

## Кормилна схема и завой на колесен трактор 4x2 и 4x4

Димитър Иринчев

*The possibility of the wheeled tractors to made a turn depends at the turning circle, the breadth of tape-turn, the warrantable velocity. They are determined at steering system. In the paper are calculated these parameters of a tractor with front steering wheels and with frame with steering knuckle. Is it find out that the tractor with front steering wheels by 45 degree turn has the tape of the turn with 0,4 L bigger in comparison with tractor track. The tractor with front steering wheels and powered wheels has 66 % bigger velocity than the tractor with only steered front wheels.*

**Key words:** Wheel Tractors, Steering, turning circle.

### ВЪВЕДЕНИЕ

Най-разпространената кормилна схема при колесните трактори за завой е тази с предни управляващи колела. Тя осигурява достатъчна маневреност и се е наложила, най-вече поради простотата и здравината си. С оглед да се постигне по-голяма маневреност, някои колесни трактори са с чупеща рама, други – с отклоняване на предните управляващи колела, комбинирано с отклоняване на гредата на управляващия мост. По-рядко се използва схема за завой с отклоняване на всички колела, в едно и също или в противоположно направление. Важни параметри, определящи маневреността, управляемостта и проходимостта на колесния трактор са минималният радиус на завой, ширината на необходимата ивица за завоя, допустимата скорост при завоя, осигуряваща устойчивост на извършвания завой, без странично преплъзване. Те зависят от кормилната схема на трактора и колесната му формула – 4x2 или 4x4.

Целта на представената работа е да се анализират радиусите на завой, ивицата за завой и устойчивостта на завоя на колесни трактори с предни отклоняващи колела и такава с чупеща рама

### ИЗЛОЖЕНИЕ

#### 1. Теоретична обосновка

На фиг.1 е показана принципна схема на трактор с кормилно управление за извършване на завой с предни отклоняващи колела.

Характерна точка от колесния трактор е средата на задвижващия заден мост – т.О<sub>1</sub>. Теоретичният радиус на завой  $R$  на тази точка е, [1], [2]:

$$R = \frac{L}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (1)$$

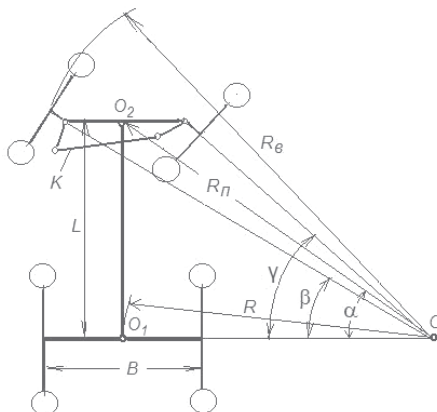
Теоретичният радиус на завой  $R_{II}$  на централната точка от предния мост – т.О<sub>2</sub> при същия ъгъл на завоя, е по-голям:

$$R_{II} = \frac{L}{\sin \alpha} \quad (2)$$

Вижда се, че двата радиуса  $R$  и  $R_{II}$  са право пропорционални на надлъжната база на трактора –  $L$  и обратно пропорционални на ъгъла  $\alpha$ .

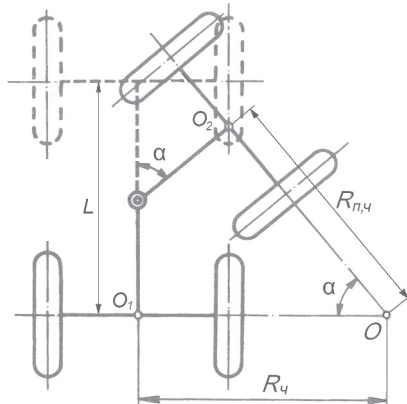
Четири колела на трактора се движат по различни траектории. Разликата ( $R_{II} - R$ ) определя, с колко се увеличава ширината на необходимата пътна ивица за извършване на завоя:

$$R_{II} - R = \frac{L}{\sin \alpha} (1 - \cos \alpha) \quad (3)$$



Фиг.1. Завой на колесен трактор с предни отклоняващи колела.

На фиг.2 е показана принципна схема за завой на колесен трактор с чупеща рама.



Фиг.2. Схема на завой на колесен трактор с чупеща рама.

