

УДК 629.113.5-592

И.В. Рогозин, В.А. Прокопов, В.А. Тютюнник, В.В. Сидоров

*Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков*

## ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМОБИЛЬНОГО ТОРМОЗНОГО ПНЕВМОПРИВОДА С ПОМОЩЬЮ АПИК

*Предложен вариант технической реализации средств калибровки математической модели динамических процессов в тормозных системах АТС с пневматическим приводом РТС аппаратно-программным измерительным комплексом.*

*пневматический привод, аппаратно-программный измерительный комплекс*

### Вступление

**Постановка проблемы.** Известно, что рабочая тормозная система (РТС) автотранспортного средства (АТС) исключительно важна для обеспечения безопасности движения автомобилей. Поэтому исследованию процессов, происходящих в ней, всегда уделялось большое внимание и особенно в РТС с пневматическим приводом. В настоящее время для исследования различных систем и процессов широко используется математическое моделирование. Одна из проблем при разработке модели РТС с пневматическим приводом – калибровка (проверка адекватности).

При математическом моделировании тормозных систем АТС с пневматическим приводом РТС одним из важных вопросов является точное воспроизведение происходящих в них динамических процессов. Математическое описание этих процессов достаточно сложное, в нем используется ряд допущений. Вследствие этого математическая модель является лишь приближенным описанием реальных процессов и требует тщательной проверки на адекватность. Такую проверку можно провести только с помощью экспериментальных данных. Поэтому научная задача разработки методик и способов калибровки математической модели динамических процессов в тормозных системах АТС с пневматическим приводом РТС является актуальной. В статье рассмотрены требования и вариант технической реализации средств калибровки математической модели динамических процессов в тормозных системах АТС с пневматическим приводом РТС.

**Анализ последних публикаций** Исследованию РТС АТС и процессов, происходящих в ней, всегда уделялось большое внимание [1 – 2], и вместе с тем совершенствовались способы и средства проведения исследований [3, 4]. Однако в статьях не раскрыты вопросы методик и средств калибровки математических моделей динамических процессов в тормозных системах АТС с пневматическим приводом РТС.

**Постановка задачи** Известная [2, 3] математическая модель РТС АТС с пневматическим приводом предполагает разделение всего процесса торможения (от нажатия на педаль – до полной остановки автомобиля) на четыре этапа.

1. Предварительный. При нажатии на тормозную педаль и открытии тормозного крана воздух заполняет начальный объем тормозной камеры, действуя на ее диафрагму до начала движения штока.

2. Воздух заполняет рабочий объем тормозной камеры и, действуя на диафрагму, приводит ее в движение. Преодолевая силу сопротивления пружин (мембраны и колодок) через шток и регулировочный рычаг, диафрагма, действуя на разжимной кулак, двигает колодки к тормозному барабану до момента соприкосновения с ним или до выбора зазора.

3. Воздух заполняет тормозную камеру, действует на диафрагму и через шток и регулировочный рычаг на разжимной кулак, а он, в свою очередь, на колодки до выравнивания значения давления в ресивере и в тормозной камере.

4. Во время этого этапа сила давления воздуха на мембрану тормозной камеры пропорциональна силе давления воздуха в питающей магистрали. Она продолжает прижимать колодки к тормозному барабану. Моментом окончания процесса торможения является остановка АТС, или прекращение водителем воздействия на педаль тормоза.

Следует отметить, что описание работы пневматической части привода в этой математической модели является наиболее сложной частью и используется при описании всех выше перечисленных этапов (рис. 3). Для калибровки и аттестования математической модели этой части необходимо учесть следующие факторы, влияющие на динамику работы пневматического привода РТС АТС и имеющие отличия от автомобиля с гидравлическим приводом РТС [4]:

1) ввиду сжимаемости воздуха и замедления процессов (время срабатывания гидравлического привода 0,2 – 0,4 с; у пневматического соответственно – 0,4 – 0,6 с), происходящих в пневматическом приводе, становится актуальным изучение влияния длины трубопровода на динамику процесса торможения;

2) конструктивное исполнение пневматического и гидравлического тормозных приводов РТС имеют принципиальные отличия. Схема гидравлического тормозного привода РТС автомобиля показана на рис. 1, а на рис. 2, соответственно, пневматического привода;

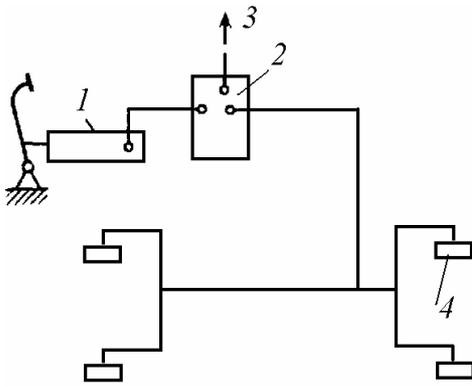


Рис. 1. Тормозная система с гидроприводом и гидровакуумным усилителем: 1 – главный тормозной цилиндр; 2 – гидровакуумный усилитель; 3 – трубопровод к впускному коллектору двигателя; 4 – колесный тормозной цилиндр

