

УДК 631.376.004.14

## ОСОБЛИВОСТІ ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ МАШИННИХ АГРЕГАТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ СУЧАСНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ

*Г. Барабаш, к.т.н., В. Зубко, к.т.н., О. Барабаш, інж.*

*Сумський національний аграрний університет*

*Т. Щур, к.т.н.*

*Львівський національний аграрний університет*

**Ключові слова:** машинні агрегати, показники використання.

Розглянуто питання вдосконалення машинних агрегатів (МА) при виконанні механізованих польових робіт сучасними енергетичними засобами, звертаючи особливу увагу буксуванню рушіїв в різних умовах їх роботи.

**Постановка проблеми.** Комплектування раціональних машинних агрегатів для рослинництва і обґрунтування оптимальних режимів їх роботи має забезпечити якісне виконання технологічних процесів та мінімально можливу собівартість обробітку одиниці площі. Для здійснення цього заходу потрібне методичне забезпечення стосовно енергетичних засобів сучасного виробництва.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Відомо, що раціональне комплектування машинних агрегатів забезпечується дотриманням (встановленням) декількох техніко-експлуатаційних показників: робочою швидкістю, фактичне значення якої повинно бути в межах агротехнічно допустимого діапазону швидкостей, та тяговим зусиллям, при якому завантаженість трактора повинна бути на рівні оптимального значення – 0,75-0,90 в залежності від енергоємності технологічного процесу. Рівень завантаженості трактора оцінюють коефіцієнтом використання тягового зусилля  $\eta_T$ , який визначається за формулою:

$$\eta_T = \frac{R_a}{P_{гн}} , \quad (1)$$

де  $R_a$  – тяговий опір агрегату, кН;

$P_{гн}$  - номінальне гомове зусилля трактора на вибраній передачі, яка забезпечує необхідну швидкість руху.

Тяговий опір на практиці встановлюється динамометруванням в польових умовах або аналітичним шляхом з використанням довідкових даних.

Гакове зусилля встановлюється при проведенні експлуатаційних випробовувань тракторів на різних агротехнічних фонах, які дозволили будувати такі тягові характеристики тракторів. Зараз такі випробування не проводяться, тягові характеристики не будуються, а за кордоном подібні дії ніколи не виконувались. Тому для правильних розрахунків, пов'язаних з комплектуванням машинних агрегатів, потрібні інші методи, які не пов'язані з тяговими показниками трактора.

**Постановка завдання.** Вдосконалення методів визначення оптимальних параметрів МА при їх комплектуванні з використанням енергетичних засобів нового покоління.

**Виклад основного матеріалу.** Ступінь використання номінальної потужності двигуна оцінюють коефіцієнтом завантаженості  $\eta_{\text{дов}}$ :

$$\eta_{\text{дов}} = \frac{N_e}{N_{\text{ен}}} , \quad (2)$$

де  $N_e$  – фактична ефективна потужність двигуна при виконанні технологічного процесу, кВт;

$N_{\text{ен}}$  – номінальна (паспортна) ефективна потужність двигуна, кВт.

В скороченому вигляді потужність  $N_e$  (кВт) визначається за формулою:

$$N_e = \frac{(R_m + R_{\text{зч}} + R_{\text{м}}) \cdot v_p}{3,6 \cdot \eta_{\text{мг}} \cdot \eta_{\text{б}}} , \text{ кВт} \quad (3)$$

де  $R_m$  – опір трактора на самопересування, кН;

$R_{\text{зч}}$  – опір зчипки на пересування, кН;

$R_{\text{м}}$  – опір робочої машини, кН;

$v_p$  – робоча швидкість руху агрегату, км/год.;

$\eta_{\text{мг}}$  – загальний механічний ККД трансмісії;

$\eta_{\text{б}}$  – коефіцієнт, що враховує втрати потужності на буксуванні.