При трактор с чупеща рама и шарнир в средата на рамата, радиусът на завой  $R_{\text{ч}}$  и  $R_{\text{п,ч}}$  на централната точка на задния и предния мост – т.  $O_1$  и т.  $O_2$  е един и същ, равен на:

$$R_{\text{ч}} = R_{\text{п,ч}} = \frac{L}{2 \sin \alpha} (1 + \cos \alpha) \quad (4)$$

Формулите (1), (2) и (4) показват, че радиусът на завой  $R_{\text{ч}}$  на централната точка от задния мост на трактор с чупеща рама е равен на полусбора от радиусите –  $R$  и  $R_{\text{п}}$  на трактора с предни управляващи колела.

Предните и задните колела на трактора с чупеща рама и шарнир в средата на рамата се движат по едни и същи следи, затова ширината на пътната ивица, необходима за извършване на завоя остава същата, както при праволинейно движение.

За конкретни стойности на ъгъл  $\alpha$  на завоя, чрез формули (1), (2), (3) и (4) се определя големината на завой, при параметър надлъжната база  $L$  на трактора.

Съпротивителният момент  $M_C$  на трактора при извършване на завой по хоризонтален път с постоянен радиус и постоянна скорост се изразява с формулата, [1], [2]:

$$M_C = \mu \cdot G_T \cdot b_0 + \frac{G_T}{g} \cdot \frac{V^2}{L} \cdot b \cdot \text{tg} \alpha + k \cdot G_T \cdot f \cdot L \cdot \sin \alpha \quad (5)$$

където  $\mu$  е коефициент на съпротивление при вретеновидното движение на гумите;

$G_T$  - тегло на трактора;

$b_0$  - ширина на гумите;

$g$  - земно ускорение;

$V$  - постъпателна скорост на центъра на тежестта (ц.т.) на трактора;

$L$  - надлъжна база на трактора;

$b$  - разстояние от ц.т. на трактора до задния мост;

$k$  - коефициент на натоварване на предния мост;

$f$  - коефициент на съпротивление при предвижване на трактора;

$\alpha$  - ъгъл на завоя.

Когато предният мост е управляващ, но неподвижен (колесна формула 4x2), извършването на завоя става под действие на напречните сили на управляващите колела. Тези сили се представят от условна сила  $Y_{\Pi}$ , действаща в центъра на предния мост. Отклонението в завой става от въртящия момент  $M_O$ , който силата  $Y_{\Pi}$  упражнява спрямо центъра на задния мост – т.О<sub>1</sub>:

$$M_O = Y_{\Pi} \cdot L \cdot \cos \alpha \quad (6)$$

Този отклоняващ момент  $M_O$  преодолява съпротивителния  $M_C$  и трябва да е равен на него.

За да е устойчива траекторията на движение на колесния трактор при завой, управляващите колела не трябва да преплъзват напречно. Затова трябва да е изпълнено условието за сцепление с пътя:

$$Y_{\Pi} \leq k \cdot G_T \cdot \sqrt{(\varphi^2 - f^2)} \quad (7)$$

където  $\varphi$  е коефициента на сцепление на гумите с пътя.

Вижда се, че моментът  $M_O$  е право пропорционален на теглото  $G_T$  и надлъжната база  $L$  на трактора.

От формула (7) може да се определи максималната сила  $Y_{\Pi}$ , от (6) – нейния максимален отклоняващ момент  $M_O$ , а от (5) – съответстващата максимална постъпателна скорост  $V$  при завоя.

Другата компонента на напречната сила -  $Y_{\Pi} \cdot \sin \alpha$ , действа срещу посоката на движение на трактора. Тя увеличава съпротивлението му на движение, пропорционално на нарастването на ъгъл  $\alpha$ .

Когато предният мост е управляващ и задвижващ (4x4), извършването на завоя става освен под действие на напречната сила  $Y_{\Pi}$  на управляващите колела, така и от тяхната движеща сила  $F_{\Pi}$ . Условно се приема, че силата  $F_{\Pi}$  действа в центъра на предния мост. Отклоняващият момент, създаван от двете сили  $Y_{\Pi}$  и  $F_{\Pi}$  спрямо центъра на задния мост – т.О<sub>1</sub> е:

$$M_O = Y_{\Pi} \cdot L \cdot \cos \alpha + F_{\Pi} \cdot L \cdot \sin \alpha \quad (8)$$

Този отклоняващ момент  $M_O$  трябва да е равен на съпротивителния  $M_C$ .

