

УДК 629.113

Р.М.Кузнецов, Р.Л.Данилюк

Луцький національний технічний університет

### ДО ПИТАННЯ СТІЙКОСТІ СІДЕЛЬНО-ПРИЧІПНОГО АВТОПОЇЗДА У ГАЛЬМІВНОМУ РЕЖИМІ

У статті розглядається значення стійкості сидельно-причпного автопоїзда у гальмівному режимі

У процесі екстреного гальмування ймовірність порушення стійкості автопоїзда зростає, особливо при нерівних гальмівних силах на колесах осей автопоїзда. Тому розглянемо стійкість автопоїзда в режимі гальмування.

При прикладенні до колеса радіуса  $r$  гальмівного моменту  $M$  виникає гальмівна сила [1]

$$X = \begin{cases} \frac{M}{r}, & \text{якщо } \frac{M}{r} < \varphi Z \\ \varphi Z, & \text{якщо } \frac{M}{r} \geq \varphi Z \end{cases}, \quad (1)$$

де  $\varphi$  - коефіцієнт зчеплення коліс автопоїзда з опорною поверхнею.

Прийmemo закон зміни гальмівного моменту на колесі (за пневматичного гальмівного приводу ланок автопоїзда) у вигляді [79]

$$M_{\tau_i} = M_0 [1 - \exp(-n_i t)], \quad (2)$$

де  $M_0$  – максимальний гальмівний момент, що може бути реалізованим гальмівним механізмом;

$n_i$  – параметр, що характеризує швидкість зростання тиску повітря в гальмівній камері;

$t$  – час, на протязі якого зростає тиск повітря в гальмівній камері.

Після блокування загальмованого колеса поздовжня сила  $X$  приймається рівною

$$X = 0,7 P_{\text{гал.}} = 0,7 Z \varphi, \quad (3.)$$

де  $Z$  – нормальна реакція опорної поверхні на колеса автопоїзда.

Коефіцієнт опору бічному відведенню при розрахунках бічної сили для розрахунку показників стійкості руху автопоїзда в режимі гальмування визначиться як

$$Y = k \delta = k_{yoe} q_T \delta = k_T k_{yoe} \delta, \quad (4)$$

де

$$k_T = q_N q_\varphi q_T = k_o q_T,$$

$$q_T = \frac{\sqrt{1 - \left(\frac{X}{\varphi Z}\right)^2}}{1 + 0,375 \frac{X}{Z}},$$

де  $k$  – коефіцієнт опору бічному відведенню;

$k_{yoe}$  – екстремальне значення коефіцієнта опору відведенню;

$k_T$  – коефіцієнт, що враховує зміну коефіцієнта опору відведенню в залежності від гальмівної сили, що діє на колесо;

$q_N$  – коефіцієнт, що враховує зміну коефіцієнта  $k_T$  в залежності від величини нормальної реакції опорної поверхні на колесо;

$q_\varphi$  – коефіцієнт, що враховує зміну коефіцієнта  $k_T$  в залежності від коефіцієнта зчеплення колеса з опорною поверхнею.

Після блокування загальмованого колеса бічна сила  $Y$  на колесі складає  $0,2Y$ .

З метою вивчення найбільш несприятливих наслідків процесу гальмування автомобільного поїзда будемо вважати, що бортова нерівномірність гальмівних сил має односторонній характер. Для визначеності прийемо, що якщо до колеса лівого борту ланок автопоїзда прикладено момент  $M$ , то на колесах правого борту цей момент буде рівним  $0,7M$ .

Прямолінійний рух автопоїзда в режимі гальмування будемо вважати практично стійким, якщо ширина коридору руху буде дорівнювати половині ширини смуги руху. Звідси витікає, що бокове переміщення ланок автопоїзда не повинно перевищувати  $1,0$  м.

Результати виконаних на-сьогодні робіт [77] показали, що динамічне поведження ланок автопоїзда в режимі гальмування в залежності від коефіцієнта зчеплення їх коліс з опорною

До першої групи віднесена умова

$$0,2 \leq \varphi \leq 0,4.$$

Ця умова характеризується тим, що при прийнятих значеннях коефіцієнта зчеплення за відсутності анти блокувальних систем неминуче активне блокування коліс автопоїзда.

Розглянемо більш детально значення коефіцієнта зчеплення  $\varphi = 0,2$ .

Інтегрування рівнянь руху автопоїзда, наведених у роботі [2], показало, що по закінченню часу гальмування  $t=0,2$  с після початку гальмування наступає повне блокування усіх коліс дволанкового автопоїзда, а також коліс тягача і коліс третьої ланки триланкового автопоїзда. Із (3.34) слідує, що асиметрія у цьому випадку відсутня. Динамічне поведження ланок автопоїзда повністю визначається початковими збуреннями, у тому числі і початковою швидкістю гальмування, яку прийемо у якості параметру.

