

УДК 614.846.6

ИССЛЕДОВАНИЕ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ПРИВОДА ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ И МЕРЫ ПОВЫШЕНИЯ ОПЕРАТИВНОСТИ ВЫЕЗДА ПОЖАРНЫХ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ИЗ ГАРАЖА

Кулаковский Б.Л., к.т.н.,

*Палубец С.М.

*Научно-исследовательский институт пожарной безопасности
и проблем чрезвычайных ситуаций МЧС Республики Беларусь

Выполнен анализ параметров пневмопривода и тормозных механизмов тормозной системы. Приведены результаты экспериментальных исследований повышения готовности тормозной системы пожарного аварийно-спасательного автомобиля к выезду из гаража.

Эффективность применения пожарных аварийно-спасательных автомобилей (ПАСА) при ликвидации чрезвычайных ситуаций (ЧС) в первую очередь оценивается по времени их прибытия на место вызова.

Практика показала, что основной причиной значительного запаздывания выезда ПАСА из гаража, а следовательно, и увеличения общего времени прибытия оперативной техники к месту ЧС является недостаточное давление воздуха в пневмоприводе тормозной системы автомобиля. Ситуация усложняется и тем, что в современных ПАСА получили широкое распространение тормозные камеры с пружинными энергоаккумуляторами, которые являются исполнительным органом одновременно рабочей, запасной и стояночной тормозных систем. Они являются аппаратами обратного действия и поэтому автоматически срабатывают при утечке сжатого воздуха и снижении его давления в пневмоприводе ниже 0,43 МПа. В этом случае движение, а следовательно, и выезд автомобиля из гаража становится невозможным.

В связи с этим исследования с целью оценки безопасности, а также разработки мер повышения эффективности и оперативности подготовки тормозной системы к выезду ПАСА из гаража являются весьма актуальными.

Анализ работы диафрагменных тормозных камер [1] показывает, что тормозная сила на колесе автомобиля зависит от хода штока $z_{ш}$ и давления воздуха в пневмоприводе (рис.1).

Рассматривая силовую характеристику тормозной камеры, показанную на рис.1. можно сделать вывод, что для ПАСА с форсированным ре-

жимом движения необходимый диапазон безопасной эксплуатации должен быть только по линиям 1 – 4, т.е. при давлении 0,4 МПа и выше.

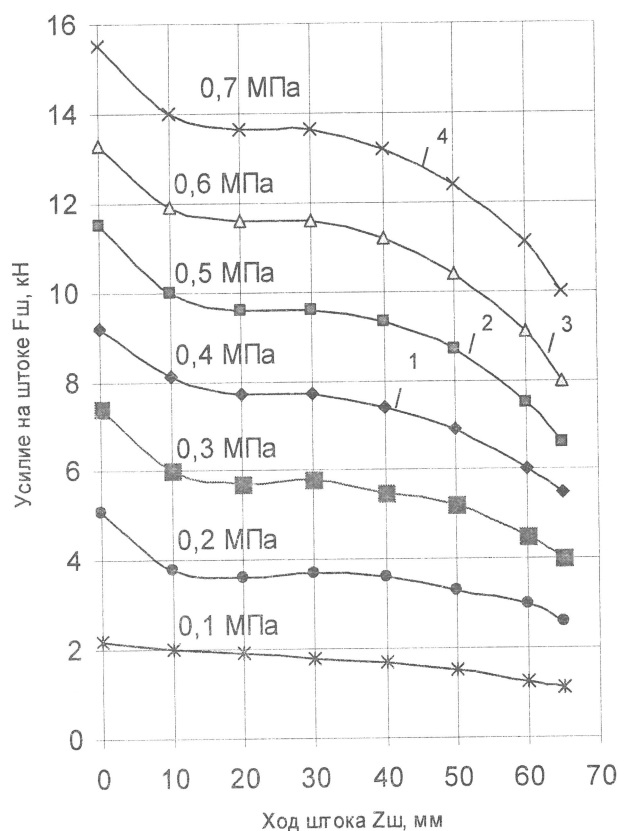


Рис. 1. Зависимость усилия на штоке тормозной камеры $F_{ш}$ от хода штока $z_{ш}$ при различных величинах давления воздуха в пневмоприводе тормозной системы ПАСА от 0,1 до 0,7 МПа