Формула (8) показва, че при малки ъгли  $\alpha$  преобладава моментът на силата  $Y_{\Pi}$ , а при по-големи ъгли  $\alpha$  – моментът на силата  $F_{\Pi}$ .

Условието за запазване на сцеплението при завоя е:

$$(F_{\Pi} - k \cdot G_T \cdot f \cdot \sin \alpha)^2 + Y_{\Pi}^2 \leq (k \cdot G_T \cdot \varphi)^2 \quad (9)$$

За простота на анализа на завоя при трактор с предни отклоняващи колела и колесна формула 4x4 се приема, че силата  $Y_{\Pi} = F_{\Pi}$  при всеки ъгъл  $\alpha$ .

При това условие, по формули (8) и (9) се определя максималния отклоняващ момент на двете сили  $Y_{\Pi}$  и  $F_{\Pi}$ , както и съответната допустима скорост  $V$  при завой на трактор с предни отклоняващи и задвижващи колела.

Реализирайки отклоняващ момент, силата  $F_{\Pi}$  съдейства за намаляване на напречната сила  $Y_{\Pi}$ , а с това за намаляване на съпротивлението на движение на трактора при завой.

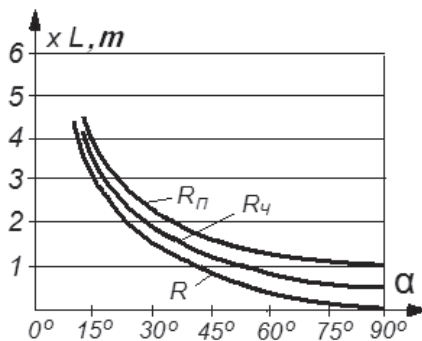
## 2. Изчислителни резултати

В Таблица 1 са дадени изчислените големина на завоите на анализираниите две кормилни схеми, съгласно формули (1), (2), (3) и (4), с параметър надлъжната база  $L$ .

Таблица 1.

Радиуси на завои на колесен трактор и допустими скорости.

| Ъгъл на завои, $\alpha$<br>(градуси) | Трактор 4x2 с предни отклоняващи колела      |   |  |                              | Трактор 4x4 с предни отклоняващи колела  |                              | Трактор 4x4 с чупеща рама  |
|--------------------------------------|--|---|--|------------------------------|--|------------------------------|--|
|                                      | Радиус на завои на задния мост, $R \times L$ | Радиус на завои на предния мост, $R_{\Pi} \times L$ | Максимален отклоняващ момент, $M_0$ , Nm | Допустима скорост, $V$ , m/s | Максимален отклоняващ момент, $M_0$ , Nm | Допустима скорост, $V$ , m/s | Радиуси на завои на заден $R_{\alpha}$ и преден $R_{\Pi, \alpha}$ мост, $\times L$ |
| 10                                   | 5,67   | 5,75  | 17,2                                     | 6,5                          | 16,2                                     | 6,1                          | 5,71   |
| 15                                   | 3,70   | 3,80  | 17,0                                     | 5,3                          | 17,3                                     | 5,4                          | 3,75   |
| 30                                   | 1,70   | 2,00  | 15,3                                     | 3,2                          | 19,1                                     | 3,9                          | 1,85   |
| 45                                   | 1,00   | 1,40  | 12,5                                     | 1,8                          | 19,8                                     | 3,0                          | 1,20   |
| 50                                   | 0,83   | 1,27  | 11,2                                     | 1,2                          | 19,6                                     | 2,7                          | 1,05   |
| 60                                   | 0,57   | 1,10  | 8,8                                      | 0,4                          | 19,1                                     | 2,2                          | 0,83   |
| 70                                   | 0,37   | 1,06  | 5,9                                      | –                            | 18,0                                     | 1,6                          | 0,71   |
| 80                                   | 0,18   | 1,01  | 3,0                                      | –                            | 16,2                                     | 1,0                          | 0,59   |
| 90                                   | 0,00   | 1,00  | 0  | –                            | –  | –                            | 0,50   |



На фиг.3 са представени графично зависимостите на радиусите за завои  $R$  и  $R_{\Pi}$  на колесен трактор с предни управляващи колела от ъгъла на завои  $\alpha$  и  $R_{\alpha} = R_{\Pi, \alpha}$  на трактор с чупеща рама.

