

ОСНОВНЫЕ КИНЕМАТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ КРЕСТООБРАЗНОЙ СЦЕПКИ ЛЕСОВОЗНОГО АВТОПОЕЗДА

На современных лесовозных автопоездах для обеспечения кинематической вписываемости в поворот используется тросовая крестообразная сцепка с определенным передаточным отношением между звеньями автопоезда. Передаточное отношение можно определить из выражения [1] : $i = \beta/\delta$ (1), где i — передаточное отношение сцепки; δ — угол переднего складывания автопоезда (угол между продольными осями тягача и дышлом); β — угол заднего складывания автопоезда (угол между продольными осями прицепа-ропуски и дышлом).

На рис. 1 показана структурная схема крестообразной сцепки лесовозного автопоезда. Точками O и O_1 соответственно обозначены места шарнирного крепления дышла к тягачу и прицепу-ропуску. Плечи a и угол установки плеч γ определяют координату крепления троса на тяговой балке тягача относительно шарнира O , а плечи b и угол установки плеч φ — относительно шарнира O_1 . Расстояние OO_1 является базой крестообразной сцепки L_δ [2].

Длину ветви троса L_0 крестообразной сцепки можно определить из выражения

$$L_0 = \sqrt{\left(a \cos \frac{\gamma}{2} + L_\delta - b \cos \frac{\varphi}{2}\right)^2 + \left(a \sin \frac{\gamma}{2} + b \sin \frac{\varphi}{2}\right)^2}. \quad (1)$$

Определим параметр L_1 — условную длину ветви троса сцепки при повороте плече a на угол δ и неподвижном плече b :

$$L_1 = \sqrt{\left[a \cos \left(\frac{\gamma}{2} - \delta\right) + L_\delta - b \cos \frac{\varphi}{2}\right]^2 + \left[a \sin \left(\frac{\gamma}{2} - \delta\right) + b \sin \frac{\varphi}{2}\right]^2}. \quad (2)$$

Разница между расстояниями L_1 и L_0 есть удлинение, на которое передний рычаг a условно растянул ветвь троса, или перемещение точек закрепления троса на заднем рычаге b :

$$L_1 - L_0 = \Delta = b \cdot \beta. \quad (3)$$

Из уравнения (3) найдем угол заднего складывания:

$$\beta = \frac{L_1 - L_0}{b}. \quad (4)$$

Преобразуем выражение (4) с учетом уравнений (1) и (2)

$$\beta = \sqrt{N + Q \cos \left(\frac{\gamma}{2} - \delta\right) + P \sin \left(\frac{\gamma}{2} - \delta\right)} - \frac{L_0}{b}, \quad (5)$$

где

$$N = \frac{a^2 + L_\delta^2 + b^2 - 2L_\delta b \cos \frac{\varphi}{2}}{b^2};$$

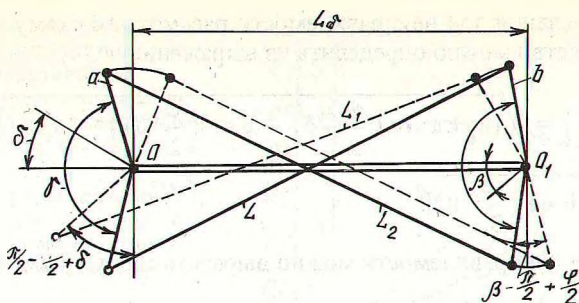


Рис. 1. Структурная схема крестообразной сцепки лесовозного автопоезда МАЗ-509 + ТМЗ-803.

$$Q = \frac{2a (L_0 + b \cos \frac{\varphi}{2})}{b^2};$$

$$P = \frac{2a}{b} \sin \frac{\varphi}{2}.$$

Уравнение (5) позволяет определить изменение заднего угла складывания β при изменении переднего угла складывания δ .

Таким образом, можно записать общее уравнение для определения передаточного отношения крестообразной сцепки лесовозного автопоезда

$$i = \frac{\sqrt{N + Q \cos \left(\frac{\gamma}{2} - \delta \right) + P \sin \left(\frac{\gamma}{2} - \delta \right)} - \frac{L_0}{b}}{\delta}. \quad (6)$$

При проектировании систем управления, основанных на применении крестообразной сцепки, необходимо оценивать состояние нерабочей ветви тросового привода, так как оно оказывает существенное влияние на работоспособность сцепки.

Обозначим длину нерабочей ветви крестообразной сцепки через L_2 и рассмотрим возможные кинематические соотношения, возникающие при повороте автопоезда:

1. $L_0 < L_2$ — состояние кинематического несоответствия сцепки, т.е. когда нерабочая ветвь препятствует повороту прицепа. Данная ситуация возникает при неправильном выборе параметров сцепки.

2. $L_0 = L_2$ — наиболее благоприятное кинематическое соотношение, которое необходимо соблюдать при проектировании.

3. $L_0 > L_2$ — положение, при котором возникают зоны неуправляемости прицепа в момент смены рабочих ветвей тросового привода при выходе автопоезда из поворота. Наличие зон неуправляемости резко ухудшает работоспособность сцепки, увеличивается габаритная полоса движения, снижается безопасность движения на поворотах.

