

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТОРМОЗНЫХ СИЛ ПРИЦЕПА НА БЫСТРОДЕЙСТВИЕ ТОРМОЗНОГО ПРИВОДА

THE EFFECT OF THE TRAILER BRAKING FORCE CONTROL SYSTEM ON THE PERFORMANCE OF THE BRAKE ACTUATOR

Поварехо А. С., канд. техн. наук, доц.,

Рахлей А. И., канд. техн. наук, доц.,

Белорусский национальный технический университет,

г. Минск, Республика Беларусь

A. Pavarekha, Ph. D. in Eng., Ass. Prof.,

A. Rakhley, Ph. D. in Eng., Ass. Prof.,

Belarusian national technical University, Minsk, Republic of Belarus

ВВЕДЕНИЕ

Известно, что обеспечение устойчивости движения и повышение эффективности торможения автомобильных и тракторных поездов обеспечивается путем максимального использования сцепного веса, приходящегося на их мосты, при отсутствии блокирования тормозящихся колес [1].

Решение данной проблемы без применения антиблокировочных систем в определенном диапазоне загрузки прицепного состава можно достигнуть применением регуляторов тормозных сил (РТС). В качестве регулирующего клапана для пневматических тормозных систем широко используется компенсатор давления, имеющий лучшую характеристику [2].

ОЦЕНКА БЫСТРОДЕЙСТВИЯ ТОРМОЗНОГО ПРИВОДА

Коэффициент преобразования РТС, характеризующий соотношение давлений на выходе и входе, зависит от угла поворота его присоединительного рычага, который фиксирует деформацию упругого элемента подвески. При установке РТС в передний и задний контур пневматического привода тормозов прицепа коэффициенты преобразования их будут:

$$k_{p1} = \frac{p_{\text{вых1}}}{p_{\text{вх1}}} = k + \beta_p \cdot (\alpha_{n1} + \alpha_{p1});$$

$$k_{p2} = \frac{p_{\text{вых2}}}{p_{\text{вх2}}} = k + \beta_p \cdot (\alpha_{n2} + \alpha_{p2}), \quad (1)$$

где $p_{\text{вых1}}, p_{\text{вых2}}, p_{\text{вх1}}, p_{\text{вх2}}$ – давление воздуха на выходе и входе соответствующего РТС;

k – коэффициент, зависящий от нелинейности статической характеристики РТС;

β_p – угловой коэффициент статической характеристики РТС;

$\alpha_{n1}, \alpha_{n2}, \alpha_{p1}, \alpha_{p2}$ – углы начальной установки и рабочего диапазона рычагов РТС.

Угловой коэффициент β_p и коэффициент k определяются по статической характеристике регулятора, которая строится на основании экспериментальных данных. Для исследуемого РТС $\beta_p = 0,01$ 1/град; $k = 0,15$. Углы начальной установки рычагов РТС α_{n1} и α_{n2} рассчитываются для снаряженного прицепа по следующим формулам:

$$\alpha_{n1} = \frac{1}{p_{\text{вх1}} \cdot \beta_p} \cdot \left(\frac{\varphi \cdot r_{\text{п}} \cdot y_{c1} \cdot c_{п1} + k_{т1} \cdot p_{н1}}{k_{т1}} - p_{\text{вх1}} \cdot k \right);$$

$$\alpha_{n2} = \frac{1}{p_{\text{вх2}} \cdot \beta_p} \cdot \left(\frac{\varphi \cdot r_{\text{п}} \cdot y_{c2} \cdot c_{п2} + k_{т2} \cdot p_{н2}}{k_{т2}} - p_{\text{вх2}} \cdot k \right),$$

где φ – коэффициент сцепления; y_{c1}, y_{c2} – статический прогиб подвески передней и задней осей снаряженного прицепа; $c_{п1}, c_{п2}$ – жесткость подвесок передней и задней осей; $k_{т1}, k_{т2}$ – коэффициенты пропорциональности тормозных механизмов; $p_{н1}, p_{н2}$ – давление начала срабатывания тормозных камер.

