

УДК 614.846.6

## АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РУЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНОЙ АВТОЦИСТЕРНЫ

Кулаковский Б. Л., к.т.н., доцент,  
Томчук С.Л.

*Выполнен анализ технического состояния рулевого управления пожарных автоцистерн. Проведен расчет с определением величин поперечного смещения автоцистерн и установлением допустимых диагностических параметров*

От правильной работы и технического состояния рулевого управления в значительной мере зависит боеготовность пожарных автоцистерн. Форсированный режим их движения делает эту проблему весьма актуальной. Актуальность проблемы подтверждается статистическими данными, согласно которым 55% ДТП со смертельным исходом имеет место из-за потери управления автомобилем [1]. При этом ДТП, происшедшие из-за неисправности рулевого управления, приводят не только к гибели людей, но и большому материальному ущербу [2]. В связи с этим правилами дорожного движения предъявляются жесткие требования к техническому состоянию рулевого управления, его надежности.

Анализ статистических данных технического состояния АЦ, полученных при их диагностировании, показал наличие ряда неисправностей рулевого управления. Из числа всех проверенных автомобилей неисправный гидроусилитель или рулевой механизм имели – 32% автомобилей; необходимость регулировки рулевого механизма – 8%; изношенность карданного вала руля – 14%; чрезмерный люфт в шарнирах продольной рулевой тяги – 30%; чрезмерный люфт в шарнирах поперечной рулевой тяги – 18%.

Все указанные неисправности приводят к увеличению люфта рулевого колеса, создающего условия для самопроизвольного поворота управляемых колес от воздействия случайных возмущений с отклонением автомобиля от принятого направления движения. В результате этого водитель вынужден возвращать автомобиль в исходное положение, постоянно вращая рулевое колесо.

Согласно ГОСТу 51709-2001 суммарный люфт в рулевом управлении не должен превышать предельных значений, указанных изготовителем АТС в эксплуатационной документации, и если такие значения не указаны, то устанавливаются следующие предельно допустимые параметры:

- для легковых автомобилей и созданных на базе их агрегатов грузовых и легковых автомобилей и автобусов -  $10^0$ ;

- автобусов -  $20^{\circ}$ ;
- грузовых автомобилей -  $25^{\circ}$

В эксплуатационной документации ЗиЛа устанавливается угловой свободный ход рулевого колеса при работе двигателя в режиме холостого хода, который должен быть не более  $25^{\circ}$  у автомобиля, находящегося в эксплуатации и у нового  $15^{\circ}$ .

В работе [3] устанавливается предельное значение свободного хода рулевого колеса обычного грузового транспорта -  $25^{\circ}$  и оптимальная величина в пределах  $15^{\circ} - 20^{\circ}$ .

Однако с учетом особых условий движения пожарной автоцистерны поиск и устранение люфтов в сопряжениях рулевого управления с гидроприводом следует делать уже при наличии предельного значения свободного хода рулевого колеса равного  $13^{\circ}$ .

Проведенными экспериментальными исследованиями было установлено, что для определения безопасности рулевого управления пожарной автоцистерны определяющее значение имеет величина суммарного угла свободного поворота управляемых колес, находящихся в поднятом состоянии. Эта величина складывается из возможных люфтов и зазоров в следующих сопряжениях: зазор в зацеплении рулевого механизма, ослабленных креплениях картера рулевого механизма к раме автомобиля, сошки к валу, сошки к пальцу шарнира продольной рулевой тяги, поворотных рычагов к поворотным цапфам, зазоры в шарнирах рулевых тяг, шкворневых соединениях и подшипниках ступиц колес. Экспериментально было установлено, что создание зазора в шарнире продольной рулевой тяги за счет отворачивания резьбовой пробки шарнира на один оборот и увеличение зазора в зацеплении рулевого механизма путем поворота регулировочного винта на один оборот создавало увеличение суммарного угла свободного поворота управляемых колес пожарной автоцистерны АЦ-40(130)63Б соответственно на  $0,15^{\circ}$  и  $0,2^{\circ}$ .

При наличии большой величины угла свободного поворота управляемых колес и действии случайных возмущений дороги пожарной автомобиль будет существенно отклоняться от принятого направления движения. В связи с этим ширина полосы или динамического коридора, необходимая для безопасного движения будет, также увеличиваться.

Для определения поперечного смещения автомобиля в зависимости от угла свободного поворота управляемых колес и скорости движения рассмотрим схему, показанную на рис. 1.

