Анатолійович

кандидат технічних наук, доцент

Сумський національний аграрний університет

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3973-0185>

email: alexsar@i.ua

Барабаш Григорій Іванович

кандидат технічних наук, доцент

Сумський національний аграрний університет

ORCID: 0000-0003-1075-479X

email kaf_et@i.ua

В запропонованій статті наведені методичні підходи по визначенню основних техніко-експлуатаційних показників використання нових посівних комплексів вітчизняного виробництва, по яких ще відсутня в літературних джерелах інформація що до ефективності їх роботи в певних виробничих умовах; наведені конкретні значення режимів роботи, продуктивності, витратах палива цих машин.

Ключові слова: сівба, посівні комплекси, методика, потужність, швидкість руху, продуктивність, витрата палива, рівень використання.

Постановка проблеми.

Технологічні процеси по обробітку ґрунту та сівбі є основними складовими частинами зональних науково обґрунтованих систем землеробства. Особливо важливе значення це набуває в сучасних умовах, коли істотно ускладнилось ресурсне забезпечення аграрних підприємств [3].

Традиційно техніко-експлуатаційні показники використання машинних агрегатів в рослинництві визначаються, виходячи з того, що за довідковими даними по питомому опорі робочих органів машин які експлуатуються в певних ґрунтово-кліматичних умовах, та відомими тяговими зусиллями тракторів вибирають

необхідну передачу, завантажуючи таким чином двигун трактора до оптимального значення, але в межах певного діапазону агротехнічно допустимих швидкостей [1,2,4]. Але на даний момент ситуація помінялась. Інформація що до згаданих показників відсутня через те, що офіційно лабораторно-польові дослідження або не проводяться або інформація про це відсутня.

Щоб вийти з такого положення пропонується дещо інший шлях: довіритись виробникам машин, які стверджують, що для ефективного використання сільськогосподарської машини потрібен трактор певної потужності, як це наприкладі: для використання посівного комплексу Сіріус – 10 необхідно мати трактор з потужністю двигуна 300 к.с. (220 кВт). Найбільше для цієї ролі підходить

трактор Беларусь МТЗ – 3022 ДЦ-1. Потужність його двигуна – 222 кВт. Умовно його можна віднести до 5 класу тяги. Він може агрегатувати посівний комплекс в діапазоні швидкостей 8 – 10 км/год., при якій забезпечується найбільш якісна робота посівного комплексу. Але для визначення показників використання машини потрібно знати конкретну передачу, на якій забезпечується робоча швидкість в межах зазначеного діапазону.

Маючи це на увазі можна аналітичним шляхом визначити питомий та загальний опір робочих органів посівного комплексу, а в подальшому і завантаженість двигуна.

Аналіз результатів останніх досліджень.

Аналітичні дослідження стосовно оцінки ефективності роботи посівних комплексів і їх порівняльної оцінки в умовах Лісостепу Сумської області не проводились.

Формулювання цілей статті та мета досліджень.

Вони полягають в тому, щоб надати методичні підходи по визначенню техніко-експлуатаційних та енергетичних показників використання посівних комплексів, що дасть можливість в подальшому обґрунтувати вибір одного із альтернативних агрегатів по необхідних критеріях.

Обґрунтування робочої швидкості

Загальний опір посівного комплексу в складі машинного агрегату, R_M (кН):

$$R_M = k \cdot B_K + G_M \left(f + \frac{i}{100} \right), \quad (1)$$

де k – фактичний питомий опір робочих органів, кН/м;

B_K – конструкційна ширина захвату, м;

G_M – експлуатаційна вага посівного комплексу, кН;

f – коефіцієнт опору коченню;

i – схил місцевості в умовах використання, %.

Фактичний питомий опір робочих органів k залежить від швидкості руху машинного агрегату V_P :

$$k = k_0 \left[1 + \frac{\Delta k}{100} (V_P - V_0) \right]. \quad (2)$$

де k_0 – початковий питомий опір робочих органів при швидкості руху агрегату до $V_0=5$ км/год.;

Δk – темп приростання питомого опору при збільшенні швидкості руху агрегату на 1 км/год, % ($\Delta k = 1...3$).

У посівних комплексах початковий питомий опір слід розглядати як суму питомих опорів різних робочих органів, що входять до складу комплексу. (таблиця 1).

Таблиця 1

Питомий опір робочих органів

Технологічні операції	Питомий опір, кН/м
Лущення дисковими знаряддями	2,0
Борони дискові	
- дискування парів і зябу	1,4...1,6
- лущення стерні	3...6
Суцільна культивування	
- парові при глибині обробітку	
- 6...8 см	1,2...2,6
- 10...12 см	1,6...3,0

Дискові сошники сівалки	1,0...1,8
Коткування кільчато - шпоровими котками	0,5...1,0

Конструкційна ширина захвата посівного комплексу наведена в його технічній характеристиці.

