

УДК 621.83.062.1

## ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ КОНСТРУКЦІЙ КОЛІСНИХ ТРАКТОРІВ ПРИ АГРЕГАТУВАННІ ЗМІННИМ НАВІСНИМ ОБЛАДНАННЯМ І В ТРАНСПОРТНОМУ РЕЖИМІ ДЛЯ СЕРЕДНЬО ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Самородов В.Б. д.т.н. проф.; Краснокутський В.М. к.т.н.  
доц.; Гриненко Г.Г. магістрант  
*Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»*

*Аналізується вплив навісного та почепного обладнання на зміну параметрів конструкції колісних тракторів. Складені диференціальні рівняння що описують рух центру мас трактора з урахуванням коефіцієнту зміни центру тяжіння під час роботи грейферним, ковшовим або виловним навантажувачем. Досліджено маневреність колісних тракторів з передніми ведучими мостами, з двома керованими мостами а також при здійсненні повороту динамічним способом в умовах експлуатації з різним зміним навісним та причіпним обладнанням та агрегатами.*

**Ключові слова:** трактор, маневреність, навісне обладнання, транспортний режим, ведучий міст, керований міст, навантажувач, центр мас, коефіцієнт зміни центру тяжіння, рівняння руху, параметри конструкції.

**Вступ.** В європейських державах основний генератор розвитку сільського господарства – середні фермери. В державах Європейського союзу працює близько 27 мільйонів виробників сільськогосподарської продукції, 97% з них – індивідуальні (селянські) господарства. Успішний досвід в розвинутих в аграрному розвитку держав підтверджує, що прибуток з одиниці площі у дрібних ферм вище, ніж у великих, але в них значно більші витрати праці. Однак, багато фермерів не мають можливості широко застосовувати механізацію праці, і вимушені виконувати велику кількість сільськогосподарських робіт вручну.

В Фінляндії майже 100% сільського господарства (60 тисяч господарств) – фермерські. Середній розмір фермерської ділянки – 38 гектар. В Німеччині фермерські господарства складають 90%, з них 30 тисяч господарств, у яких середній розмір землі 39 гектар. В США фермерські господарства нараховують 2,2 мільйона, вони обробляють 89% всієї землі, середній розмір цих господарств 168 гектар. Середній розмір фермерського господарства в Чехії – 152 гектари, у Франції та Польщі – до 106 гектар, у Великій Британії – 79 гектар, в Данії – 65 гектар. Дрібний польський фермер обробляє до 5 гектар – вони основа сільського господарства Польщі, а землевласники, що мають в користуванні 300 гектар і більше – складають

частку менше 1 %.

В останні 2 роки кількість фермерських господарств в Україні виросла з 40 до 52 тисяч, 13 тисяч становлять сільськогосподарські підприємства, 4,1 мільйона - особисті селянські господарств. Площа землі в фермерських господарствах 4,43 мільйона гектар. Українські фермери виробляють 60% сільськогосподарської продукції держави. На даний час в Україні розмір середнього фермерського господарства складає до 150 гектар.

Оснащеність фермерських господарств гусеничними тракторами зменшилась на 9%, комбайнами на 4%, вантажними автомобілями на 24%, а колісними тракторами зросла на 30%. 100% гусеничних тракторів, 92% комбайнів, 77% вантажних автомобілів і 71% колісних тракторів відпрацювали свій амортизаційний ресурс.

В умовах фермерських господарств в площі до 200 гектар перевагу мають високо маневрені колісні трактори з обмеженими нормативними і тяговими навантаженнями на вісь та розвинутою системою безступеневого відбору потужності і приводу сільгосптехніки. У великих господарствах потужні трактори застосовуються при обробці землі 2 рази на рік (восени та весною).

Уряд України в плані розвитку сільського господарства на 2017-2018 визначив пріоритетом розвиток малих та середніх фермерських господарств, який включає в себе модернізацію техніки та механізацію праці.

**Проблема.** На сучасному етапі широко використовуються на сільськогосподарських колісних тракторах різне змінне навісне та причіпне обладнання. Трактори використовуються не тільки в ролі пропашних, а також протягом всього року в якості енергетичного модуля для різних машин механізації сільського господарства а також як навантажувачі, легкі бульдозери, тягачі тракторних потягів для перевезення зерна, добрива, води, соломи та іншого, з важкими тракторними причепами та напівпричепами вантажопідйомністю до 20 тон і довжиною до 10 метрів. Також вони використовуються та скреперів при виконанні земляних робіт.

Застосування цього обладнання призводить до змін параметрів конструкції та маневреності колісних тракторів, а саме: амплітудного значення навантажень, їх напрямку та місця прикладання. Також це впливає на техніку безпеки при їх експлуатації.