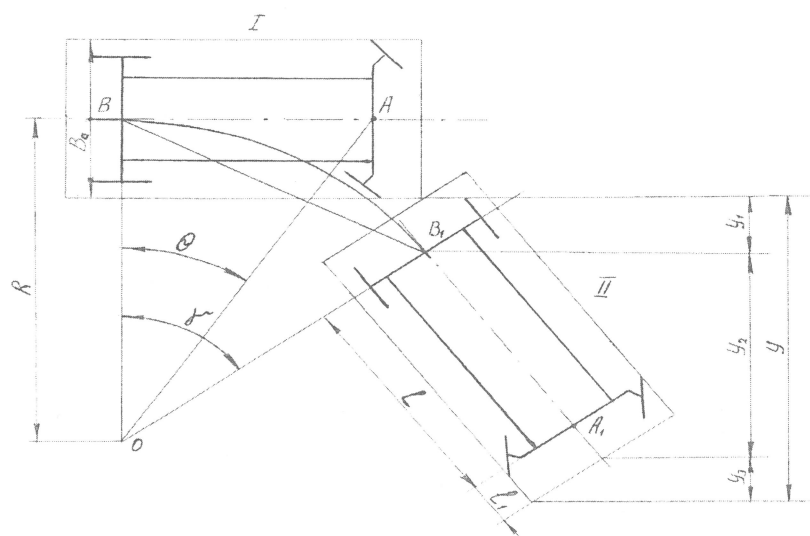


Рис. 1. Схема движения пожарной автоцистерны с созданием поперечного смещения

На схеме показан пожарный автомобиль, движущийся на прямолинейном участке траектории (положение I). В результате наличия определенного суммарного люфта в приводе управляемые колеса под действием возмущающих сил без участия водителя поворачиваются на величину угла  $\theta$ . Такой поворот происходит за малый промежуток времени  $t_{нов.}$

Автомобиль за время  $t_{нов.}$  будет двигаться со скоростью  $v_a$  по дуге  $BB_1$  с радиусом  $R$ , длина которой равна  $S_a$ , переместившись из положения I в положение II. При этом задняя ось автомобиля повернется относительно точки  $O$  на величину угла  $\gamma$ . На основании результатов экспериментальных данных величины суммарных углов свободного поворота управляемых колес  $\theta_n$  будут находиться в пределах от  $0,021 \text{ рад} (1,25^\circ)$  до  $0,0084 \text{ рад} (0,5^\circ)$ . Поскольку указанные величины  $\theta$  малы, то можно дугу  $S_a$  заменить хордой.

Величина пути  $S$  равна:

$$S_a = v_a t_{нов.} = R\gamma \approx \frac{L}{\theta} \gamma, \quad (1)$$

где  $L$  - база автомобиля.

Из формулы (1) определим значение угла  $\gamma$ :

$$\gamma = \frac{v_a t_{нов.} \theta}{L}, \quad (2)$$

Из схемы рис. 1 общая величина поперечного смещения  $y$  складывается из суммы:

$$y = y_1 + y_2 + y_3 = (S \sin \frac{\gamma}{2} - 0,5B_a) + (L + \ell_1) \sin \gamma + 0,5B_a \cos \gamma, \quad (3)$$

где  $\ell_1$  - величина переднего свеса;  $B_a$  - габаритная ширина автомобиля.

Время  $t_{нов.}$  определяется из суммы:

$$t_{нов.} = t_p + t_{np}, \quad (4)$$

где  $t_p$  - время реакции водителя, которое в расчетах принимается  $t_p = 0,8c$ ;

$t_{np}$  - время, в течение которого происходит передача усилия от рулевого колеса и поворот управляемых колес. При этом принимается, что за счет поворота управляемых колес величина поперечного смещения  $Y$  не увеличивается.

На основании экспериментальных данных величину  $t_{np}$  в зависимости от величины суммарного зазора в рулевом приводе можно принимать  $t_{np} = 0,1c$ .

Применив формулу (3), с учетом принятых допущений, выполнен расчет по определению величин поперечного смещения в зависимости от скорости движения пожарных автоцистерн АЦ-40(130)63Б, АЦ-30(66)146 и опытного образца, разработанного Торжокским ОАО «Пожтехника» пожарной автоцистерны - лестницы АЦЛ-4-40/22(53366) на шасси МАЗ-53366.