Вага комплексу G_M (кН) визначається за формулою:

$$G_M = \frac{(m_M + m_D + m_N) \cdot g}{1000}, \quad (3)$$

де m_M – конструкційна маса комплексу, кг;

m_D – маса добрив у бункері, кг;

m_N – маса насіння у бункері, кг;

g – прискорення вільного падіння, м/с². $g=9,81$ м/с².

Конструкційна маса комплексу наведена в його технічній характеристиці.

Маса зерна та добрив визначається за формулою:

$$m = V_b \cdot \gamma, \quad (4)$$

де V_b – об'єм бункера, м³;

γ – об'ємна маса матеріалу (насіння, добрив), кг/м³.

Розміри бункерів наведені в технічній характеристиці.

Питома об'ємна маса, кг/м³:

-пшениця _____ 850; -жито _____ 800;

-ячмінь _____ 750 -овес _____ 550;

-просо _____ 900 -гречка _____ 700;

-горох _____ 900 -кукурудза _____ 900;

-соняшник _____ 400; -сечовина _____ 1140;

-суперфосфат _____ 1000.

$$V_p = V_T \left(1 - \frac{\delta}{100} \right), \quad (5)$$

де V_T – теоретична швидкість руху агрегату на вибраній передачі, км/год.

Передача трактора вибирається з такого розрахунку, щоб робоча швидкість вписувалась в діапазон швидкості,

наведений в технічній характеристиці комплексу (здебільшого $V_p = 10 \dots 12$ км/год).

δ – буксування рушіїв трактора:

- гусеничного 2...5%;

- колісного: 4x4 – 10...12%; 4x2 – 14...16%.

Втрати потужності двигуна трактора (енергетичного засобу) на виконання технологічного процесу, N_e , (кВт):

$$N_e = N_{mp} + N_f + N_\delta + N_\alpha + N_M + N_{BVP}, \quad (6)$$

де N_{mp} – втрата потужності в трансмісії, кВт;

N_f – втрата потужності на перекочування трактора, кВт;

N_δ – втрата потужності на буксування рушіїв трактора, кВт;

N_α – втрата потужності на подолання підйому, кВт;

N_M – втрата потужності на подолання опору робочої машини, кВт;

N_{BVP} – втрата потужності на привід робочих органів машини від валу відбору потужності (ВВП), кВт.

Втрата потужності в трансмісії, кВт:

$$N_{mp} = N_{en} \cdot (1 - \eta_{mp}), \quad (7)$$

де N_{en} – номінальна ефективна потужність двигуна трактора, кВт (наводиться в технічній характеристиці трактора, прийнятого до розрахунків)

η_{mp} – ККД трансмісії трактора:

Для колісного трактора $\eta_{mp} = 0,89 \dots 0,92$.

Втрата потужності на перекочування трактора, кВт

$$N_f = \frac{G_{mp} \cdot f \cdot V_p}{3,6}, \quad (8)$$

де G_{mp} – вага трактора, кН;

$$G_{mp} = \frac{m_{mp} \cdot g}{1000}, \quad (9)$$

де m_{mp} – маса трактора, кг (наводиться в технічній характеристиці трактора).

Втрата потужності на буксування рушіїв трактора, кВт

$$N_{\delta} = \frac{R_M \cdot (V_T - V_p)}{3,6}, \quad (10)$$

Втрата потужності на подолання підйому трактора, кВт

$$N_{\alpha} = \frac{G_{mp} \cdot i \cdot V_p}{360}, \quad (11)$$

Втрата потужності на подолання опору посівного комплексу, кВт

$$N_M = \frac{R_M \cdot V_p}{3,6}, \quad (12)$$

Втрата потужності на привід робочих органів машин від ВВП, кВт

Потужність $N_{ВВП}$, яка витрачається на привід активних робочих органів машин в дію:

$$N_{ВВП} = N_{лит} \cdot V_k \quad (13)$$

де $N_{лит}$ – питома потужність приводу ВВП, кВт/м.
 $N_{лит} = 1,5 \dots 1,8$ кВт/м.

Коефіцієнт завантаження двигуна по потужності при виконанні технологічного процесу, ζ_p :

$$\zeta_p = N_e / N_{ен} \quad (14)$$

Оптимальна величина завантаження дизельних двигунів в залежності від енергомісткості процесу знаходиться в межах $\zeta_p = 0,70 \dots 0,85$.

Визначення техніко-експлуатаційних показників використання посівних комплексів.

Продуктивність за 1 год. змінного часу, $\omega_{зм}$, га/год.:

$$\omega_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau, \quad (15)$$

Робоча ширина захвату B_p для посівних комплексів $B_p = B_k$.