Опір трактора на самопересування  $R_m$  визначається за формулою:

$$R_m = R_{fm} + R_{\alpha} , \text{ кН} , \quad (4)$$

де  $R_{fm}$  – сила опору кочення, кН;

$R_{\alpha}$  – сила, що витрачається на подолання підйому, кН.

$$R_{fm} = G_{em} \cdot f_m , \text{ кН} \quad (5)$$

$$R_{\alpha} = \pm G_{em} \cdot \frac{i}{100} , \text{ кН} , \quad (6)$$

де  $G_{em}$  – експлуатаційна вага трактора, кН;

$f_m$  – коефіцієнт опору перекочення трактора;

$i$  – схил місцевості, %.

Тоді

$$R_m = G_{em} \left( f_m \pm \frac{i}{100} \right), \text{ кН} \quad (7)$$

Експлуатаційна вага відрізняється від конструкційної тим, що враховує наповненість резервуарів, наявність оператора (механізатора), інструмента тощо, яке складає близько 7% маси трактора. Тобто:

$$G_{em} = \frac{1.07 * m_k * g}{1000}, \text{ кН} \quad (8)$$

де  $m_k$  – конструкційна маса трактора, кг.

Опір зчіпки  $R_{зч}$  визначається за формулою:

$$R_{зч} = G_{зч} \left( f_{зч} \pm \frac{i}{100} \right), \text{ кН}, \quad (9)$$

де  $G_{зч}$  – вага зчіпки, кН;

$f_{зч}$  – коефіцієнт опору перекоченню зчіпки.

Опір робочої машини  $R_m$  визначається за формулою:

$$R_m = k_v * B_k * n_m + G_m \left( f_m \pm \frac{i}{100} \right), \text{ кН}, \quad (10)$$

де  $k_v$  – питомий опір робочої машини на максимально можливій швидкості руху, визначеною агро вимогами, кН/м (кН/м<sup>2</sup>);

$B_k$  – конструктивна ширина захвата робочої машини, м;

$n_m$  – кількість машин в агрегаті;

$G_m$  – експлуатаційна вага машини, кН;

$f_m$  – опір перекочення робочої машини.

Економічний роботі трактора (енергетичного засобу) відповідає ступінь його завантаженості 75-90%, а двигуна 70-80%.

Механічний коефіцієнт корисної дії  $\eta_{м2}$  по своїй величині для колісних і гусеничних тракторів різний. Коефіцієнт  $\eta_{м2}$  враховує втрати на подолання шкідливих опорів, зокрема:

- тертя робочих поверхонь зубів шестерень, що знаходяться в зачепленні (цей зростає одночасно з величиною передавального моменту, а також суттєво залежить від якості виготовлених шестерень);

- тертя шестерень об мастила в картері двигуна, їх рівня, в'язкості мастил, частоти обертання шестерень;

- тертя в підшипниках валів, несучих шестерень, залежного від типу підшипників, їх стану;

- тертя в шарнірах і в зачепленні ведучих ділянок гусениць.

Для сучасних колісних тракторів  $\eta_m = 0,91-0,92$ ; для гусеничних -  $\eta_m = 0,86-0,88$ .

Коефіцієнт, що враховує втрати на подолання буксування,  $\eta_b$  знаходиться за формулою:

$$\eta_b = 1 - \frac{\delta}{100}, \quad (11)$$

де  $\delta$  – буксування рушіїв, %.

Із популярної літератури відомо, що величина буксування залежить від тягового опору, типу та стану рушіїв, стану поверхні ґрунту, а в середньому: для колісних тракторів  $\delta_k = 12\%$ , для гусеничних –  $\delta_g = 4\%$ .

В сучасних літературних джерелах не можна виявити фактори впливу на буксування в аналітичному виразі.

В роботах Б.С.Свірщевського [ 5 ] можна знайти:

$$\delta = a \frac{P_z}{G_{em}} + v \left( \frac{P_z}{G_{em}} \right)^c, \quad (12)$$

де  $a, v, c$  – числові значення коефіцієнтів, які знаходяться дослідницьким шляхом;

$P_z$  – гакове зусилля трактора, якому відповідає величина буксування.