В расчетах были приняты значения суммарного угла свободного поворота управляемых колес  $\theta = 1^\circ$  и  $t_{нов.} = 0,9c$ . Из полученного графика (рис. 2) видно, что с увеличением скорости движения величина поперечного смещения возрастает. С увеличением межосевого расстояния автомобилей  $L$  значение поперечного смещения снижается.

Был также проведен расчет по определению поперечного смещения указанных автомобилей от величины суммарного угла свободного поворота управляемых колес  $\theta$  от  $0,5^\circ$  до  $1,25^\circ$ . Скорость движения автомобиля была принята  $v_a = 20 м/с$ ,  $t_{нов.} = 0,9c$ . Результаты расчета показаны на рис.3.

На основании графика, с увеличением углов свободного поворота управляемых колес, значения поперечного смещения неуклонно возрастают и имеют линейную зависимость. С возрастанием межосевого расстояния  $L$  базовых шасси автоцистерн величина поперечного смещения уменьшается.

В работе [4] представлена формула по определению динамического коридора  $B_k$  для безопасного движения автомобиля:

$$B_k = 0,054v + B_a + 0,3 \quad (5)$$

где  $B_a$  - габаритная ширина автомобиля, м.;

$v$  - скорость движения, м/с.

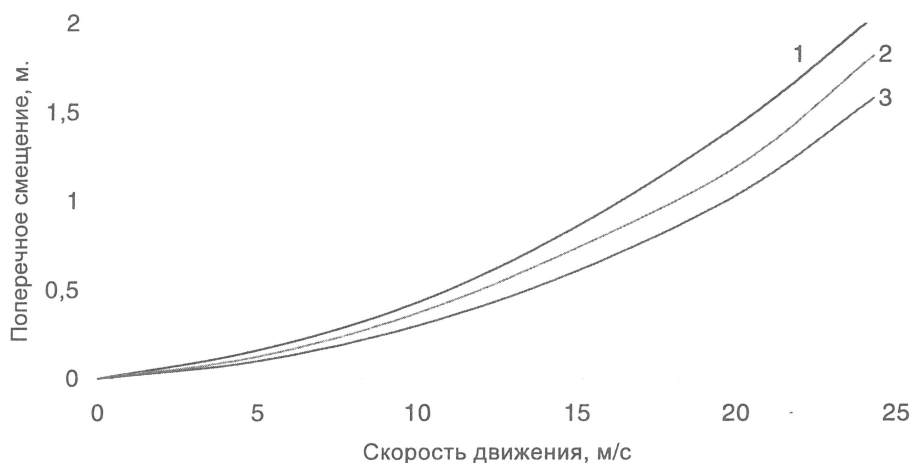


Рис. 2. Зависимость поперечного смещения пожарных автоцистерн от скорости движения: 1 – АЦ-30(66)146, 2 – АЦ-40(130)63Б, 3 – АЦЛ-4-40/22(53336)

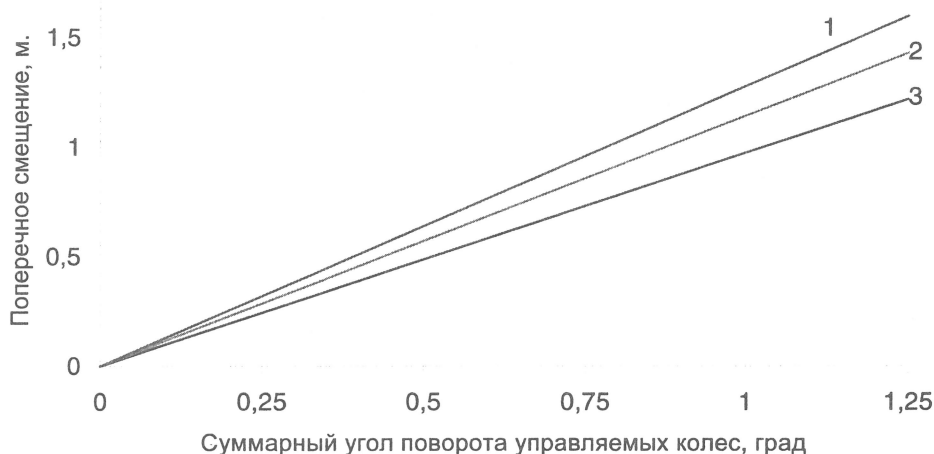


Рис. 3. Зависимость поперечного смещения пожарных автоцистерн от величины угла свободного поворота управляемых колес: 1 – АЦ - 30(66)146, 2 – АЦ - 40(130)63Б, 3 – АЦЛ - 4-40/22(53336)

Из формулы (5) с увеличением габаритной ширины автомобиля и скорости движения значения динамического коридора соответственно увеличиваются. Однако эта формула не учитывает поперечного смещения автомобиля при наличии свободного хода управляемых колес  $\theta$ .