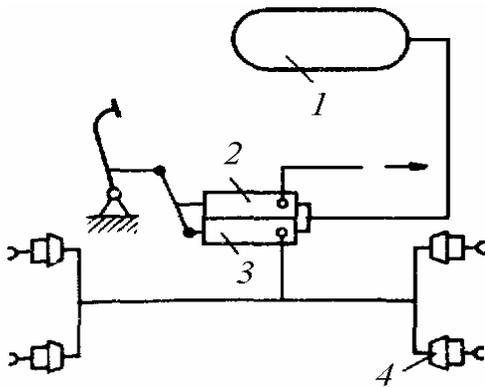


Рис. 2. Схема пневматического привода рабочей тормозной системы автомобиля: 1 – воздушный баллон; 2 – верхняя секция тормозного крана (управления тормозной системой прицепа); 3 – нижняя секция тормозного крана (РТС автомобиля); 4 – тормозные камеры колес

3) кроме того, не предусмотрена возможность исследования влияния площади сечения и места расположения (удаления от исполнительных элементов) возможной утечки воздуха (которую иногда достаточно трудно определить) на динамику процесса торможения.

**Целью исследования** является повышение достоверности математических моделей динамических процессов пневматических систем РТС АТС с пневматическим приводом путем разработки технических средств для проведения их тарировки.

### Изложение основного материала

Выбор основных элементов основывался, в первую очередь, на характере течения исследуемых процессов. При предварительном их изучении с помощью математической модели [4] полученные результаты предполагали, что самый «быстрый», предварительный этап длится, в зависимости от давления в системе и длины трубопровода, – 0,03 – 0,05 с. Поэтому, для измерения динамических характеристик требуется быстрое действие датчика до 0,01 с.

Для калибровки математической модели необходимо было решить следующие задачи:

- а) определить статические и динамические характеристики контура привода тормозного механизма РТС;
- б) определить динамические характеристики тормозного крана;
- в) определить статические и динамические параметры рабочего процесса контура привода тормозного механизма РТС при утечке из него воздуха.

Для решения этих задач в процессе исследования необходимо было получить информацию: о степени (состоянии) открытия впускного клапана тормозного крана; об уровне давления воздуха в контурах пневматического привода тормозов и рабочей полости тормозной камеры; о законе перемещения штока тормозной камеры; о расходе воздуха и изменении динамики тормозного привода в зависимости от диаметра отверстия утечки и дальности (расстояния) его расположения от тормозной камеры.

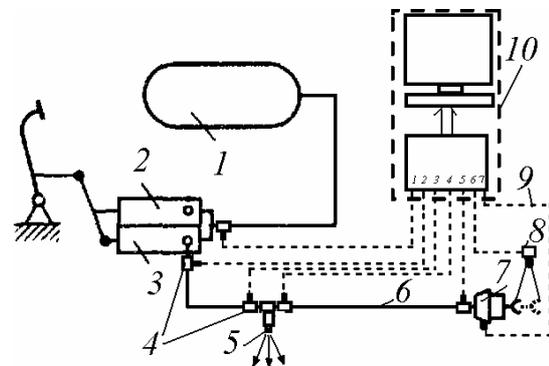


Рис. 3. Схема лабораторной измерительно-экспериментальной установки для исследования пневматического привода рабочей тормозной системы автомобиля:

- 1 – воздушный баллон; 2 – верхняя секция тормозного крана (отключена); 3 – нижняя секция тормозного крана;
- 4 – датчики давления; 5 – отверстие в трубопроводе (имитация утечки воздуха); 6 – трубопроводы;
- 7 – тормозные камеры колес; 8 – датчик перемещения штока; 9 – электрические провода; 10 – аппаратно-программный измерительный комплекс

На основании исследования конструкций пневматических тормозных приводов АТС были определены диапазоны измеряемых величин, а результаты замеров сведены в табл. 1.

Таблица 1  
Диапазоны измеряемых величин

Параметры измерения	Единицы измерения	Диапазоны измерения
Время полного открытия впускного клапана тормозного крана	с	0,01 – 0,1
Усилие на штоке тормозного крана для его полного открытия	Н	0 – 1000
Давление воздуха в рабочих полостях контура пневмопривода и тормозной камеры	МПа	0 – 0,75
Перемещение штока тормозной камеры	м	0 – 0,03
Диаметр эквивалентного отверстия утечки воздуха	м	0 – 0,05

По результатам анализа существующей широкодоступной элементной базы для измерительной техники, выпускаемой мировыми производителями, ее технических параметров (диапазона и точности измерения, простоты проведения измерений, цены), установлено, что наиболее целесообразным является использование следующих элементов:

– для измерения давления в пневмоприводе – датчики давлений серий 24РС (средних сухих и влажных газов без усилителя) производства американской фирмы Honeywell [5];

– для измерения перемещений – потенциометрический датчик (датчик уровня топлива) модели Б-117;

– для измерения усилий на этапе подготовки эксперимента – динамометр модели НПВ-20 с номиналами измерения усилий от 0 до 200 Н;

– для измерения диаметров отверстий штангенциркуль ШЦ-0-125 с погрешностью измерения до 0,05 мм.