Переменными параметрами, влияющими на соотношение давления на выходе и входе РТС, являются углы рабочего диапазона его рычагов. При этом α_{p1}, α_{p2} зависят от изменения деформаций подвесок в результате загрузки прицепа и динамического перераспределения веса между осями, вызванного тормозными силами и усилием в тягово-сцепном устройстве. Углы рабочего диапазона α_{p1}, α_{p2} находятся из кинематики соединения рычагов регуляторов с передней

и задней осями прицепа:

$$\begin{aligned}\alpha_{p1} &= 2 \cdot \arcsin \left(\frac{y_{\tau1} + y_{\Delta1}}{2 \cdot l_{p1}} \right); \\ \alpha_{p2} &= 2 \cdot \arcsin \left(\frac{y_{\tau2} - y_{\Delta2}}{2 \cdot l_{p2}} \right),\end{aligned}\quad (2)$$

где l_{p1} , l_{p2} – длина рычагов РТС, установленных на переднюю и заднюю оси прицепа;

$y_{\tau1}$, $y_{\tau2}$, $y_{\Delta1}$, $y_{\Delta2}$ – прогиб передней и задней подвесок прицепа, вызванный его загрузкой и динамическим перераспределением веса.

Подставив значения α_{p1} , α_{p2} в выражение (1), получим в окончательном виде уравнения для определения коэффициентов преобразования РТС:

$$\begin{aligned}k_{p1} &= k + \beta_p \cdot \left[\alpha_{n1} + 2 \cdot \arcsin \left(\frac{y_{\tau1} + y_{\Delta1}}{2 \cdot l_{p1}} \right) \right]; \\ k_{p2} &= k + \beta_p \cdot \left[\alpha_{n2} + 2 \cdot \arcsin \left(\frac{y_{\tau2} - y_{\Delta2}}{2 \cdot l_{p2}} \right) \right].\end{aligned}\quad (3)$$

На основании совместного расчета выражений (2) и (3) установлено, что коэффициенты преобразования РТС зависят от загрузки прицепа и перераспределения веса между его осями при торможении и изменяются соответственно от 0,27 до 1,0 и от 0,286 до 1,0.

Для исследования быстродействия срабатывания тормозного привода проводили дорожные испытания трактора кл. 1,4 в агрегате с прицепом 2ПТС-6, содержащим в переднем и заднем контуре пневматического привода РТС. Предварительно экспериментальным путем определены коэффициенты пропорциональности тормозных механизмов прицепа и жесткость подвесок, а по методике, изложенной в работе [3], рассчитаны установочные параметры РТС, по которым они были настроены:

$$k_{n1} = 63,3 \text{ кН/МПа}; k_{n2} = 30,7 \text{ кН/МПа}; c_{n1} = c_{n2} = 370 \text{ кН/м};$$

$l_{p1} = 0,0557$ м; $l_{p2} = 0,0314$ м; $\alpha_{н1} = 0,129$ рад; $\alpha_{н2} = 0,441$ рад.

При испытаниях торможения тракторного поезда фиксировались ход тормозной педали, тормозной путь, замедление поезда, давление воздуха в тормозных камерах передней и задней осей прицепа и на входах регуляторов тормозных сил, прогибы передней и задней подвесок. Динамические характеристики пневматического тормозного привода тракторного поезда определялись при экстренном торможении с прицепом в снаряженном состоянии и номинальной загрузкой как с РТС, так и без них. Для оценки влияния прогиба подвески на давление воздуха в тормозных камерах прицепа торможение осуществлялось в движении и на месте.

Динамические характеристики (рис. 1) тормозного привода тракторного поезда показывают, что время срабатывания каждой оси при регулировании тормозных сил зависит от загрузки прицепа. При этом время срабатывания тормозного привода передней оси прицепа (рис. 1, а) в зависимости от его загрузки 0,78–0,72 с, а задней – 0,58–0,50 с.