де τ – коефіцієнт використання часу зміни:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{зм}}, \quad (16)$$

де T_p – час чистої (основної) роботи за зміну, год.;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, год. При виконанні сівби $T_{зм} = 7$ год.

Кількість циклів за зміну, $n_{ц}$:

$$n_{ц} = \frac{T_{зм} - \sum T_{нц}}{t_{ц}}, \quad (17)$$

де $\sum T_{нц}$ – сума позациклових простоїв за зміну, що включає підготовчо – заключний час, час на виконання технічного і технологічного обслуговування агрегатів, час на власні потреби (задається нормативно). $\sum T_{нц} = 0,42$ год.;

$t_{ц}$ – тривалість циклу, год.;

Тривалість циклу дорівнює:

$$t_{ц} = t_p + t_x + t_{оч} + t_{зав}, \quad (18)$$

де t_p – тривалість чистої роботи за один цикл, год.;

t_x – тривалість холостого повороту, год.;

$t_{оч}$ – тривалість очікування;

$t_{зав}$ – тривалість завантаження насінням та добривами, год.

$$t_p = \frac{L_p}{V_p} \quad (19)$$

де L_p – довжина поля, км.

$$t_x = \frac{L_x}{V_x}, \quad (20)$$

де L_x – довжина холостого повороту, км.

V_x – швидкість руху на поворотах, км/год. $V_x = 5 \dots 7$ км/год.

Чистий час роботи агрегату за зміну, T_p (год.):

$$T_p = t_p \cdot n_{\text{ц}}, \quad (21)$$

Час поворотів за зміну, T_x (год.):

$$T_x = t_x \cdot n_{\text{ц}}, \quad (22)$$

$$L_x = 7,8B_k, \quad (23)$$

Тривалість очікування дорівнює тривалості під'їзду та від'їзду завантажувача і можна прийняти $t_{\text{оч}} = 3 \dots 4 \text{ хв.} = 0.05 \dots 0.07 \text{ год.}$

Час завантаження (розвантаження) технологічних місткостей за зміну, $t_{\text{зав}}$, год.:

$$T_{\text{зав}} = t_{\text{зав}} \cdot n_{\text{ц}}, \quad (24)$$

Тривалість одного завантаження залежить від місткості бункера посівного комплексу та продуктивності завантажувача:

$$t_{\text{зав}} = V_6 / w_3. \quad (25)$$

де V_6 – об'єм бункера, м³;

w_3 – продуктивність завантажувача, м³/год.

Значення V_6 , w_3 наведені в технічній характеристиці відповідних машин.

Продуктивність завантажувача: для ЗС – 30 $w_3 = 30$ т/год. (8,3 кг/с.)

Змінна продуктивність МА,

$$W_{3M} = \omega_{3M} \cdot T_{3M}. \quad (26)$$

Витрата палива на одиницю площі, $G_{\text{за}}$ (кг/га):

$$G_{\text{за}} = \frac{G_p T_p + G_X T_X + G_{\text{неп}} T_{\text{неп}}}{\omega_{3M} \cdot T_{3M}}, \quad (27)$$

де $G_p, G_X, G_{\text{неп}}$, - годинна витрата палива, відповідно, при виконанні технологічного процесу, на поворотах, переїздах, кг/год.;

$T_p, T_X, T_{\text{неп}}$ - тривалість, відповідно, чистого часу зміни, поворотів, год.

$$G_p = \frac{g \cdot N_{\text{ен}} \cdot \xi_p}{1000}, \quad (28)$$

$$G_x = \frac{0,4 \cdot g \cdot N_{\text{ен}}}{1000}, \quad (29)$$

$$G_{\text{неп}} = \frac{0,3 \cdot g \cdot N_{\text{ен}}}{1000}, \quad (30)$$

$$T_{\text{неп}} = \frac{L}{V_{\text{неп}}}, \quad (31)$$

де L – довжина (ширина) поля, км.

$V_{\text{неп}}$ – швидкість руху на переїздах, км/год.

Необхідна кількість агрегатів.

Кількість сівальних агрегатів $n_{\text{АГР}}$, необхідних для своєчасного виконання технологічних операцій, можна визначити за формулою:

$$n_{\text{АГР}} = \frac{F}{D_p \cdot w_{3M} \cdot T_{3M} \cdot k_{3M}} \quad (32)$$

де F – обсяги посівних робіт, га.;

D_p – кількість робочих днів (агрострок);

k_{3M} – коефіцієнт змінності (кількість змін за робочий день).

Результати математичного моделювання

Вихідні дані

Культура - озима пшениця.

Технологічна операція – сівба з одночасним внесенням добрив.

Розміри поля: площа $F = 200$ га; довжина $L = 2000$ м; ширина $B = 1000$ м.