Номинальную величину хода штока $z_{ш}$ тормозной камеры при частичной регулировке зазора между колодками и тормозным барабаном рекомендуется поддерживать в процессе эксплуатации в пределах 10-25 мм. Уменьшение хода штока менее 10 мм может привести к самопроизвольному торможению при наличии даже незначительной эллипсности тормозного барабана, а увеличение более 25 мм – к резкому снижению величины усилия на штоке $F_{ш}$, а также увеличению времени срабатывания тормозов, что может привести к ухудшению устойчивости ПАСА против заноса.

По данным НИИАТ, увеличение зазоров между накладками и тормозным барабаном на 0,5 мм по сравнению с нормативными зазорами приводит к увеличению тормозного пути на 20%. Проведенные экспериментальные исследования в КИИ МЧС показали, что при увеличении хода штока (с помощью регулировочного рычага тормозного механизма) с 10

до 20 мм тормозная сила на тормозном барабане уменьшится соответственно в 2 раза. С учетом форсированного движения пожарных автоцистерн тормозной путь при этом увеличивается еще больше. Для обеспечения устойчивости автоцистерн при торможении необходимо при регулировании добиваться, чтобы разность хода штоков тормозных камер на колесах каждого моста была предельно минимальной. На основании результатов экспериментальных исследований, проведенных авторами, с увеличением разности хода штоков тормозных камер более 10 мм одной оси разность тормозных сил будет увеличиваться: при уменьшении хода штока с 40 до 30 мм на одном из тормозных механизмов - в 6 раз; с 30 до 20 мм - в 2,5 раза; с 20 до 10 мм - в 1,7 раза. Исходя из полученных данных можно сделать вывод, что с уменьшением хода и разности хода штоков тормозных камер разность тормозных сил соответственно снижается, что способствует повышению устойчивости автоцистерн против заноса.

Для определения необходимой объемной подачи компрессора с целью обеспечения безопасной работы тормозных систем ПАСА выполним расчет питающей части привода. Общий объем V_T тормозного привода, который заполняется сжатым воздухом при единичном и полном торможении будет составлять суммарный объем тормозных камер, пневмоаппаратов привода и трубопроводов, который можно определить экспериментальным или расчетным путем.

Исходя из требований безопасности тормозной системы грузопассажирского автомобиля (ГОСТ 51709-2001), суммарный объем ресиверов V_p пневмопривода должен быть таким, чтобы после восьмикратного полного нажатия на педаль тормоза давление воздуха не уменьшилось ниже половины величины, которая была достигнута при первом резком включении тормозов, т.е. $P_9 = 0,5 P_1$, где P_1 и P_9 - абсолютные давления в пневмоприводе соответственно при первом и девятом торможении.

При условии $pV = \text{const}$, можно получить зависимость:

$$P_n = P_0 V_p^n / (V_p + V_T)^n, \quad (\text{МПа}) \quad (1)$$

где P_n - давление в системе при n -ом торможении;

P_0 - нормальное давление.

При условии $n=1$ и $n=9$, с учетом $P_9 = 0,5 P_1$, решим уравнение 1 и получим соотношение, которое равно $V_p = 11,05 V_T$. Можно принять, что общий объем ресиверов V_p должен быть равным двенадцати объемам тормозного привода V_T , т.е. $V_p = 12 V_T$.

При одном полном торможении затрачивается масса воздуха:

$$m_b = p_T V_T / (RT), \quad (\text{кг}) \quad (2)$$

где p_T - давление воздуха в тормозных камерах при торможении (Па);

R - удельная газовая постоянная (Дж/кг·К);

T - термодинамическая температура (К).

Массовый расход воздуха на одно торможение равен:

$$m_T = m_B \alpha, \quad (\text{кг/мин}) \quad (3)$$

где α - число полных торможений в минуту.

Для расчета пневмопривода тормозных систем грузопассажирского транспорта принимается: $p_T = 7 \cdot 10^5$ Па; $R = 287,14$ Дж/кг·К; $T = 293$ К; $\alpha = 1$, а массовая подача компрессора Q_m принимается в 4-6 раз больше массового расхода воздуха на одно торможение m_T .