Сделав преобразования формулы (3) с учетом дополнительного бокового расстояния безопасности равного 0,3м, получим:

$$B_k = B_a + 2y + 0,3 = B_a + 2(y_1 + y_2 + y_3) + 0,3 \quad (6)$$

Делая подстановку значений  $y_1, y_2$  и  $y_3$  в формулу (6), получим:

$$B_k = B_a + 2\left(S \sin \frac{\gamma}{2} + (a + l_1) \sin \gamma + 0,5B_a \cos \gamma\right) + 0,3 \quad (7)$$

Используя полученные зависимости (5) и (7) проведен расчет динамического коридора для пожарной автоцистерны АЦ-40(130)63Б. Результаты расчета показаны на рис. 4.

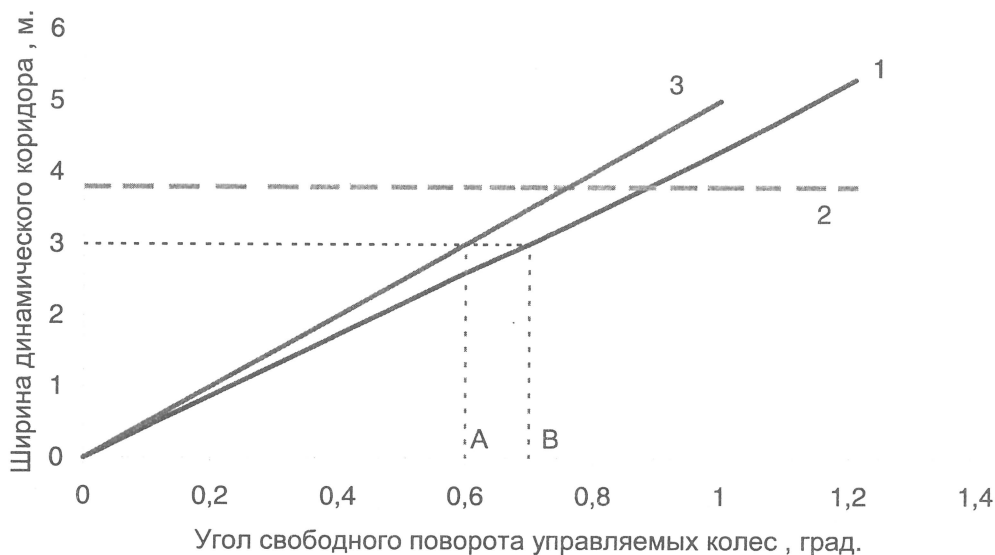


Рис. 4. Зависимость ширины динамического коридора пожарной автоцистерны АЦ-40(130)63Б от угла свободного поворота управляемых колес: 1,2 – скорость движения принята 20 м/с; 3 – скорость движения 25 м/с; 1,3 – расчет по формуле (7), 2 – расчет по формуле (5)

Из анализа полученных результатов расчета можно сделать вывод, что формула (7) учитывает величину угла свободного поворота управляемых колес и с его увеличением ширина динамического коридора соответственно увеличивается. Формула (5) устанавливает зависимость ширины коридора  $B_k$  только от скорости движения и габаритной ширины автоцистерны при угле поворота управляемых колес  $\theta$  равным  $0,8^\circ$ . Формула (7) более точно определяет необходимую величину динамического коридора автомобиля.

С применением формулы (7) можно определить такой допустимый диагностический параметр как величина люфта рулевого колеса автомобиля.

На основании СНиП на проектирование дорог с интенсивностью движения свыше 3000 автомобилей в сутки предусматривается ширина полосы движения – 3,75 м и для дорог с меньшей интенсивностью – 3,0 -

3,5 м. Учитывая большой диапазон условий эксплуатации АЦ в крупных и средних населенных пунктах, в сельской местности, а также величину нормативного коридора движения автомобиля, установленную ГОСТ 51709-2001 (п. 4.1.2), то в расчетах принимаем минимальную ширину полосы движения – 3 м, т.е. более жесткие требования, ограничивающие поперечное смещение АЦ.

