

**УДК 631.56.02**

## **ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ АГРЕГАТІВ ДЛЯ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ**

**Головач І.В**

**Борис А.М**

*Національний університет біоресурсів і природокористування*

**Пришляк В.М**

*Вінницький національний аграрний університет*

**Новак Януш**

*Люблінська аграрна академія, Польща*

*Приведены аналитические исследования по обоснованию оптимальных параметров агрегатов, состоящих из трактора и прицепной корнеуборочной машины. Получена математическая модель, которая описывает условия эффективного агрегатирования и определяет рабочую скорость и производительность агрегата. Расчетами, проведенными с помощью ПЕОМ, определены рациональные эксплуатационные параметры агрегатов.*

*The analytical studies to validate the optimal parameters of units consisting of a tractor and trailer toppers. The mathematical model that describes the conditions for effective aggregation and determines the operating speed and performance of the unit. Calculations made using PEOM, rational operational parameters defined aggregates.*

### **Постановка проблеми**

Висока ефективність експлуатації мобільного сільськогосподарського агрегату досягається за рахунок правильного співвідношення між його технічними і режимними параметрами та зовнішніми виробничими умовами: фізико – механічними властивостями ґрунту, нахилом поверхні поля, характеристиками матеріалу, що обробляється та агротехнічними вимогами до його обробки.

В останній час машинобудівний комплекс України пропонує виробникам широкий вибір бурякозбиральної техніки, в тому числі і причіпні коренезбиральні машини (двох -, трьох – і шестирядні). Але на даний час відсутнє наукове обґрунтування агрегування їх з тракторами відповідного класу, не визначені режими їх експлуатації.

### **Аналіз останніх досліджень та публікацій**

Прогнозування ступені підвищення продуктивності бурякозбиральних машин в залежності в від питомих капіталовкладень розглянуто у фундаментальній монографії [1].

Відомі дослідження в яких ефективність застосування причіпних бурякозбиральних агрегатів обґрунтовується за допомогою кількісних критеріїв, які відображають з достатньою точністю їх експлуатаційні властивості та технічну досконалість. Відомі дослідження де в якості таких критеріїв використовують продуктивність, мінімум експлуатаційних витрат [2], питому продуктивність на 1 кВт потужності трактора [3] та інші показники. Але дані методики носять характер оцінки за окремими критеріями не враховується їх взаємозв'язок та комплексний вплив на режими роботи агрегату.

### Постановка завдання

Основним завданням даного дослідження є аналітичне визначення залежностей між режимами роботи причіпного бурякозбирального агрегату та критеріями експлуатаційної ефективності.

### Виклад основного матеріалу дослідження

Відомо, що продуктивність агрегату обчислюється за співвідношенням:

$$W = 0,1B \cdot V_r, \quad (1)$$

де  $B$  – ширина захвату, м;  $V_r$  – поступальна швидкість руху агрегату, км/год.

З рівняння (1) випливає, що продуктивність агрегату зростає пропорційно збільшенню швидкості та ширини захвату. Проте прямої пропорційності між лівою та правою частиною рівності немає, тому що при зростанні ширини захвату швидкість зменшується і, навпаки, при зростанні швидкості зменшується допустима ширина захвату.

Розглянемо вибір оптимальних параметрів причіпних бурякозбиральних машин за критерієм потужності трактора з яким вони агрегуються. Функціональний зв'язок між швидкістю і шириною захвату визначається тяговим балансом і балансом потужності агрегату. Рівняння балансу потужності для випадку тягова –привідного агрегату має вигляд [4]:

$$N_e \cdot \chi = \frac{R_a \cdot V_r}{3600 \cdot \eta_t (1 - \delta)} = \frac{N_p \cdot B \cdot V_r \cdot H}{360 \cdot \eta_v}, \quad (2)$$

де  $R_a$  – тяговий опір причіпного бурякозбирального агрегату, Н;  $N_p$  – питомі витрати енергії на виконання технологічного процесу збирання цукрових буряків, кВт с/кг;  $H$  – урожайність коренеплодів буряків, ц/га;  $N_e$  – номінальна потужність двигуна, кВт;  $\chi$  – коефіцієнт завантаження двигуна;  $\eta_t$  – коефіцієнт корисної дії трансмісії трактора;  $\eta_v$  – коефіцієнт корисної дії валу відбору потужності трактора;  $\delta$  – буксування трактора.

Тяговий опір причіпного бурякозбирального агрегату буде визначатись за таким співвідношенням:

$$R_a = R_i + R_f + R_m, \quad (3)$$

де  $R_i, R_f$  – опір трактора відповідно на підйом та перекочування, Н;  $R_m$  – тяговий опір коренезбиральної машини під час виконання технологічного процесу збирання, Н.