При этом необходимая объемная подача компрессора будет равна:

$$Q_v = Q_m R T / P_{вх}, \quad (4)$$

где $P_{вх}$ - давление воздуха на входе в компрессор, принимаемое в расчетах равным $P_{вх} = 0,1$ МПа.

Отсюда, для того, чтобы компрессор создал давление воздуха в пневмоприводе и ресиверах тормозной системы для выезда ПАСА из гаража, необходимо затратить время

$$t_{нап} = (V_T + V_p) 4 \cdot 10^5 / Q_v. \quad (5)$$

Однако, расчет пневмопривода ПАСА по указанным параметрам создает недопустимые погрешности, снижающие оперативность выезда автомобиля на чрезвычайные ситуации. Экспериментально установлено, что для того чтобы ПАСА выехал из гаража с необходимым давлением воздуха в пневмоприводе тормозной системы, необходима работа компрессора с максимальной объемной подачей в течение более одной минуты. Анализ конструктивного исполнения устройства по забору воздуха в компрессор у ПАСА на шасси ЗиЛ-130 и ЗиЛ-131 показал, что принимаемый $P_{вх} = 0,1$ МПа для расчета не соответствует действительности. Во-первых, забор воздуха компрессором осуществляется из воздушного фильтра двигателя, при работе которого $P_{вх} < 0,1$ МПа. Во вторых, гибкий трубопровод, соединяющий корпус воздушного фильтра с патрубком на входе в компрессор имеет перегиб, создающий дополнительно местное сопротивление движению воздуха и снижение величины $P_{вх}$. По указанным причинам время создания необходимого давления в пневмоприводе

значительно увеличивается как для ПАСА с тормозной системой оборудованной пружинными энергоаккумуляторами, так и без них.

Проблему обеспечения оперативной готовности ПАСА, оборудованных стояночным тормозом с пружинными энергоаккумуляторами, можно решать несколькими способами [2]. Очень часто на таких автомобилях для быстрого растормаживания стояночного тормоза применяют форкамеру – ресивер малого объема, который заполняется с помощью компрессора шасси до рабочего давления за первые 30 секунд с момента запуска двигателя. Затем воздух закачивается в основной ресивер. Недостаток такой системы – малая эффективность основной тормозной системы в первый момент после выезда, особенно если были значительные утечки воздуха из системы при нахождении ПАСА в режиме ожидания.

Иногда для растормаживания применяют стационарную воздушную сеть гаража пожарной аварийно-спасательной части с подключением с помощью шлангов к пневмоприводу нескольких ПАСА [3].

Можно применить непосредственно в ПАСА установку небольших компрессоров с приводом от электродвигателя, подключаемого с помощью кабеля к электросети гаража части. Преимущество данного способа заключается в простоте подкачки. При этом требуется отключать электродвигатель от сети до начала движения ПАСА. Этот способ целесообразно применять в тех ПАСА, в которых компрессор в качестве штатного оборудования входит в комплектацию автомобиля (порошковые автомобили с установками закачного типа, автомобили технической службы и т.п.).

В пожарных автомобилях, от которых постоянно требуется высокая оперативная готовность (стартовые аэродромные автомобили), для исключения блокировки стояночного тормоза монтируют баллоны со сжатым воздухом, подключаемые через редуктор к тормозной системе шасси. Однако при этом снижается полезная грузоподъемность шасси, повышается общая металлоемкость машины.

Все основные ПАСА целевого применения на шасси КамАЗ (порошковые, комбинированные, аэродромные) оборудованы четырехконтурной тормозной системой, включающей рабочую, стояночную, запасную и вспомогательную системы. Хотя эти системы имеют общие элементы, работают они независимо и обеспечивают высокую эффективность торможения в любых условиях эксплуатации.

Как шасси ЗиЛ, так и КамАЗ оснащены пневматической системой аварийного растормаживания, обеспечивающей возможность движения автомобиля при автоматическом его торможении из-за утечки сжатого воздуха, однако применение этой системы для растормаживания ПАСА при их выезде по тревоге из гаража на ликвидацию ЧС недопустимо.