Схил місцевості $i = 4\%$.

Норма висіву насіння $Q_n = 200$ кг/га;

Доза внесення добрив $Q_d = 85$ кг/га.

Питомий опір $k_0 = 2,5$ кН/м.

Об'ємна маса: насіння $\gamma_n = 800$ кг/м³; добрива $\gamma_d = 1000$ кг м³.

Варіанти:

Посівні комплекси:

I МТЗ -3022 ДЦ + Алкор – 7,5

II МТЗ -3022 ДЦ+ Алкор - 10

Загальний вигляд посівних комплексів наведений на рис.1;2.



Рис.1. Загальний вигляд посівного комплексу Алкор 7,5



Рис.2. Загальний вигляд посівного комплексу Алкор 10

Порядок та результати розрахунків показників роботи посівних комплексів наведений в таблиці 2.

Показники використання посівних комплексів

Таблиця 2.

Показники	Один. виміру	Варіанти	
		МТЗ -3022 ДЦ + Алкор – 7,5	МТЗ -022ДЦ+ Алкор - 10
1	2	3	4
1.Діапазон оптимальних швидкостей машинного агрегату при сівбі зернових	км/год.	9-11	
4.Прийнятна робоча швидкість по передачах, V_p	км/год.	9,2	9,2
6.Загальний опір посівного комплексу на вибраній передачі, R_m :	кН	41,8	48,9
7.Потужність, що витрачається на подолання опору комплексу при виконанні технологічного процесу, N_m	кВт	106,8	124,9
Коефіцієнт завантаженості двигуна при сівбі, ζ_p		0,75	0,84
10. Продуктивність за 1 год. основного часу, ω_o	га/год.	6,7	9,0
8.Коефіцієнт використання часу зміни,		0,69	0,66
9.Продуктивність за 1 год. змінного часу, $\omega_{зм}$:	га/год.	4,6	5,9
10.Змінна продуктивність, $W_{зм}$:	га	32,2	41,3
– тривалість зміни	год.	7	7
14.Необхідна кількість посівних комплексів, n_a	штук	1,0(1)	0,81(1)
19.Гектарна витрата палива, $G_{га}$	кг/га	8,2	7,2
20.Питомі затрати енергії, Z_e:	$\frac{кВт*год}{га}$	36,3	31,7
21.Рівень використання агрегатів		0,52	0,55

Висновок

З точки зору техніко-експлуатаційних показників більш раціональним посівним агрегатом можна вважати агрегат в складі Беларусь 3022-ДЦ + Алкор - 10. У нього вища продуктивність (5,9га/год. проти 4,6 га/год.), погектарна витрата менша на 2 кг/га палива, завантаженість двигуна у нього ближче до нормативного.

Список використаної літератури:

1. Методика розробки операційної технології механізованих польових робіт / Г.І.Барабаш, В. М. Зубко, О. Г. Барабаш, Т. В. Хворост. – Суми: ТОВ "Друкарський дім "Папірус", 2016. – 130 с.
2. Експлуатація машинно-тракторного парку / Діденко М.К. 5-е вид., перероб. і доп.- К.: Вища школа. Головне видавництво, 1983.- 447 арк.
3. Оптимізація комплексів машин і структури машинного парку та планування технічного сервісу / [Мельник І.І., Гречкосій В.Д., Марченко В.В., Михайлович Я.М., Мельник В.І., Надточій О.В.]; за ред. І. І. Мельника. – Київ: Видавничий центр НАУ, 2004. – 85 с.
4. Орманджи К.С., Барабаш Г.И. и другие. Правила производства механизированных работ в полеводстве. М., Россельхозиздат, 1983

Sarzhanov O.A., Barabash G.I.

Обоснование выбора посевных комплексов отечественного производства методом математического моделирования

В предложенной статье приведены методические подходы по определению основных технико-эксплуатационных показателей использования новых посевных комплексов отечественного производства, по которым еще отсутствует в литературных источниках информация относительно эффективности их работы в конкретных производственных условиях; приведены конкретные значения режимов работы, производительности, расхода топлива этих машин.

Ключевые слова: посев, посевные комплексы, методика, мощность, скорость движения, производительность, расход топлива, уровень использования.

Sarzhanov O.A., Barabash G.I.

Substantiation of the choice of seeding complexes of domestic production by the method of mathematical modeling

The proposed article provides methodological approaches to determine the main technical and operational indicators of the use of new sowing complexes of domestic production, for which there is still no information on the sources the effectiveness of their work in specific production conditions; The specific values of the robot modes, productivity, fuel consumption of these machines are given.

Key words: sowing, sowing complexes, methodology, power, speed, productivity, fuel consumption, level of use.

Дата надходження до редакції: 24.03.2019