Сопоставление времени срабатывания регулируемого и нерегулируемого приводов показывает, что при регулировании тормозных сил снижается быстродействие переднего контура тормозного привода прицепа, в то время как в заднем контуре оно возрастает вследствие снижения РТС давления в тормозных камерах. Однако сравнение времени срабатывания привода для одного и того же давления в тормозных камерах прицепа показало, что в любом случае РТС ухудшают быстродействие привода.

Динамические характеристики, полученные при торможении в движении и на месте, свидетельствуют, что на время срабатывания и давление в тормозных камерах каждой оси регулируемого привода прицепа влияет также прогиб подвески.

Из динамических характеристик процесса оттормаживания пневматического привода прицепа с регуляторами и без для снаряженного и с номинальной загрузкой прицепа (рис. 2) следует, что у снаряженного прицепа время оттормаживания меньше, так как давление воздуха в тормозных камерах задней оси снаряженного прицепа при регулировании тормозных сил значительно ниже, чем груженого.

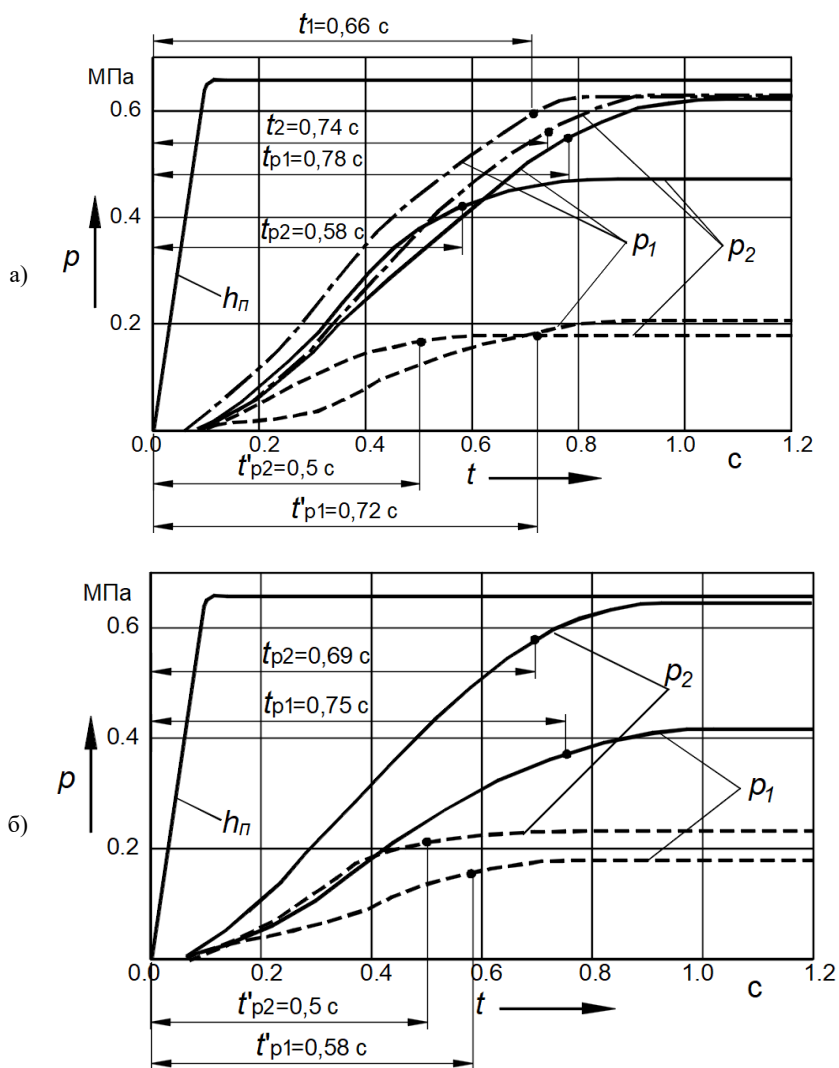


Рисунок 1 – Динамические характеристики пневматического тормозного привода прицепа при торможении в движении (а) и на месте (б):

- с регулированием тормозных сил груженого прицепа;
- - с регулированием тормозных сил снаряженного прицепа;
- · - без регулирования тормозных сил

Сопоставление времени оттормаживания груженого прицепа с РТС и без них показывает, что на передней оси для регулируемого привода время опоражнивания снижается по сравнению с нерегулируемым приводом, за счет уменьшения деформации подвески, т. е. РТС в этом случае способствует падению давления в тормозных камерах. Для задней оси прогиб рессоры при оттормаживании возрастает, и РТС ухудшает опоражнивание тормозных камер.