С учетом вышеуказанного проведены экспериментальные исследования по оценке эффективности растормаживания системы в зависимости

от ряда факторов, в частности с увеличением давления воздуха в компрессор $P_{вх} > 0$ МПа.

Для проведения исследований питающей части ПАСА был использован АНР – 40 (130) 127А 1991 г.в., имеющий общий пробег 21 300 км, оборудованный стояночным тормозом с пружинными энергоаккумуляторами. Автомобиль устанавливался на асфальтобетонном покрытии под уклоном 8° согласно схеме, указанной на рисунке 2, с обеспечением условия:

$$M_a g \sin a > M_a g f \cos a + P_{тр} , \quad (6)$$

где M_a – полная масса ПАСА;

g – ускорение свободного падения;

a – угол уклона;

f – коэффициент сопротивления качению;

$P_{тр}$ – сила сопротивления в трансмиссии.

При этом двигатель выключался, и автомобиль на нейтральной передаче коробки передач устанавливался на стояночный тормоз. С помощью вентиля, установленного на ресивере, воздух с пневмопривода выпускался полностью с последующим его закрытием. После этого автомобиль снимался с ручного тормоза и оставался на прежнем месте, не скатываясь по уклону за счет пружинных энергоаккумуляторов.

Для проведения исследований гибкий трубопровод между воздушным фильтром и компрессором отсоединялся, и вместо него устанавливался трехсторонний резиновый трубопровод, соединяющий воздушный фильтр с компрессором автомобиля и питающим компрессором с электроприводом. Места соединения гибкого трубопровода с воздушным фильтром и компрессором ПАСА закреплялись хомутами. Между воздушным фильтром и компрессором ПАСА подключался трубопровод от переносного питающего компрессора с подачей 205 л/мин и мощностью – 1,1 кВт с регулятором, позволяющим регулировать давление подаваемого воздуха от 0 до 0,8 МПа и работающим от электросети 220В.

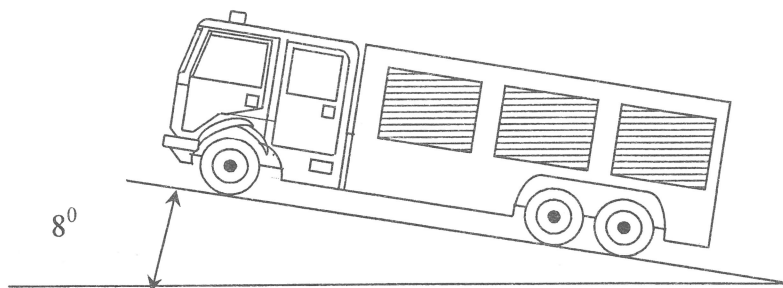


Рис. 2. Схема установки ПАСА под уклоном

Исследование начиналось с установки регулятором давления переносного питающего компрессора заданного значения, равного 0,02 МПа.

Одновременно с включением переносного питающего компрессора осуществлялся запуск двигателя ПАСА и его работа на холостых оборотах, а по секундомеру определялось время, когда автомобиль начнет движение с уклона, т.е. когда пружинные энергоаккумуляторы разблокируют тормозную систему автомобиля.

Из графика на рисунке 3 видно, что уже при избыточном давлении 0,02 МПа время начала движения ПАСА с уклона резко уменьшилось (на 25 секунд) по сравнению с результатами, когда воздушный фильтр и компрессор автомобиля были соединены обычным трубопроводом.