Ліва частина рівняння тягового балансу (3) чисельно дорівнює рушійній силі трактора, яка забезпечує подолання сил опору, що діють на збиральний агрегат. А її складові визначаються за виразами:

$$R_i = mg \cdot \sin \alpha, \quad (4)$$

$$R_f = mg \cdot f \cos \alpha, \quad (5)$$

$$R_m = k \cdot B, \quad (6)$$

де  $\alpha$  – кут підйому, рад;  $m$  – маса трактора, кг;  $g$  – прискорення сили тяжіння, м/с<sup>2</sup>;  $f$  – коефіцієнт опору пересування трактора;  $k$  – питомий опір коренезбиральної машини, Н/м<sup>2</sup>.

Коефіцієнт  $k$  враховує як корисні технологічні деформації, та і опір на пересування причіпної бурякозбиральної машини вздовж напрямку руху. При малих кутах  $\alpha$  величина  $\sin \alpha \cdot 100$  являє собою відсоток підйому  $i$ .

З врахуванням виразів (3) та (4), (5), (6) рівнянню балансу (2) можна надати такого вигляду:

$$N_e \cdot \chi = V_r \frac{(kB + mg \cdot \psi) \eta_v + 10 N_p B \cdot H \eta_t (1 - \delta)}{3600 \cdot \eta_t \eta_v (1 - \delta)}, \quad (7)$$

де:  $\psi$  – коефіцієнт опору пересування трактора,  $\psi = \sin \alpha + f \cos \alpha$ .

Розв'язуючи рівняння (7), відносно  $V_r$ , знаходимо значення швидкості поступального руху агрегату по полю:

$$V_r = \frac{3600 \cdot \chi \cdot N_e \eta_t \eta_e (1 - \delta)}{(kB + mg \psi) \eta_v + 10 N_p B \cdot H \eta_t (1 - \delta)}, \quad (8)$$

Отримавши з рівняння (8) робочу швидкість руху агрегату, за співвідношенням (1) можна визначити його продуктивність.

У рівнянні (8) коефіцієнти  $\chi$ ,  $\eta_t$  та  $\eta_v$  треба вважати заданими, а буксування агрегату  $\delta$  навпаки необхідно визначити. В практичних розрахунках використовують різні емпіричні формули для побудови кривої буксування трактора. В даному випадку для визначення буксування використаємо залежність, що наведена в [4]. Вона має такий вигляд:

$$\varphi = \varphi_m - a e^{-b\delta}, \quad (9)$$

де  $\varphi$  – коефіцієнт використання зчіпної ваги;  $\varphi_m$  – коефіцієнт зчеплення;  $a, b$  – сталі коефіцієнти, що залежать від типу трактора та агрофону.

У виразі (9) залежність буксування  $\delta$  від коефіцієнта використання зчіпної ваги задане в неявній формі, що є не дуже зручним для проведення конкретних обчислень. За допомогою алгебраїчних перетворень виразу (9), отримуємо формулу буксування, яка вже буде зручною для практичного використання:

$$\delta = -\frac{1}{b} \ln \frac{\varphi_m - \varphi}{a}. \quad (10)$$

Змінну  $\varphi$  в рівнянні (10) можна обчислити за такою формулою:

$$\varphi = \frac{mg\psi + kB}{\lambda mg}, \quad (11)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт зчіпної ваги.

Рівняння (1), (8), (10) та (11) фактично складають математичну модель для обчислення швидкості руху та продуктивності причіпного бурякозбирального агрегату.

В процесі обчислень необхідно враховувати агротехнічні вимоги, щодо швидкості пересування по полю коренезбиральної машини  $4,0 \text{ км / год} \leq V_r \leq 10,0 \text{ км / год}$ , а також обмеження на зчеплення рушіїв трактора з ґрунтом  $\varphi < \varphi_m$ .

Для практичної реалізації розробленої математичної моделі нами складена програма розрахунків на ПЕОМ, яка дозволяє за один розрахунок виконати обчислення для кількох

прототипів тракторів, що можуть агрегувати причіпну коренезбиральну машину на певному агротехнічному фоні.

Треба насамперед врахувати, що тип трактора визначає його масу  $m$ , потужність  $N_e$ , коефіцієнт  $\lambda$ , а коефіцієнти  $\varphi_m$ ,  $a$  і  $b$  приймаються для кожного агрофону. Крім цього, для кожного варіанта розрахунків треба задати врожайність коренеплодів цукрових буряків  $H$ , питомі витрати енергії на технологічний процес  $N_p$ , максимальний відсоток підйому  $i$ , коефіцієнт опору пересування трактора  $f$ , коефіцієнт корисної дії вала відбору потужності трактора  $\eta_v$ . Коефіцієнт корисної дії трансмісії трактора  $\eta_t$  змінюється в залежності від типу трактора (для гусеничного трактора він дорівнює  $\eta_t = 0,87$ , для колісного –  $\eta_t = 0,92$ ). Питомий опір причіпного бурякозбирального агрегату  $k$  змінюється для кожного типу трактора в межах від 6000 до 10000 Н/м. Зміна ширини захвату причіпної коренезбиральної машини відбувається в межах від 0,90 до 3,15 м, з кроком 0,45 м, тобто від двохрядного до шестирядного варіантів.