Визначимо найбільш несприятливі початкові збурення, приймаючи рух автопоїзда прямолінійним, якщо  $|\varphi_1|$  або  $|\varphi_1, \varphi_2| < 0,04$  рад (зона нечутливості у приводі керування), де  $\varphi_1$  і  $\varphi_2$  – відповідно перший і другий кут складання. При  $\dot{\varphi}_{1,2} = 0$  рух ланок автопоїзда після закінчення  $2$  с має повну симетрію (зважаючи на рівність поздовжніх сил після блокування коліс ланок автопоїзда) і тому можна обмежитися одним із двох можливих складань ланок автопоїзда, рис. 3.14, де кожна окрема ланка автопоїзда представлена умовно однією її віссю. При відхиленні

ланок автопоїзда на кут  $\varphi_1=0,04 \text{ рад}$  їм надавалося бічне переміщення 0,4 м. Якщо  $\varphi_1$  і  $\varphi_2$  одного знаку, то триланковий автопоїзд еквівалентний дволанковому і обирати такі значення збурень недоцільно.

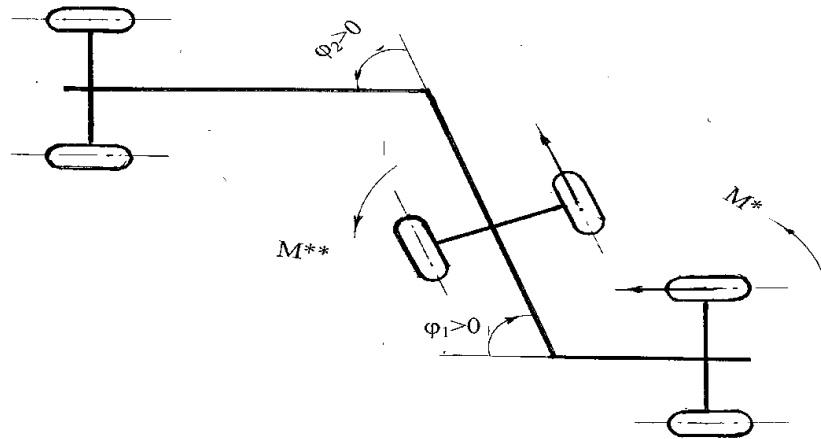


Рис. 1. Схема складань ланок автопоїзда

Зупинимося на значенні коефіцієнта зчеплення  $\varphi=0,4$ . При  $t > 1,5$  с блокуються усі колеса лівого борту автомобіля-тягача і другої ланки автопоїзда, при  $t = 2$  с блокуються і колеса третьої ланки автопоїзда. При  $1,5 < t < 2$  с тягач змінює знак асиметрії, при  $t > 2$  с третя ланка змінює напрямок асиметрії, зменшуючи загальну асиметрію автопоїзда. Отже для  $0,2 \leq \varphi \leq 0,4$  асиметрія не є основним збуруючим фактором як для дволанкових, так і три ланкових автопоїздів. Такими є початкові збурення.

До другої групи віднесена умова

$$0,5 \leq \varphi \leq 0,8.$$

Вона характеризується тим, що при даних значеннях коефіцієнта зчеплення блокування коліс автопоїзда практично виключене. Якщо  $M=M(t)$ , то при  $t > 1,5$  с блокується тільки ліве колесо третьої осі тягача. У відповідності до напрямку дії асиметричних гальмівних моментів підберемо і початкові збурення. Із рис. 1 слідує, що кути складання ланок автопоїзда варто прийняти  $\varphi_1 > 0$  і  $\varphi_2 > 0$ . При цьому момент від нерівності гальмівних сил на осях автомобіля-тягача  $M^*$  призводить до збільшення першого кута складання  $\varphi_1$ , момент на осях третьої ланки  $M^{**}$  призводить до збільшення кута  $|\varphi_2|$ . Момент  $M^{**}$  на осях другої ланки зменшує значення першого кута складання  $\varphi_1$ , але цей момент менший за момент  $M^*$ . Розрахунки показують, що найбільш несприятливий напрямок початкових кутових швидкостей повинен співпадати з напрямком кутів, тобто  $\dot{\varphi}_1 > 0$  і  $\dot{\varphi}_2 < 0$ , причому величини цих швидкостей значно впливають на прикінцеві бічні відхилення ланок автопоїзда.

1. Иларионов В.А. Эксплуатационные свойства автомобилей. – М.: Машиностроение, 1966. – 280с.

2. Лобас. Л Г Неголономные модели колесных экипажей. Киев: Наук. думка, 1986 -232 с.