

ДИНАМИКА ПНЕВМОПРИВОДА РАБОЧЕЙ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ АВТОБУСА MAN SL – 202

(По вопросам аффилиации и ссылок на статью обращайтесь по электронной почте bremsemaster@yandex.ru)

В соответствии с таблицей 3 «Нормативы эффективности торможения АТС рабочей тормозной системой (РТС) при проверках в дорожных условиях» ГОСТ Р 51709-2001, для автобусов класса М₃ нормировано время срабатывания пневмопривода тормозной системы – не более 0,6 секунды. При выполнении данного требования возникают определённые задачи по обеспечению заданного быстродействия тормозных механизмов осей автобуса, поскольку межосевое расстояние передней и задней (задних) осей составляет 6 и более метров.

Для решения данной проблемы применяются различные способы:

1. Установка быстродействующего электронно-пневматического привода тормозной системы (ЕВS).
2. При установке конвекционного пневмопривода:

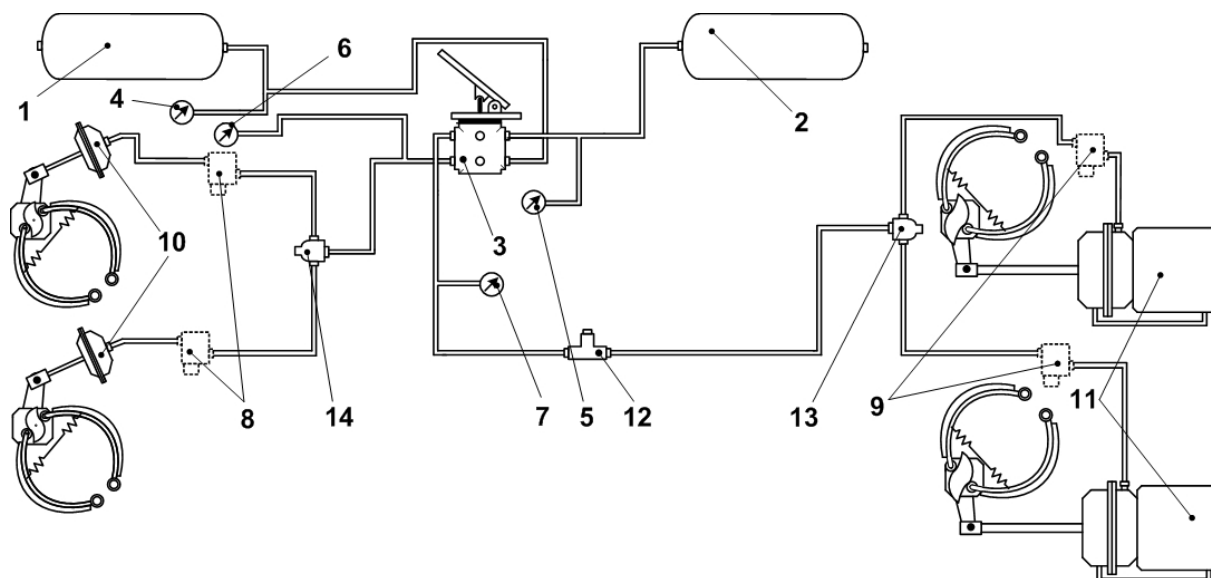


Рис. 1. Схема пневмопривода РТС MAN SL – 202:

1, 2 – ресиверы; 3 – тормозной кран управления РТС; 4, 5 – манометры давления в ресиверах; 6, 7 – манометры давления в тормозных магистралях; 8, 9 – модуляторы ABS; 10 – передние тормозные камеры; 11 – задние тормозные камеры с пружинными энергоаккумуляторами; 12 – двухмагистральный клапан; 13 – клапан быстрого растормаживания;

вания; 14 – ограничитель давления

- а) установка в трансмиссии АТС гидродинамического замедлителя (ретардера) с электронным управлением;
- б) конструктивные мероприятия для уменьшения местных сопротивлений в пневмомагистралях.