Состояние современной элементной базы и вычислительной техники определяет, что наиболее рациональным построением измерительных систем, используемых для калибровки математических моделей, является построение в виде аппаратно-программных комплексов, которые удовлетворяют следующим условиям: используют широкодоступную элементную базу; используют стандартные интерфейсы и протоколы для передачи данных и сопряжения устройств; имеют удобный, наглядный и «интуитивно понятный» графический интерфейс пользователя; обеспечивают автоматизацию процесса сбора, обработки, анализа данных и документирования результатов измерений. Для удовлетворения вышеперечисленным требованиям аппаратно-программный измерительный комплекс (АПИК) целесообразно строить на основе персональной электронно-вычислительной машины (ПЭВМ), к которой через стандартные интерфейсы подключаются соответствующие измерительные устройства.

Проанализируем требования к АПИК по скорости обработки и передачи данных. Для обеспечения калибровки математической модели пневматической части РТС АТС с пневматическим приводом необходимо одновременно производить измерения в 7 разных контрольных точках системы. Динамический диапазон изменения значений измеряемых величин составляет не менее 50 дБ. Интервал между соседними измерениями должен быть не более 0,5 мс. Для выполнения этого условия необходимо иметь 7 аналого-цифровых преобразователей (АЦП) с тактовой частотой более 2 кГц и разрядностью не менее 9 бит. При этом скорость передачи данных между измерительным устройством и ПЭВМ должна быть не меньше  $9 \times 7 \times 2 \cdot 10^3 = 126 \cdot 10^3$  бит/с. Такую скорость передачи данных в ПЭВМ можно обеспечить, используя интерфейс RS-232 или USB. Учитывая широкое распространение интерфейса USB и постепенное вытеснение RS-232 из совре-

менных ПЭВМ и, практически, его отсутствие в портативных ПЭВМ, целесообразно для сопряжения измерительных устройств и ПЭВМ использовать именно интерфейс USB. Обработку, отображение, информации, документирование результатов измерений, а также управление процессом измерений целесообразно осуществляется с помощью ПЭВМ. Это позволит использовать широкие графические возможности ПЭВМ и обеспечит наглядность функциональность и удобство работы с АПИК (рис. 4).

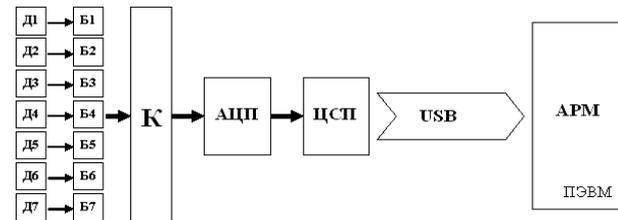


Рис. 4. Схема аппаратно-программного измерительного комплекса: Д – датчик; Б – буферный усилитель; К – коммутатор; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ЦСП – цифровой сигнальный процессор; АРМ – автоматизированное рабочее место

## Выводы

Таким образом, предложенную лабораторную измерительно-экспериментальную установку можно использовать при стендовых исследованиях динамических характеристик тормозных кранов и калибровки соответствующих математических моделей. В дальнейшем работы по усовершенствованию АПИК, могут быть направлены на его использование для получения исходных данных при производстве агрегатов тормозной системы и диагностирования пневматического контура. В перспективе, с соответствующими доработками, созданный АПИК предполагается включить в систему автоматического управления рабочими процессами пневматических приборов автомобиля и их диагностирования как на стоянке, так и в процессе движения АТС.

## Список литературы

1. Ревин А.А. Комплекс программных средств для оценки тормозных свойств автомобиля // *Автомобильная промышленность*. – М.: АП? 1991. – № 4. – С. 34-35
2. Rogozin И.В. Математическая модель экстренного одноразового торможения АТС // *Механика и машиностроение*. – Х.: НТУ "ХПИ"? 2004. – № 1. – 267 с.
3. Rogozin И.В., Прокопов В.А. Алгоритм математической модели аварийного торможения АТС с пневматическим приводом тормозной системы // *Вестник ХНАДУ*. – Х.: МОиНУ, ХНАДУ, ПНТУ. – 2004. – № 27. – 266 с.
4. Шуклинов С.М., Скляр М.В., Мельник С.П. Вимірювально-реєструючий комплекс для дослідження автомобільного гідропроводу гальм. – К.: Автошляховик України. – 2006. – № 2 (184). – 57 с.
5. Датчики давлений фирмы Honeywell [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: kosmodrom.com.ua.

Поступила в редколлегию 9.02.2007

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. О.Н. Фоменко, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