**Мета та задачі дослідження.** Метою досліджень є підвищення технічного рівня колісних тракторів середнього класу за рахунок оптимізації параметрів їх конструкцій при агрегуванні їх змінним навісним обладнанням і при експлуатаванні їх в транспортному режимі, в тому числі в тракторних потягах в умовах середнього фермерського господарства.

Для реалізації поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- Провести дослідження впливу навісного та причіпного обладнання на маневреність колісних тракторів та їх конструкцію;

- Провести дослідження маневреності колісних тракторів з передніми ведучими мостами при експлуатації з різним змінним навісним та причіпним обладнанням та агрегатами;
- Провести дослідження колісних тракторів з двома керованими мостами при виконанні різних операцій;
- Провести дослідження руху колісних тракторів при повороті передніх і задніх коліс в одну сторону при виконанні сільськогосподарських робіт;
- Провести дослідження повороту колісних тракторів динамічним способом з різним змінним навісним та причіпним обладнанням та агрегатами.

**Наукова новизна отриманих результатів** полягає у тому, що вперше розроблений системний підхід до оцінки маневреності колісних тракторів та оптимізації параметрів їх конструкції при агрегуванні змінним навісним обладнанням і в транспортному режимі для середнього фермерського господарства.

**Об'єкт дослідження** – процеси маневрування та зміни розподілу навантажень на конструкцію колісних тракторів з змінним навісним та причіпним обладнанням при різних способах їх виконання під час проведення польових, транспортних та навантажувально-розвантажувальних операцій.

**Предмет дослідження** – покращення конструкції та маневреності колісних тракторів при агрегуванні їх змінним навісним та причіпним обладнанням при експлуатаванні їх в різних режимах в умовах середнього фермерського господарства.

### **Основна частина**

Ковшові, вилочні та грейдерні навантажувачі на базі колісних тракторів широко використовуються для сезонної роботи з невеликими об'ємами вантажу. В основному це щєбінь, пісок, ґрунт, добрива, зерно, силос, солома.

Висока абразивність вантажів призводить до значного зносу деталей ходової частини, гідроприводу робочого обладнання. Напружений режим роботи складових частин трансмісії базового трактора, високі динамічні навантаження, робота в режимі буксування рушіїв призводять до підвищеного зносу муфт щєплення, бортових редукторів, гідросистем. Розподіл відказів наступний: двигун - 8%, трансмісія - 12%, ходове обладнання - 30%, гідросистема - 20%, металоконструкція навантажувача - 25%. Середнє напрацювання на відмову в різних умовах експлуатації становить від 90 до 130 мотогодин.

При колісній формулі трактора 4x4, в порівнянні з формулою 4x2, додатково виникає рушійна сила  $F_A$ , яка діє в напрямку перекочування коліс (рис. 1).

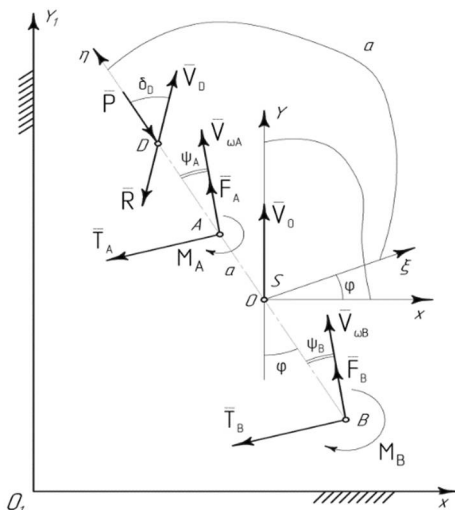


Рис. 1 – Сили, які діють на колісний трактор з двома ведучими мостами при агрегуванні з навантажувачем

Як і у трактора з одним ведучим заднім мостом, на нього також діє рушійна сила зі сторони задніх коліс  $F_B$ , сила  $R$  опору робочого органу навантажувача, сила  $P$  тиску вітру на нього, а також опорні реакції  $T_A$ ,  $T_B$ ,  $M_A$  і  $M_B$ .

Враховуючи, що під час роботи з грейферним, ковшовим або виловним навантажувачем змінюється центр мас трактора, вводимо в диференціальні рівняння коефіцієнт зміни центру тяжіння  $K_{цт}$ .

Вважаємо рух центра мас навантажувача рівномірним і близьким до прямолінійного. Він записується диференціальним рівнянням плоско-паралельного руху у вигляді

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{x}_s &= T_A + T_B - F_A(\varphi - \phi_A) - F_B(\varphi - \phi_B) + R(\varphi + \delta_D) + P_\varphi + K_{цт}; \\ m\ddot{y}_s &= F_A + F_B - P - R + K_{цт}; \\ I_s\ddot{\varphi} &= -aT_A + bT_B + M_A + M_B - aF_A\phi_A + bF_B\phi_B - dR\delta_D + K_{цт}. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Коефіцієнт центру тяжіння змінюється в залежності від висоти підйому стріли навантажувача, маси вантажу та відстані від центру трактора. Він знаходиться евристичним методом при встановленні датчиків парціального прискорення на колісний трактор.