На графике построены кривые 1 и 3 зависимости ширины динамического коридора в зависимости от угла свободного поворота управляемых колес при скорости движения соответственно 20 и 25 м/с. Принятой ширине динамического коридора – 3 м будет соответствовать предельная величина угла свободного поворота управляемых колес:

при  $v = 20 \text{ м/с}$  в точке В,  $\theta \approx 0,7^\circ$ ;

при  $v = 25 \text{ м/с}$  в точке А,  $\theta \approx 0,6^\circ$ .

Для расчета принимается рулевое управление с гидроусилителем, которое, в основном, применяется на вооружении подразделений МЧС: АЦ-40(130)63Б, АЦ-40(131)137. передаточное число рулевого механизма у этих АЦ равно 20:1. С учетом передаточного числа величина люфта рулевого колеса при  $\theta \approx 0,6^\circ$  будет равна  $12^\circ$ .

Люфт рулевого колеса рулевых управлений с гидроусилителем будет больше по сравнению с рулевым управлением без гидроусилителя при равных параметрах зазоров в сопряжениях привода. Такая разница имеет место из-за наличия в гидроусилителе золотникового устройства, которое предусматривает осевое перемещение золотника с винтом до 2,2 мм, что соответствует увеличению люфта рулевого колеса примерно на  $2^\circ$ .

Для обеспечения безопасности и безотказности рулевого управления пожарных автоцистерн предлагается выполнение следующих эксплуатационных мероприятий:

1. При ежедневном техническом обслуживании (смена караулов) необходимо проверять визуально не только величину свободного хода рулевого колеса, но и возможные люфты в шарнирах рулевых тяг и шкворневых соединениях.

2. При ТО-1 замеры по определению величин свободного хода управляемых колес, возможных зазоров в шарнирах рулевых тяг, подшипниках ступиц колес и шкворневых соединениях осуществлять при вывешенных колесах моста.

Экспериментально установлено, что предельно допустимая величина свободного хода управляемых колес пожарной автоцистерны не должна быть более  $0,6^\circ$ , что соответствует поперечному перемещению точки обода колеса, наиболее удаленной от оси шкворневого соединения – 15 – 20 мм. Угол свободного хода (люфта) рулевого колеса пожарных автоцистерн не должен превышать:

- с гидроусилителем -  $12^0$ ,
- без гидроусилителя -  $10^0$ .

3. При всех видах технического обслуживания осуществлять проверку и обеспечивать выполнение крепежных и смазочных работ деталей и сопряжений рулевого управления.

4. В процессе ТО-2 необходимо выполнять проверку и устранять чрезмерный дисбаланс передних управляемых колес. С увеличением дисбаланса и свободного хода управляемых колес растут амплитуды их колебаний, увеличивающие динамические нагрузки на детали рулевого управления и ходовой части, затрудняя управление автомобилем и даже создавая опасность потери его управляемости. Вибрации, вызванные чрезмерным дисбалансом, приводят к ускоренному износу деталей рулевого управления, ходовой части, протектора покрышки колеса. Поэтому колеса в сборе с шинами необходимо подвергать балансировке. Допустимый дисбаланс для передних колес пожарных автоцистерн АЦ-40(130)63Б и АЦ-40(131)137 должен быть не более  $0,4H \cdot м$ .

5. Безопасность и безотказность рулевого управления во многом зависит от технического состояния гидроусилителя руля: работы насоса, состояния фильтра, герметичности трубопроводов, уровня масла в бачке и его качества. В настоящее время для работы гидроусилителя следует предусматривать применение только одного сорта – всесезонного масла РТУ38-101179-71. Практика показала, что применение масел в зависимости от сезона: летом – турбинное 22 или индустриальное 20, а зимой – веретенное АУ себя не оправдало, так как несвоевременная замена масла при сезонном техническом обслуживании приводила к неудовлетворительной работе гидроусилителя.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Немцов Ю.М., Майборода О.В. Эксплуатационные качества автомобиля, регламентированные требованиями безопасности движения, - М., Транспорт, 1977, 142 с.
2. Яковенко Ю.Ф., Кузнецов Ю.С. Диагностирование технического состояния пожарных автомобилей – М. Стройиздат, 1983, 247 с.
3. Ройтман Б.А., Суворов Ю.Б., Суковицын В.И. Безопасность автомобиля в эксплуатации. – М., Транспорт, 1987, 207 с.
4. Афанасьев Л. Л., Дьяков А. Б., Иларионов В. А. Конструктивная безопасность автомобиля – М., Машиностроение, 1983, 215 с.