

О МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ДВУХСЕКЦИОННОГО ТОРМОЗНОГО КРАНА

(По вопросам аффилиации и ссылок на статью

обращайтесь по электронной почте bremsemaster@yandex.ru)

Одной из наиболее важных задач при разработке технологии углублённого диагностирования является разработка математических моделей работы аппаратов пневматического привода тормозной системы, которые будут являться эталоном при проведении диагностики.

Эффективность торможения автобуса (тормозной путь, установившееся замедление) зависит от статической характеристики тормозного крана, которая заложена заводом-изготовителем и может изменяться в условиях эксплуатации. Поэтому при углублённом диагностировании тормозной системы необходимо получить выходную характеристику тормозного крана и сравнить её с характеристикой завода-изготовителя.

Статическая характеристика двухсекционного тормозного крана - зависимость давления на выходе от перемещения управляющего рычага или от усилия на педали тормоза.

Статическая характеристика крана состоит из трёх участков (рис. 1-2):

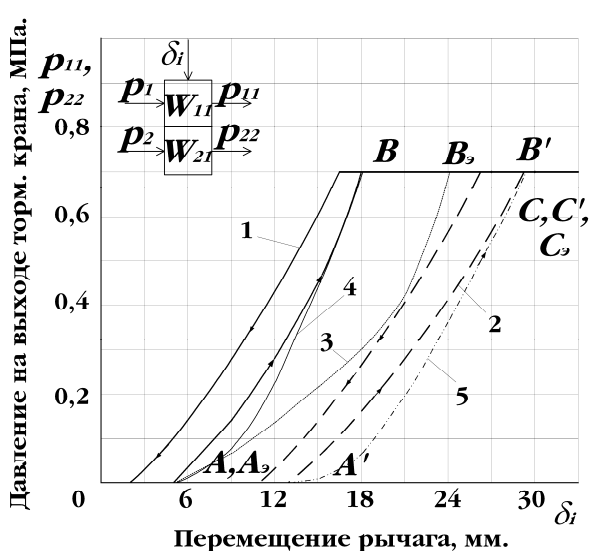


Рис. 1. Статическая характеристика тормозного крана по перемещению рычага:

1 – для верхней секции; 2 – для нижней секции; 3 – эталонная характеристика завода-изготовителя; 4 – теоретическая кривая для верхней секции; 5 – теоретическая кривая для нижней секции.

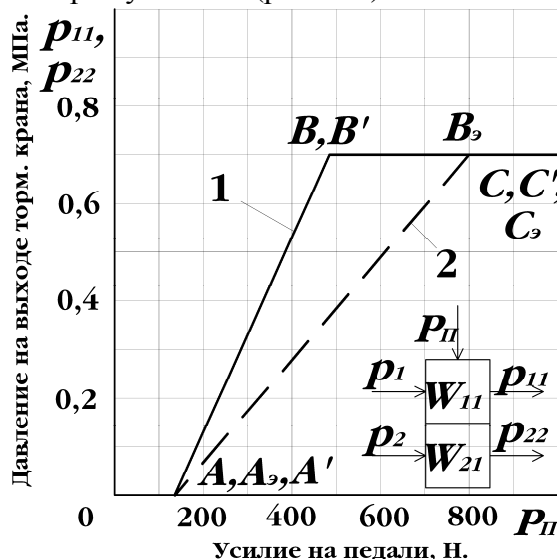


Рис. 2. Статическая характеристика по усилию на педали:

1 – характеристика для верхней секции тормозного крана; 2 – эталонная характеристика завода-изготовителя.

1. Участок, характеризующий нечувствительность тормозного крана (на рисунке OA и OA' , соответственно, для верхней и нижней секций тормозного крана и OA_2 для эталонной характеристики);
2. Участок, характеризующий работу тормозного крана в следящем режиме (AB , AB' , A_2B_2);
3. Участок, характеризующий работу тормозного крана при максимальном усилии на педали тормоза (BC , BC' , B_2C_2).

Нечувствительность тормозного крана характеризуется линией OA для верхней секции, линией OA' для нижней секции и линией OA_2 на эталонной характеристике. В начальный момент нажатия на педаль тормозной кран не приводит в действие тормозные механизмы, т.к. в приводе тормозного крана имеются зазоры, а в тормозном кране установлены резиновые уплотнительные элементы, которые с запаздыванием перемещаются под действием толкателя тормозного крана.