Для определения зон неуправляемости рассмотрим схему (рис. 1). Длину L_2 нерабочей ветви можно определить из выражения

$$L_2 = \sqrt{[L_\delta + a \cos(\frac{\gamma}{2} - \delta) - b \cos(\frac{\varphi}{2} + \beta)]^2 + [a \sin(\frac{\gamma}{2} + \delta) + b \sin(\frac{\varphi}{2} + \beta)]^2}.$$

Тогда зону неуправляемости можно выразить следующим образом:

$$\alpha = \frac{L_0 - L_2}{b}. \quad (7)$$

Проведем исследования кинематических параметров лесовозного автопоезда в составе тягача МА3-509 + ТМЗ-803. Геометрические параметры крестообразной сцепки автопоезда приведены в табл. 1.

По уравнениям (5), (6) и (7) рассчитывались кинематические параметры. Проверка аналитических расчетов производилась на модели, выполненной в масштабе 1:10 к натурному образцу. Данные аналитических расчетов и экспериментальной проверки сведены в табл. 2. Как видно из табл. 2, расхождение между аналитическим расчетом и экспериментальной проверкой незначительно (ошибка не превышает 5%), что подтверждает справедливость полученных зависимостей.

По данным аналитического расчета построены графики кинематических параметров крестообразной сцепки лесовозного автопоезда (рис. 2). Из анализа построенных графических зависимостей видно, что задний угол склады-

Т а б л и ц а 1

Геометрические параметры крестообразной сцепки автопоезда МА3-509 + ТМЗ-803

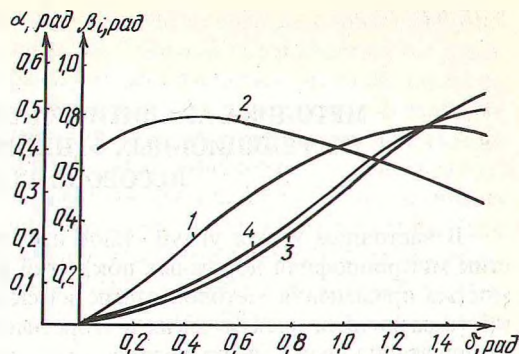
Наименование	МА3-509	ТМЗ-803
Плечи тяговых балок, мм	960	960
Углы установки плеч, рад	2,897	2,687

Т а б л и ц а 2

Результаты аналитических расчетов и экспериментальной проверки

δ , рад	0	0,18	0,35	0,524	0,698	0,873	1,05	1,22	1,40	1,57
β , рад	0	0,13	0,28	0,42	0,53	0,63	0,69	0,73	0,74	0,72
i	—	0,71	0,80	0,80	0,76	0,72	0,66	0,60	0,60	0,46
$\alpha_{\text{теор}}$, рад	0	0,05	0,07	0,11	0,17	0,24	0,32	0,40	0,48	0,54
$\alpha_{\text{эксп}}$, рад	0	0,05	0,07	0,12	0,17	0,24	0,33	0,41	0,48	0,52

Рис. 2. Графики кинематических параметров крестообразной сцепки лесовозного автопоезда: 1 — $\beta = f(\delta)$ — функциональная зависимость заднего угла складывания; 2 — $i = f(\delta)$ — передаточное отношение сцепки; 3 — $\alpha_{\text{теор}} = f(\delta)$ — зоны неуправляемости, полученные расчетным путем; 4 — $\alpha_{\text{эксп}} = f(\delta)$ — зоны неуправляемости, полученные на модели.



вания и передаточное отношение сцепки имеет нелинейный закон изменения. С увеличением переднего угла складывания δ передаточное отношение сцепки уменьшается. Это свидетельствует о том, что задний угол складывания β увеличивается несколько медленнее переднего угла складывания. Зона неуправляемости, имеющая параболический закон изменения, достигает значительных размеров ($\alpha_{\text{max}} = 30^\circ$) при переднем угле складывания $60\text{--}70^\circ$, что создает наиболее неблагоприятные условия при движении по малым радиусам поворота. Кроме того, наличие большой зоны неуправляемости при наезде прицепа-ропуски на какое-либо препятствие (камень, пень и т.д.) может вызвать вывертывание прицепа-ропуски и привести к аварийной ситуации.

Таким образом, проведенные исследования кинематических параметров крестообразной сцепки лесовозного автопоезда МАЗ-509 + ТМЗ-803 показали, что передаточное отношение сцепки имеет нелинейный закон изменения. При этом с увеличением переднего угла складывания передаточное отношение уменьшается. Наличие зон неуправляемости отрицательно сказывается на эксплуатационных свойствах лесовозного автопоезда. Для улучшения эксплуатационных свойств крестообразной сцепки необходимо использовать наиболее рациональные системы управления, которые улучшают маневренные свойства лесовозного автопоезда и исключают зоны неуправляемости.

ЛИТЕРАТУРА

1. Закин Я.Х. Прикладная теория движения автопоезда. — М.: Транспорт, 1967. — 254 с.
2. Ляхно В.П., Ляхно Р.П. Автомобильные лесовозные поезда. — М.: Гослесбуиздат, 1961. — 176 с.