Для прогнозирования эффективности РТС разработаем математическую модель её пневмопривода (рис. 2).

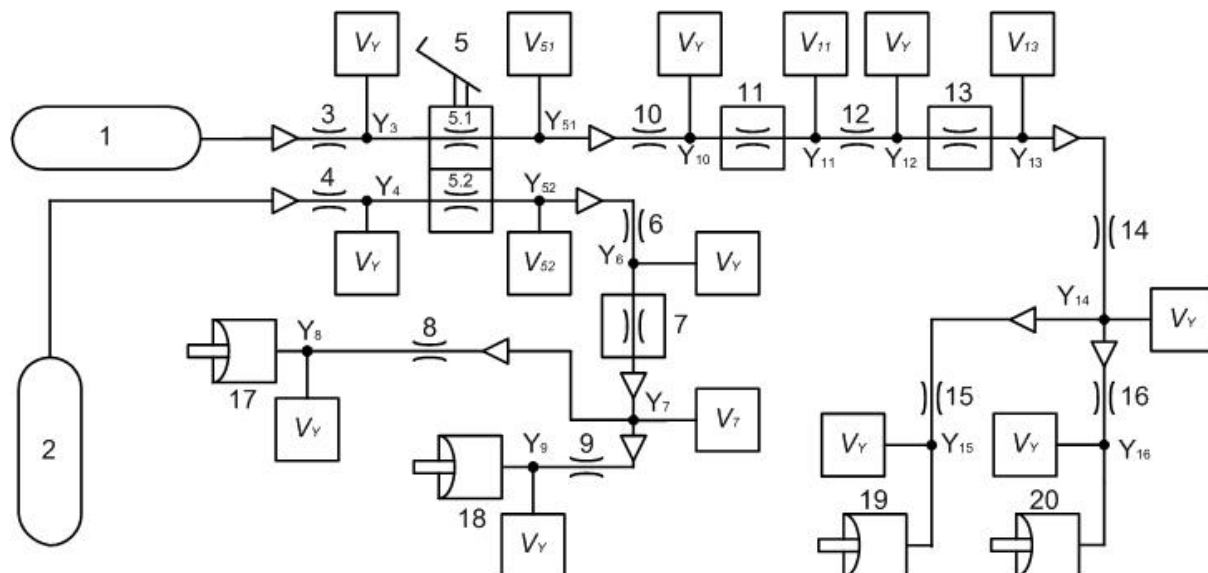


Рис. 1. Динамическая модель пневмопривода РТС MAN SL – 202:

1 – ресивер контура тормозов задней оси; 2 – ресивер контура тормозов передней оси; 3, 4, 6, 8, 9, 10, 12, 14, 15, 16 – местные сопротивления в магистралях; 5 - тормозной кран управления РТС; 7 – ограничитель давления; 11 – двухмагистральный клапан; 13 – клапан быстрого растормаживания; 17, 18 – передние тормозные камеры; 19, 20 – задние тормозные камеры

Уравнения расходов через узлы Y_i магистралей будут иметь вид:

$$\begin{aligned} \dot{m}_i - \dot{m}_{Ei} &= 0, \text{ при } i=8, 9, 15, 16; \\ \dot{m}_i - \dot{m}_n - \dot{m}_{Ei} &= 0, \text{ при } i=3, 4, 5.1, 5.2; n=5.1, 5.2, 10, 6; \\ \dot{m}_i - \dot{m}_{i+1} - \dot{m}_{Ei} &= 0, \text{ при } i=6, 10, 11, 12, 13; \\ \dot{m}_i - \dot{m}_{i+1} - \dot{m}_{i+2} - \dot{m}_{Ei} &= 0, \text{ при } i=7, 14 \end{aligned} \quad (1)$$

Соотношение давлений в клапанах РТС описывается уравнениями:

$$\begin{aligned} \text{для клапанов } 5.1, 7, 11, 13: p_i - p_{\max} + \frac{P_{TPi}}{F_i} &= 0; \\ \text{для секции } 5.2: p_{52} + p_{51} - p_{\max} + \frac{P_{TP52}}{F_{52}} &= 0; \end{aligned} \quad (2)$$

где i – номер клапана (секции); p_i – давление воздуха на выходе соответствующего клапана, МПа; p_{\max} – максимальное давление в пневмопри-

воде, МПа; P_{TP} – сила трения поршня соответствующего клапана, Н; F_i – площадь поршня соответствующего клапана, м².