Работу в следящем режиме характеризуют линии $AB, A'B', A_2B_2$ (рис. 1). Характеристики следящего действия определяется давлением воздуха на входе в тормозной кран и перемещением рычага. Форма кривой характеристики следящего действия по ходу рычага описывается уравнениями:

- для верхней камеры:

$$p_{11} = \begin{cases} 0, & \text{при } \delta_i \leq 0,005 \text{ м;} \\ p_1 \left(1 - \cos \left(\pi \frac{\delta_i - \delta_0}{0,026} \right) \right), & \text{при } 0,005 \leq \delta_i \leq 0,018 \text{ м;} \\ p_{\max}, & \text{при } \delta_i \geq 0,018 \text{ м;} \end{cases} ; (1)$$

- для нижней камеры:

$$p_{22} = \begin{cases} 0, & \text{при } \delta_i \leq 0,013 \text{ м;} \\ p_2 \left(1 - \cos \left(\pi \frac{\delta_i - \delta'_0}{0,032} \right) \right), & \text{при } 0,013 \leq \delta_i \leq 0,030 \text{ м;} \\ p_{\max}, & \text{при } \delta_i \geq 0,030 \text{ м.} \end{cases} ; (2)$$

где δ – текущее значение перемещения рычага, м; p_{\max} – максимальное давление воздуха в пневмоприводе, ограничиваемое регулятором давления; p_i – текущее значение давления воздуха на выходе тормозного крана, МПа.

Уравнение характеристики по усилию имеет вид:

$$P_{11,22} = \begin{cases} 0, & \text{при } P_{ni} \leq 135 \text{ Н;} \\ P_{\max} \left(\frac{P_{ni} - P_0}{351} \right), & \text{при } 135 \leq P_{ni} \leq 486 \text{ Н;} \\ P_{\max}, & \text{при } P_{ni} \geq 486 \text{ Н.} \end{cases} ; (3)$$

где P_{ni} - текущее значение усилия на педали тормоза, Н.

Математическую модель статической характеристики тормозного крана можно описать через передаточные функции W_{11} и W_{21} :

- для верхней секции:

$$W_{11} = \begin{cases} p_{11} = p_1 W_{11} ; & (4) \\ 0, & \text{при } \delta_i \leq 0,005 \text{ м;} \\ \left(1 - \cos \left(\pi \frac{\delta_i - \delta_0}{0,026} \right) \right), & \text{при } 0,005 \leq \delta_i \leq 0,018 \text{ м;} \\ 1, & \text{при } \delta_i \geq 0,018 \text{ м;} \end{cases} ; (5)$$

- для нижней секции:

$$W_{21} = \begin{cases} p_{22} = p_2 W_{21} ; & (6) \\ 0, & \text{при } \delta_i \leq 0,013 \text{ м;} \\ \left(1 - \cos \left(\pi \frac{\delta_i - \delta'_0}{0,032} \right) \right), & \text{при } 0,013 \leq \delta_i \leq 0,030 \text{ м;} \\ 1, & \text{при } \delta_i \geq 0,030 \text{ м.} \end{cases} ; (7)$$

- для характеристики по усилию:

$$p_i = P_{ni} \cdot W' ; \quad (8)$$

$$W' = \begin{cases} 0, & \text{при } P_{ni} < 135 \text{ Н;} \\ \frac{P_{\max}}{351} \left(1 - \frac{135}{P_{ni}} \right), & \text{при } 135 \leq P_{ni} \leq 486 \text{ Н;} \\ \frac{P_{\max}}{486}, & \text{при } P_{ni} \geq 486 \text{ Н.} \end{cases} \quad (9)$$

Работу крана при максимальной силе нажатия на педаль тормоза характеризуется линиями BC , BC' , B_3C_3 . Положение линии зависит от давления воздуха в пневмоприводе тормозных механизмов автобуса.

Полученная математическая модель тормозного крана может быть использована для оценки эффективности торможения автобуса, как на стадии проектирования, так и при определении допустимых отклонений статической характеристики тормозного крана при углублённом диагностировании.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. ГОСТ 22895 – 77. Тормозные системы и тормозные свойства автотранспортных средств. Нормы эффективности. – М.: Госстандарт СССР, 1988 – 20 с.
2. ГОСТ Р 51709 – 2001. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки. – М.: Госстандарт, 2002 – 25 с.
3. MAN SL – 200/202 Omnibus. Reparaturhandbuch. Band 2. – München: M.A.N.. Nutzfahrzeuge GmbH. Werk München, 1988 – 350 s.