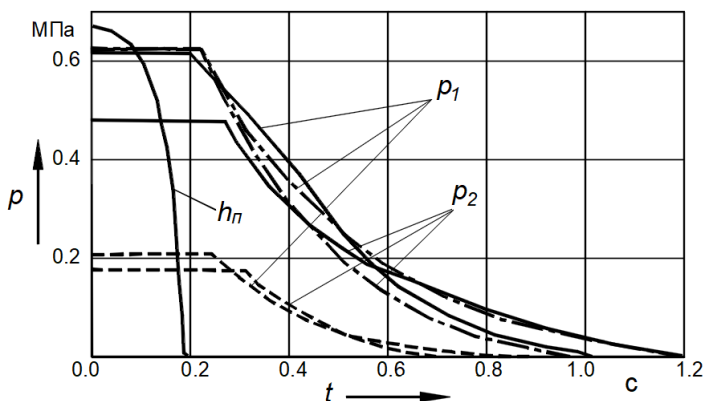


Рисунок 2 – Динамические характеристики процесса оттормаживания пневматического привода тракторного поезда:

- с регулированием тормозных сил груженого прицепа;
- - с регулированием тормозных сил снаряженного прицепа;
- · - без регулирования тормозных сил

На быстрдействие наполнения и опоражнивания тормозных камер пневматического привода прицепа влияет пропускная способность РТС. В связи с этим проведены лабораторные испытания по определению пропускной способности РТС путем его продувки. На основании полученных данных построены графики (рис. 3) для процесса наполнения (1) и опоражнивания (2) емкости постоянного объема.

Для процесса наполнения характерно возрастание пропускной способности с увеличением угла поворота присоединительного рычага РТС. Процесс опоражнивания характеризуется постоянной пропускной способностью РТС, не зависящей от угла поворота присоединительного рычага.

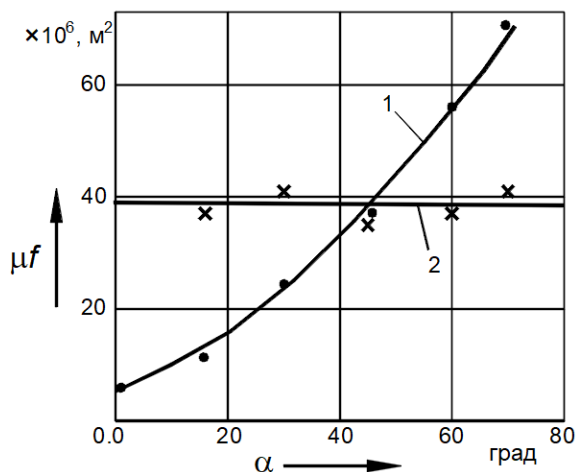


Рисунок 3 – Зависимость пропускной способности регулятора тормозных сил от угла поворота его присоединительного рычага

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При регулировании тормозных сил прицепа 2ПТС-6 время срабатывания его тормозного привода возрастает и зависит от загрузки прицепа и пропускной способности регулятора тормозных сил.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тракторные поезда / под ред. В. В. Гуськова. – М. : Машиностроение, 1982 – 183 с.
 2. Гуревич, Л. В. Тормозное управление автомобиля / Л. В. Гуревич, Р. А. Меламуд. – М. : Транспорт, 1978. – 152 с.
 3. Богдан, Н. В. Выбор установочных параметров регулятора тормозных сил для двухосного прицепа / Н. В. Богдан, Г. П. Грибко // Автотракторостроение : республиканский межведомственный сборник ; под ред. К. М. Кокин (гл. ред) [и др.]. – Мн. , 1976. – С. 101–105.
- Представлено 15.06.2025