Для решения вышеприведённых уравнений используем гиперболическую функцию расхода:

$$\begin{aligned}\varphi(\sigma) &= A \frac{1-\sigma}{B-\sigma}; \\ A &= \frac{h}{B-1} = B\varphi_{\max}(\sigma); \\ \dot{m} &= \frac{\partial m}{\partial t} = \mu f v_{kp} \frac{p_0}{RT} \varphi(\sigma),\end{aligned}\quad (3)$$

где $\varphi(\sigma)$ – гиперболическая функция расхода; $\sigma = p_i/p_0$ – безразмерное давление; p_i – давление в полости за дросселем (клапаном), МПа; p_0 – давление в резервуаре перед дросселем, МПа; A, B, h – параметры гиперболы; μ – коэффициент расхода, учитывающий потери на трение, изменение формы и направлении струи в клапане; f – площадь поперечного сечения канала дросселя, м²; $v_{kp} = \sqrt{kRT}$ – критическая скорость струи, м/с; k – показатель адиабаты; R – газовая постоянная, м²/(с²·К) (для воздуха $R=287,14$ м²/(с²·К)); T – абсолютная температура воздуха перед дросселем, К.

В результате преобразований получим систему уравнений (4) для узлов Y_i пневмомагистралей:

$$\begin{aligned}Av_{kp}(\mu f)_i p_{\max} \frac{p_{\max} - p_i}{Bp_{\max} - p_i} - \frac{V_n}{k} \cdot \frac{dp_i}{dt} &= 0, \text{ при } i=3, 4; n=5.1, 5.2; \\ Av_{kp}(\mu f)_i p_{i-1} \frac{p_{i-1} - p_i}{Bp_{i-1} - p_i} - \frac{V_k}{k} \cdot \frac{dp_i}{dt} &= 0, \text{ при } i=8, 9, 15, 16; \\ Av_{kp} \left[(\mu f)_i p_j \frac{p_j - p_i}{Bp_j - p_i} - (\mu f)_n p_i \frac{p_i - p_n}{Bp_i - p_n} \right] - \frac{V_i}{k} \cdot \frac{dp_i}{dt} &= 0, \text{ при } i=5.1, 5.2, 6, \\ &10, 11, 12, 13; n=10, 6, 11, 12, 13, 14; j=3, 4, 5.1, 5.2, 10, 11, 12; \\ Av_{kp} \left[(\mu f)_i p_{i-1} \frac{p_{i-1} - p_i}{Bp_{i-1} - p_i} - (\mu f)_{i+1} p_i \frac{p_i - p_{i+1}}{Bp_i - p_{i+1}} - (\mu f)_{i+2} p_{i+1} \cdot \frac{p_{i+1} - p_{i+2}}{Bp_{i+1} - p_{i+2}} \right] - \frac{V_i}{k} \cdot \frac{dp_i}{dt} &= 0, \\ &\text{при } i=7, 14; \\ \text{для клапанов } 5.1, 5.2, 7, 11, 13: p_i - p_{\max} + \frac{P_{TPi}}{F_i} &= 0; \\ \text{для секции } 5.2: p_{52} - p_{51} - p_{\max} + \frac{P_{TP52}}{F_{52}} &= 0.\end{aligned}\quad (4)$$

При решении аналогичной системы уравнений на стадии проектировании пневмопривода РТС, выявляются элементы, создающие наибольшее

сопротивление движению сжатого воздуха по магистралям, в результате чего появляется обоснование и, в последствии, возможность внесения конструктивных изменений для повышения быстродействия тормозной системы.