Для гусеничних тракторів при роботі:

- на стерні  $a=0,033; v=0,077; c=2,000$ ;
- на полі, підготовленого під сівбу  $a=0,011; v=1,40; c=4,32$ .

В роботах Ю.К. Кіртбая [3] цьому теж приділена увага:

$$\eta_b = 1 - c \frac{P_z^n}{G_{зч}}, \quad (13)$$

де  $c$  – коефіцієнт пропорційності;

$n$  – показник ступені;

$P_z$  – дотична сила трактора, кН;

$G_{зч}$  – зчіпна вага трактора, кН.

Для гусеничних тракторів при роботі:

- на стерні  $c = 0,046-0,047$ ;
- на ґрунті, підготовленому під сівбу,  $c = 0,056-0,058$ .

Для колісних тракторів при роботі:

- на стерні  $c = 0,06-0,2$  при  $n = 1,0-1,2$ .

Очевидно, що при роботі на розпушеному ґрунті коефіцієнт «с» у колісних тракторів визначити значно складніше, оскільки у них значно більше чинників, які треба враховувати.

Однак, з цієї ситуації можна вийти, скориставшись даними випробувань тракторів, які ще й досі випускаються в Україні [4].

На рис. 1 наведені залежності буксування тракторів на різних агротехнічних фонах від тягового зусилля тракторів.

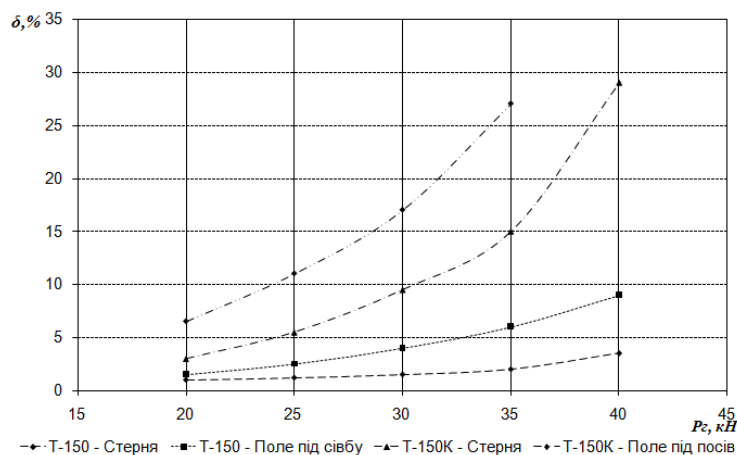


Рис. 1. Залежність величини буксування  $\delta$  від тягового зусилля тракторів.

В певній мірі достовірності графічні залежності можна виразити в цифровій інтерпретації (табл. 1).

Після математичної обробки наведених в таблиці експериментальних даних були отримані наступні вирази:

Трактор Т-150:

- фон – стерня  $\delta = 0,0006P_{\Gamma}^3 - 0,046P_{\Gamma}^2 + 1,205P_{\Gamma} - 9,51$ ;
- фон -- поле під сівбу  $\delta = 0,0129P_{\Gamma}^2 - 0,4014P_{\Gamma} + 4,4286$ .

Трактор Т-150К:

- фон – стерня  $\delta = 0,0005P_{\Gamma}^4 - 0,0513P_{\Gamma}^3 + 2,1183P_{\Gamma}^2 - 38,067P_{\Gamma} + 253$ ;
- фон - поле під сівбу  $\delta = 0,0566P_{\Gamma}^2 - 1,7611P_{\Gamma} + 19,162$ .

Із формули (3) з урахуванням формули (2) знайдемо швидкість:

$$v_p = \frac{3,6 \cdot N_{\text{ен}} \cdot \eta_{\text{дв}}^H \cdot \eta_{\text{мг}} \cdot \eta_{\delta}}{R_{\Gamma} + R_{\text{зч}} + R_{\text{м}}}, \text{ км/год.}, \quad (14)$$

де  $\eta_{\text{дв}}^H$  - нормативне значення коефіцієнта завантаженості двигуна.

Таблиця 1.