Фиг.3. Зависимост на радиусите на завои на колесен трактор от ъгъла на завои  $\alpha$ .

За да се определят числени стойности на максималните стойности на отклоняващия момент  $M_0$  и допустимата постъпателна скорост  $V$  за устойчиво движение на трактора в завои са приети конкретни пътни условия и данни за трактор. Прието е движение по стърнище на трактор с предни отклоняващи колела с колесна формула 4x2 и 4x4. За простота, ширината на гумите  $b_0$  на предните и задните ходови колела се приема еднаква.

$$\varphi = 0,7; f = 0,1; \mu = 0,6; b_0 = 0,3\text{m}; L = 2,4\text{m}; G_T = 35\text{kN}; b = 0,3L = 0,9\text{m}; k = 0,3.$$

От Таблица 1 се вижда, че с увеличаване на ъгъла на завои  $\alpha$ , отклоняващият момент на напречната сила  $Y_{\Pi}$  намалява, а сумарният момент, създаван от  $Y_{\Pi}$  и  $F_{\Pi}$  нараства до  $45^{\circ}$ , след което също намалява.

Изчислената максимална скорост  $V$  на трактора с колесна формула 4x2 намалява от 6,5 m/s до 0,4 m/s при увеличаване на ъгъла на завои  $\alpha$  от  $10^{\circ}$  до  $60^{\circ}$ . Намалението се дължи на увеличаване на съпротивителния момент на завои, като при ъгли над  $60^{\circ}$  тракторът не може да прави завои без напречно преплъзване на управляващите колела.

Допустимата скорост  $V$  на трактора с колесна формула 4x4 при практически максимален ъгъл на завои на колесния трактор  $45^{\circ}$  е 3,0 m/s като приблизително е с

66% по-голяма от тази на трактор 4x2. При изменение на ъгъл  $\alpha$  от  $10^0$  до  $80^0$ , възможната скорост  $V$  на трактор 4x4 намалява от 6,1 m/s до 1 m/s. Намалението, както при трактор 4x2 се дължи на значителното увеличаване на съпротивителния момент на завоя с увеличаване на ъгъла  $\alpha$  и необходимостта от съответно нарастване на отклоняващата сила  $Y_{\Gamma}$ .

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. При даден ъгъл на завой, радиусите на завой  $R_{\Gamma}$  ( $R_{\Gamma, \Gamma}$ ) на трактор с чупеща рама са по-големи от радиуса  $R$  на централната точка от задния мост, но по-малки от радиуса  $R_{\Gamma}$  на централната точка на предния мост на трактор с предни управляващи колела. Теоретично най-малки са радиусите при ъгъл  $90^0$ , при който  $R$ ,  $R_{\Gamma, \Gamma}$  и  $R_{\Gamma}$  са съответно 0,  $0,5L$  и  $L$  m.

2. Ширината на пътната ивица за завой на колесен трактор с предни управляващи колела се увеличава с увеличаването на ъгъла на завоя на трактора, като при  $\alpha = 45^0$  се увеличава с  $0,4 L$ , а при  $\alpha = 90^0$  – теоретично с величината на надлъжната база  $L$ .

3. Максималната скорост  $V$  на трактор с колесна формула 4x2 без преплъзване на управляващите колела намалява от 6,5 m/s до 0,4 m/s при увеличение на ъгъла на завоя от  $10^0$  до  $60^0$ .

4. При ъгъла на завоя  $45^0$ , тракторът с колесна формула 4x4 има допустима скорост 3,0 m/s като е с 66% по-голяма от тази на трактор 4x2.

### ЛИТЕРАТУРА

[1] Велев Н., Теория и изчисление на трактора и автомобила, Земиздат, София, 1984.

[2] Димитров Й., Теория на автомобила, трактора и кара, София, 1991.

### За контакти:

Доц. д-р Димитър Иринчев, Катедра "Механизация на земеделието", Аграрен университет - Пловдив, e-mail: d\_irinchev@au-plovdiv.bg