На кожному варіанті розрахунків обчислювались і видавались в файл результату питомий опір для кожної ширини захвату і відповідну їм швидкість руху агрегату  $V_r$ , продуктивність  $W$ , тяговий опір агрегату  $R_a$ , коефіцієнт використання зчіпної ваги  $\varphi$  та буксування  $\delta$ .

Для обчислення складеної математичної моделі були задані конкретні значення її параметрів. А саме: врожайність цукрових буряків –  $H = 300$  ц/га; питомі витрати енергії на виконання технологічного процесу збирання цукрових буряків –  $N_p = 1,75$  кВт с/кг; коефіцієнти –  $\chi = 0,90$ ;  $\eta_v = 0,95$ ;  $f = 0,07$ ; вважалось, що на полі зустрічаються підйоми не вище 5%; питомий опір причіпного бурякозбирального агрегату  $k = 6000 \dots 10000$  Н/м (крок зміни питомого опору  $\Delta k = 1000$  Н/м). Технічні данні тракторів, які можуть агрегуватись з причіпною коренезбиральною машиною наведені в табл.1.

Таблиця. 1

## Технічні характеристики тракторів

Марка трактора	$mg, кг$	$N_e, кВт$	$\varphi_m$	$a$	$b$
Т-40М-1	3000	36,8	0,6	0,75	8,81
МТЗ-80-1	3810	58,9	0,6	0,75	8,81
Т-70С-2	4580	51,5	0,67	0,753	47,6

Для заданих вхідних параметрів системи, що розглядається, було виконано 72 варіанти обчислень. Зокрема, були отримані такі параметри для причіпних коренезбиральних машин, що агрегуються з різними типами тракторів.

Для трактора типу Т-40 найбільша продуктивність агрегату  $W = 0,60$  га/год буде при ширині захвату  $B = 0,9$  м, питомому опорі причіпної коренезбиральної машини  $k = 7000$  Н/м та швидкості її руху  $V_r = 6,63$  км/год. Тобто такий тип трактора забезпечує

найбільшу продуктивність при агрегуванні лише двохрядної причіпної коренезбиральної машини.

Для трактора типу МТЗ-80 найбільша продуктивність  $W = 1,02$  га/год буде практично при двох значеннях питомого опору причіпної коренезбиральної машини:  $k = 7000$  Н/м і  $k = 9000$  Н/м, при ширині захвату  $B = 1,80$  м і швидкості руху  $V_r = 5,68$  км/год. Ці показники отримані для чотирьохрядного варіанту причіпної коренезбиральної машини. При ширині захвату  $B = 2,70$  м (шестирядний варіант) та питомому опорі причіпної коренезбиральної машини  $k = 10000$  Н/м агрегат в складі якого є колісний трактор типу МТЗ-80 не забезпечує агрегування і продуктивності внаслідок недостатнього зчеплення його коліс з ґрунтом.

Для гусеничного трактора типу Т-70С найбільша продуктивність  $W = 1,03$  га/год буде при ширині захвату  $B = 2,7$  м, для питомого опору причіпної коренезбиральної машини  $k = 7000$  Н/м, при швидкості її руху  $V_r = 3,80$  км/год. При ширині захвату  $B = 2,7$  м і питомому опорі причіпної коренезбиральної машини  $k = 10000$  Н/м продуктивність агрегату буде  $W = 0,86$  га/год при швидкості руху  $V_r = 3,18$  км/год.

### **Висновки**

1. Внаслідок проведених аналітичних досліджень отримано математичну модель та алгоритм обґрунтування раціональних експлуатаційних параметрів агрегату, що складається із трактора та причіпної коренезбиральної машини.
2. Колісні трактори забезпечують достатню продуктивність лише тільки при агрегуванні двох - та чотирьохрядних причіпних коренезбиральних машин.
3. Гусеничний трактор типу Т-70С буде забезпечувати достатньо високу продуктивність при агрегуванні причіпної шестирядної коренезбиральної машини при роботі на середніх і важких ґрунтах.

### **Література**

1. Погорельий Л.В. *Индустриализация агропромышленного комплекса.* – К.: Техніка, 1984. – 200 с.
2. Киртбая Ю.К. *Резервы использования машинно-тракторного парка.* – М.: Колос, 1982. – 319 с.
3. Юшин О.О. *Питомі показники машинно-тракторних агрегатів та їх аналіз.* – *Механізація і електрифікація сільського господарства*, вип. 24. – К: Урожай, 1973. – 7 с.
4. *Пособие по эксплуатации машинно-тракторного парка.* – М.: Колос, 1971. – 279 с.
5. Колобов Г.Г., Парфенов А.П. *Тяговые характеристики тракторов.* – М.: Машиностроение, 1972. – 157 с.