Величина буксування в залежності від тягового зусилля трактора, кН

Трактор	Агрофон	Тягові зусилля, $P_{\Gamma}$ , кН				
		20	25	30	35	40
Т-150	Стерня	1,0	1,2	1,5	2,0	3,5
	Поле під сівбу	1,5	2,5	4,0	6,0	9,0
Т-150К	Стерня	3,0	5,5	9,5	15,0	29,0
	Поле під сівбу	6,5	11,0	17,0	27,0	-

При умові, що ходова система складових МА однотипна, тобто  $f_m \approx f_{зч} \approx f_m = f$ , то формула (14) після підстановки значень  $R_T, R_{зч}, R_M$ , прийме вигляд:

$$v_p = \frac{3,6 * N_{ен} * \eta_{дв}^H * \eta_{мг} * \eta_{\delta}}{(G_{ет} + G_{зч} + G_M) \left( f \pm \frac{i}{100} \right) + k_V * B_K * n_M}, \text{ км/год.} \quad (15)$$

При використанні тягово-приводних машин формула (15) прийме дещо інший вигляд:

$$v_p = \frac{3,6 \left( N_{ен} - \frac{N_{ВВП}}{\eta_{ВВП}} \right) * \eta_{дв}^H * \eta_{мг} * \eta_{\delta}}{(G_{ет} + G_M) \left( f \pm \frac{i}{100} \right) + k_V * B_K}, \text{ км/год.}, \quad (16)$$

де  $N_{ввп}$  – потужність, що затрачується на привід робочих органів від ВВП, кВт;

$\eta_{ввп}$  – ККД валу відбору потужності.

Якщо після підрахунків виявиться, що робоча швидкість більша допустимого значення, то можна зменшити швидкість і працювати з недовантаженим двигуном, що зменшить ефективність використання енергетичного засобу, а якщо менше допустимого значення – якість роботи буде гіршою, що теж зменшить ефективність використання машинного агрегату.

**Висновки.** При відсутності в технічній характеристиці трактора інформації стосовно його тягових можливостей в розрізі передач можна скористуватися наведеною в статті вдосконаленою методикою обґрунтування складу машинного агрегату, який забезпечував би ефективну і якісну роботу при виконанні польових механізованих робіт.

#### Бібліографічний список

1. Машиновикористання в землеробстві. /В.Ю. Ільченко, Ю.П. Нагірний, П.А. Джолос та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка і Ю.П. Нагірного. – К.: Урожай, 1996. – 384 с.
2. Орманджи К.С. Методика разработки операционной технологии механизированных полевых работ /К.С. Орманджи, Ю.К. Киртбая, Г.И. Барабаш. – М.: ПМУ ЦОПКБ ВИМ, 1982. – 192 с.
3. Веденяпин Г.В. Эксплуатация машинно-тракторного парка. /Г.В. Веденяпин, Ю.К. Киртбая, М.П. Сергеев – М.: «Колос», 1968. 343 с.
4. Агрегаткування і поліпшення використання тракторів Т-150 і Т-150К на сільськогосподарських роботах. / О.О. Юшин, В.Г. Євтенко, Ю.С. Любинський та ін. – Харків «Прапор». 1973. – 80 с.
5. Свиричевский В.С. Эксплуатация машинно-тракторного парка. – М.: Сельхозизд, 1958.- 660 с.

**Barabash G., Zubko V., Barabash O, T. Shchur. Features of justification of operating modes of machine units with use of modern power means**

Improved composition machine units when the field of mechanized operations with modern facilities, paying special attention slipping movers in different conditions of their work.

**Keywords:** machine units, use indicators.

**Барабаш Г., Зубко В., Барабаш О, Т.Щур. Особенности обоснования режимов работы машинных агрегатов с использованием современных энергетических средств**

Усовершенствовано состав машинных агрегатов при выполнении полевых механизированных работ современными средствами, обратив особенное внимание буксование движителей в различных условиях их работы.

**Ключевые слова:** машинные агрегаты, показатели использования.