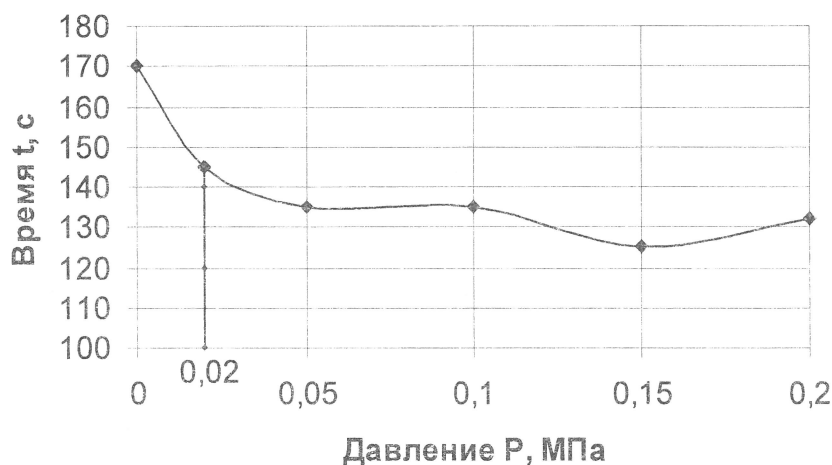


Рис. 3. Зависимость времени наполнения пневмопривода сжатым воздухом от величины избыточного давления воздуха подаваемого в компрессор

При проведении экспериментальных исследований с подачей воздуха под избыточным давлением непосредственно в компрессор ПАСА, минуя воздушный фильтр, были использованы те же условия с некоторыми изменениями, а именно: трубопровод от переносного питающего компрессора закреплен непосредственно на входном патрубке автомобильного компрессора, автомобиль устанавливался на плоскость дороги без уклона, по секундомеру определялось время заполнения пневмосистемы до значения 0,43 МПа, начальное значение регулятора давления переносного питающего компрессора составляло 0,25 МПа.

По результатам исследований установлено, что при подаче избыточного давления, равного 0,25 МПа, время заполнения пневмосистемы до значения 0,43 МПа сократилось на 45-50 секунд по сравнению с результатами, когда ПАСА осуществляло работу в обычном режиме, а при созда-

нии избыточного давления 0,35 МПа – на 95-100 секунд, как показано на рис. 4.

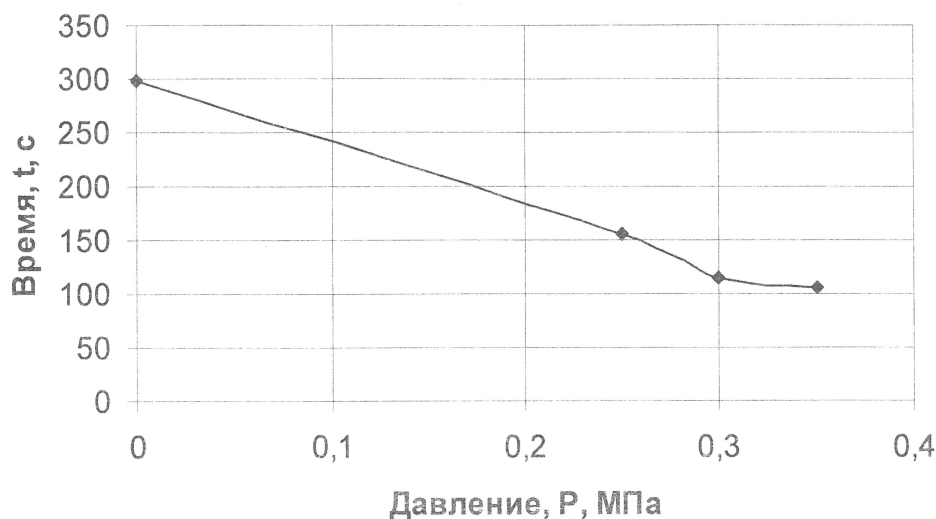


Рис. 4. Зависимость времени наполнения пневмопривода сжатым воздухом от величины давления на входе в компрессор ПАСА

На основании полученных данных можно сделать вывод, что создание избыточного давления воздуха, подаваемого в компрессор ПАСА, позволит более эффективно, по сравнению с существующими способами, сократить время выезда по тревоге с гаража и прибытие к месту вызова и тем самым снизить материальный ущерб от ЧС и количество погибших.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гришкевич А.И. Автомобили. Конструкция, конструирование и расчет. Системы управления и ходовая часть. – Мн.: «Вышэйшая школа», 1987, 200с.
2. Яковенко Ю.Ф. Современные пожарные автомобили. М: Стройиздат, 1988, 352с.
3. Кулаковский Б.Л. Обеспечение безопасности и безотказности пожарных автоцистерн. Мн.: УП «Технопринт», 2002, 226с.