

**В.Г.МАСЛИЕВ**, канд.техн.наук.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОЦИЛИНДРОВ ДЛЯ РАДИАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ КОЛЕСНЫХ ПАР ЛОКОМОТИВА В КРИВЫХ УЧАСТКАХ РЕЛЬСОВОГО ПУТИ

Запропоновано залежності для розрахунку гідравлічного пристрою, призначеного для повороту колісних пар візка локомотива до радіального напрямку їхніх осей при русі по кривих ділянках шляху.

Применяемые на зарубежных локомотивах устройства для установки колесных пар в направлении радиуса кривого участка пути (РУКП), как правило, выполняются с использованием механических элементов – тяг, рычагов, шарниров и т.д. Общим недостатком таких устройств является потеря характеристик в процессе эксплуатации, обусловленная износом кинематических пар. Это приводит к ухудшению эффективности работы устройств и снижает интерес к ним. Устройства для радиальной установки колесных пар в кривых, выполненные с использованием гидравлических силовых цилиндров в значительной мере лишены этого недостатка.

Как пример, рассмотрим устройство для РУКП (пат. США 4417525, 1983 г. [1]), показанное на рисунке.

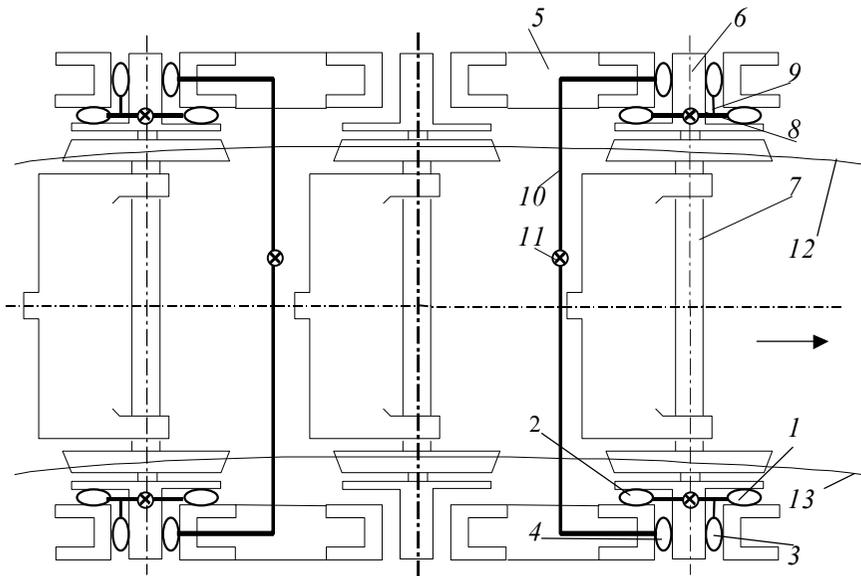


Схема устройства для РУКП на базе гидравлических цилиндров: 1, 2 – поперечные гидравлические цилиндры; 3, 4 – продольные гидравлические цилиндры; 5 – рама тележки; 6 – буksа; 7 – колесно-моторный блок; 8, 9, 10 – трубопроводы; 11 – дроссель; 12, 13 – наружный и внутренний рельсы кривой.

Устройство содержит поперечные (1 и 2) и продольные (3 и 4) гидравлические цилиндры, размещенные между рамой тележки 5 и буксами 6 крайних колесных пар 7. Цилиндры каждой крайней колесной пары объединены трубопроводами в три группы: поперечные цилиндры 1 и 2 с одной стороны передней колесной пары сообщаются между собой и с продольным передним цилиндром 3 этой же группы посредством трубопроводов 8 и 9. Аналогично соединены между собой и цилиндры с другой стороны колесной пары. Два задних продольных цилиндра 4 по разные стороны колесной пары соединены между собой трубопроводом 10. Направляющие букс средней колесной пары не оборудованы цилиндрами и оснащены только упругими элементами, позволяющими осуществлять небольшие перемещения букс относительно рамы.

При движении локомотива по криволинейному участку пути нагрузки на буксы перераспределяются посредством цилиндров и трубопроводов. Так, при движении в направлении, показанном стрелкой, боковая нагрузка на поперечные цилиндры 1 и 2 той буксы, которая находится со стороны внутреннего рельса – возрастает и жидкость начинает перетекать по трубопроводам 8 и 9 в продольный цилиндр 3 этой же буксы – смещая ее назад, что приводит к перетеканию жидкости по трубопроводу 10 из заднего продольного цилиндра 4 в задний продольный цилиндр 4 буксы, расположенной со стороны наружного рельса кривой, что приводит к смещению ее вперед – т.е. по направлению движения экипажа. При этом давление в переднем продольном цилиндре 3 снижается за счет перетекания жидкости по трубопроводу 9 в поперечные цилиндры 1 и 2, где давление жидкости уменьшается вследствие опережающего по отношению к раме тележки смещения колесной пары внутрь кривой.

В результате этих силовых воздействий, колесная пара повернется по направлению кривой ближе к радиальному положению.

Подобным же образом осуществляется поворот и другой колесной пары. При выходе из кривого участка происходит возврат цилиндров в исходное положение, соответствующее движению по прямолинейному участку пути. В трубопроводах установлены дроссели 11, обеспечивающие срабатывание этого устройства в течении 5 секунд, что соответствует времени входа в кривую и позволяет гасить поперечные угловые колебания тележки, частоты которых превышают  $1 \text{ Гц}$ .