З рівняння (1) знаходимо  $F_A + F_B = P + R$ . Сили  $F_A$  і  $F_B$  не можуть бути знайдені окремо. Співвідношення цих сил визначається конструкцією механізму передачі потужності від двигуна до коліс переднього і заднього мостів.

Вважатимемо, що:

$$\left. \begin{aligned} F_A &= \xi(R+P); \\ F_B &= (1-\xi)(R+P). \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Тоді, підставивши значення  $T_A$ ,  $T_B$ ,  $M_A$ ,  $M_B$ ,  $\varphi_A$ ,  $\varphi_B$  і  $\delta_D$  у вираз (1) отримаємо:

$$\left. \begin{aligned} m\ddot{x}_s &= -[c_A - \xi k_A(R+P)]\Delta_A + [c_B - (1-\xi)k_B(R+P)]\Delta_B - \\ & - \frac{dR}{v_0}\dot{\varphi} - R_\varphi; \\ I_s\ddot{\varphi} &= \{a[c_A - \xi k_A(R+P)] - f_A k_A\}\Delta_A - \frac{d^2 R}{v_0}\dot{\varphi} + dR\varphi - \\ & - \{b[c_B - (1-\xi)k_B(R+P)] - f_B k_B\}\Delta_B. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

З першого рівняння в (3) бачимо, що рух центру мас трактора не може бути стійко прямолінійним, адже функція, що є правою частиною цього рівняння, не тотожна нулю.

У другому рівнянні в (3) позначимо

$$\left. \begin{aligned} ac_A - f_A k_A - \xi a k_A(R+P) &= M; \\ bc_B - f_B k_B - (1-\xi) b k_B(R+P) &= N; \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

тоді, рівняння набуває вигляду

$$M\Delta_A - N\Delta_B = I_s\ddot{\varphi} + \frac{d^2 R}{v_0}\dot{\varphi} - dR\varphi. \quad (5)$$

### Висновки

Проведений аналіз літературних джерел показав, що поняття маневреності багатьма авторами пов'язується тільки з поворотом. Розвиток відомих способів повороту і поява нових, нетрадиційних способів руху колісних машин вимагає розширення поняття "маневреність". Пропонується нове визначення маневреності як складної експлуатаційної властивості – такої, що характеризує здатність машини до швидкої зміни свого положення щодо перерізу дороги. Найбільш небезпечними з позиції забезпечення керованості колісних машин є перехідні процеси початку і закінчення маневру (входу в поворот і виходу з нього).

При проектуванні колісних машин з неповоротними колесами і жорсткою рамою необхідно обмежувати максимальне значення коефіцієнта бази (відношення бази машини до колії). Максимально допустиме значення зазначеного коефіцієнту можна визначити з використанням запропонованих залежностей. Найменше значення максимального коефіцієнта бази можливо реалізувати на полі, підготовленому під посів, і на сухій ґрунтовій дорозі, а найбільше – на асфальтобетонному шосе. Найменше значення максимального допустимого коефіцієнта бази реалізується на будь-якому типі шляху при  $b / L$ .

Отримані аналітичні залежності дозволяють визначати реакції дороги на колесах машини при традиційному кінематичному способі повороту, як з урахуванням, так і без урахування бічного уводу шин і динамічного перерозподілу навантаження між колесами. Врахування динамічного перерозподілу вертикальних реакцій між бортами дозволяє всього на 2% - 4% підвищити точність визначення бічних реакцій.

#### Список використаних джерел:

1. Смирнов, Г. А. Теория движения колёсных машин.–М.: Машиностроение, 1990.–352с.
2. Гячев, Л. В. Динамика машинно-тракторных и автомобильных агрегатов. Издательство Ростовского университета, 1976.– 192с.

#### Abstract

### OPTIMIZATION OF THE PARAMETERS OF CONSTRUCTIONS OF COLLECTOR TRACTORS IN MODIFIED NAVIGATING EQUIPMENT AND IN THE VEHICLE MODE FOR THE MIDDLE FARMING AGRICULTURE

**Samorodov V.B., Krasnokutsky V.M., Grinenko G.G.**

*The influence of hinged and portable equipment on changing the design parameters of wheeled tractors is analyzed. Differential equations are present that describe the motion of the tractor mass center, taking into account the coefficient of change of the center of gravity during the operation of a grab, bucket or forklift. The maneuverability of wheeled tractors with forward driving axles, with two steering axles, as well as dynamic rotation in the conditions of operation with various variable hinged and trailer equipment and assemblies has been investigated.*

**Keywords:** tractor, maneuverability, hinged equipment, transport mode, driving axle, steering axle, loader, center of mass, coefficient of change of center of gravity, equation of motion, parameters of construction.