Особенностью этого устройства является то, что гидравлические цилиндры объединены трубопроводами в гидравлическую систему *прямого действия* с рациональным передаточным отношением, которое обеспечивается путем подбора диаметров цилиндров. Это позволит получить достаточно большие углы поворота колесной пары в плане, т.е. осуществить ее самоустановку в колее близкую к радиальной – не зависимо от поворотов рамы тележки в плане и без дополнительных рычажных механизмов, которым органически свойственны зазоры и люфты (вследствие износа шарниров), вносящие элемент неопределенности в угловые перемещения колесной пары и снижающие

эффективность работы механизмов – по мере их износа. Гидравлическая система позволяет осуществить управляющее воздействие не только на первую, но и на другие колесные пары экипажа, устанавливая их в радиальное положение, а применение золотниковых устройств и сервомоторов трансформирует ее в систему *непрямого действия*, функциональные возможности которой становятся еще шире.

Угол  $\varphi_{ijP}$  поворота колесной пары в плоскости пути от управляющего воздействия цилиндров 3 и 4 можно найти из уравнения

$$\varphi_{ijP} = \frac{x_{ij}}{d}, \quad (1)$$

где  $x_{ij}$  – продольное перемещение буксы;  $d$  – расстояние от продольной оси колесной пары до центра продольного гидравлического цилиндра;

Величину  $x_{ij}$  найдем из уравнения виртуальных работ внешних сил, действующих на колесную пару и буксы

$$F_x \delta_x = F_y \delta_y, \quad (2)$$

где  $F_x, F_y$  – равнодействующие продольных и поперечных сил – соответственно;  $\delta_x, \delta_y$  – виртуальные перемещения в продольном и поперечном направлении – соответственно.

Если у локомотива букса связана с рамой тележки только посредством гидроцилиндров, то эти силы будут равны

$$F_x = S_x \rho; \quad F_y = S_y \rho, \quad (3)$$

где  $S_x, S_y$  – площади сечений продольного и поперечного цилиндров – соответственно;  $\rho$  – давление жидкости в них.

Следовательно, для этих двух случаев, уравнение (2) получает следующий вид  $S_x \rho \delta_x = S_y \rho \delta_y$ , откуда

$$\delta_x = \delta_y \frac{S_y}{S_x}. \quad (4)$$

В частном случае, если  $S_x = S_y$ , то

$$\delta_x = \delta_y, \quad (5)$$

т.е. передаточное отношение устройства будет равно единице.

Угол поворота колесной пары при ее поперечном перемещении  $y_{ij}$

$$\varphi_{ijP} = \frac{y_{ij}}{d} \frac{S_y}{S_x}, \quad (6)$$

а при равенстве площадей сечений цилиндров

$$\varphi_{ijP} = \frac{y_{ij}}{d}. \quad (7)$$

Если у локомотива букса связана с рамой тележки упругими связями, то силы будут равны алгебраическим суммам упругих сил и сил от гидроцилиндров

$$\begin{aligned} F_x &= S_x \rho - x_{ij} K_{B\xi}; \\ F_y &= S_y \rho - y_{ij} K_{B\eta}, \end{aligned} \quad (8)$$

где  $K_{B\xi}$ ,  $K_{B\eta}$  – коэффициенты жесткости продольной и поперечной упругих связей – соответственно;

Подставляя (8) в (2), получим

$$x_{ij}^2 - x_{ij} \frac{S_x \rho}{K_{B\xi}} - \frac{(y_{ij}^2 K_{B\eta} - S_y \rho y_{ij})}{K_{B\xi}} = 0. \quad (9)$$

Решая это уравнение, найдем зависимость продольных перемещений буксы – от поперечных

$$\delta_x = \frac{S_x \rho}{2K_{B\xi}} \pm \sqrt{\left(\frac{S_x \rho}{2K_{B\xi}}\right)^2 - \frac{y_{ij}^2 K_{B\eta} - S_y \rho y_{ij}}{K_{B\xi}}}. \quad (10)$$

Подставляя выражение (10) в (1), получим аналитическое выражение для угла поворота колесной пары

$$\varphi_{ijP} = \frac{1}{d} \left[ \frac{S_x \rho}{2K_{B\xi}} \pm \sqrt{\left(\frac{S_x \rho}{2K_{B\xi}}\right)^2 - \frac{y_{ij}^2 K_{B\eta} - S_y \rho y_{ij}}{K_{B\xi}}} \right]. \quad (11)$$

Из результатов решения этого уравнения необходимо брать положительные значения углов  $\varphi_{ijP}$ .

На современных локомотивах поперечные упругие перемещения колесных пар относительно рам тележек достигают 10 мм. Если передаточное отношение устройства равно единице, то такое же перемещение буксы произойдет в продольном направлении, то угол поворота колесной пары в плане от управляющего воздействия гидроцилиндров составит  $\varphi_{ijP} = 10/1017 = 0,0091$  рад .

Для получения чисто радиальной установки передней колесной пары в кривых радиусом 350...650 м необходимо повернуть ее на угол 0,0120...0,0076 рад.

Таким образом рассмотренное устройство обладая упомянутыми достоинствами, позволяет реализовать достаточно близкую к радиальной установку колесных пар в кривых, что, как известно, существенно уменьшит износ гребней колес.

**Список литературы:** 1. Кокорев А.И., Березин В.В., Чаркин В.А. Зарубежные тележки локомотивов с радиально устанавливающимися колесными парами : М.: ЦНИИТтяжмаш, 1987. – Транспортное оборудование. – Сер. 5. – Вып. 7. – 36 с.

*Поступила в редколлегию 23.07.02*