

УДК 629.113

В.Г. Дыгало, В.В. Котов, Л.В. Дыгало, А.А. Ревин

ПРИМЕНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНО-ФИЗИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ ВЛИЯНИЯ НА РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС НЕИСПРАВНОСТЕЙ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ С АБС

Волгоградский государственный технический университет

Описаны средства для выявления диагностических признаков пневматической тормозной системы автомобиля с АБС и параметры диагностирования, основанные на изменении динамики рабочего процесса тормозного привода.

Ключевые слова: тормозная система, неисправности, диагностика, параметры, признаки, АБС, виртуально-физическая технология.

Общепризнанно, что одним из наиболее перспективных путей решения проблемы повышения активной безопасности большегрузных автомобилей при торможении является применение автоматизированных систем. На дорогах страны эксплуатируется большее число автомобилей с автоматизированными системами [14], в том числе находящихся в неудовлетворительном техническом состоянии. Такое положение диктует острую необходимость контроля за техническим состоянием автоматизированных тормозных систем как при ежегодном техническом осмотре в структурах ГАИБДД, так и в процессе эксплуатации по заявкам водителей на основе бортовых диагностических систем. Результаты эксплуатации большегрузных автомобилей с АБС показывают, что при отказе системы могут возникнуть даже более негативные последствия, чем при обычных тормозных системах, не оснащенных АБС. На многоосных автомобилях возможно возникновение резонансных колебаний мостов балансирной подвески, снижение показателей устойчивости и тормозной динамичности даже по сравнению с традиционным способом торможения юзом и т. п. [2] Положение усложняется еще и тем, что специализированные центры по проверке исправности АБС встречаются в России пока еще крайне редко, что затрудняет оперативность контроля. Кроме того, встроенная в АБС самодиагностика ориентирована на выявление отказов ее элементов. При этом возникающие неисправности тормозного привода и самой АБС полностью выпадают из поля зрения, что создает у водителя крайне опасную иллюзию кондиции системы.

В этой связи разработка диагностических признаков, позволяющих средствами бортовых ПК получать текущую информацию о техническом состоянии тормозной системы грузового автомобиля с АБС, является актуальной задачей.

При установке АБС в тормозном приводе автомобиля обеспечивается затормаживание колес в области оптимального их проскальзывания, независимо от типа дорожной поверхности и изменения (флуктуации) коэффициента сцепления, как по пути, так и в поперечном направлении. Поэтому современные серийно выпускаемые антиблокировочные системы автомобилей с пневмоприводом тормозов представляют собой систему автоматического регулирования экстремального типа, включающую датчики состояния вращения колес, фильтры помех, блок управления, где логическая схема формирует управляющую команду, передающуюся далее через усилитель мощности на исполнительные механизмы. В качестве исполнительного механизма в большегрузных автомобилях обычно используется модулятор с электрическими клапанами, посредством которых осуществляется изменение давления в тормозном приводе с частотой до $6 \div 8$ Гц. В этой связи на рабочий процесс затормаживания колес автомобиля с АБС оказывают влияние различные факторы (нарушение регулировки зазора в тормозном механизме, ослабление стяжной пружины, деформация опорно-

разжимного устройства и т.п.) [11]. Поэтому необходимо учитывать влияние технического состояния как элементов собственно тормозной системы, так и элементов АБС.

При разработке диагностических признаков авторы исходили из того, что оценка влияния параметров технического состояния пневматической тормозной системы с АБС на процесс торможения колеса автомобиля методом дорожных испытаний затруднена из-за наличия большого числа случайных факторов и вариации вследствие этого результатов проводимых замеров. Так, по данным исследователей, даже при многократных торможениях автомобиля на одном и том же участке дороги, расхождение между отдельными измерениями одной серии могут достигать 15-20% [2,11]. Прежде всего это вызвано тем, что на результаты испытаний влияют условия и режимы их проведения (начальная скорость торможения и загрузка автомобиля, уклон дороги, неровности дорожного покрытия и флуктуация коэффициента сцепления по пути, температура трущихся поверхностей тормозных механизмов, усилие на педали тормоза и т.п.). Выходом из сложившейся ситуации является фиксирование ряда стохастических факторов, что возможно в лабораторных условиях [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13].

С этой целью в ВолгГТУ была создана комплексная моделирующая установка, реализованная на основе агрегатов и узлов тормозной системы автомобилей типа КамАЗ, позволяющая фиксировать основные случайные факторы, связанные с проведением дорожного эксперимента, на определенном уровне, т. е. обеспечить возможность воспроизведения действующего на колеса автомобиля тормозного момента с заданным нарастанием и периодичностью, соответствующей выбранным условиям движения автомобиля. Последнее крайне важно, так как позволяет выявить влияние неисправностей на рабочий процесс методом "сравнения состояний" при практически абсолютной воспроизводимости эксперимента. Общий вид и принципиальная схема комплексной моделирующей установки (КМУ), использующей *виртуально-физическую технологию моделирования* [1, 3, 6, 8, 9, 10], показаны на рис. 1 и 2. Адекватность установки подтверждена результатами испытаний автомобиля КамАЗ-5320 [2] с АБС отечественного производства (блок управления и датчики КЗАМЭ, а модуляторы полтавского автоагрегатного завода).

Созданная КМУ состоит из двух функциональных блоков: персонального компьютера (ПК) с математической моделью, где взаимодействие колеса с дорожным покрытием задается в виде $\varphi(S)$ - диаграмм и физической модели, реализованной на основе агрегатов и узлов тормозной системы автомобилей типа КамАЗ (двухсекционный тормозной кран, пневмоматрицы, тормозной механизм, модулятор давления, агрегаты АБС).

Связь стендовой части физической модели с компьютером осуществляется с помощью датчика давления 13 (рис. 2), который установлен перед рабочей тормозной камерой 5 и служит для преобразования давления рабочего тела в электрический сигнал. Последний, с помощью аналогово-цифрового преобразователя (АЦП) устройства сопряжения объектов 10 (УСО) преобразуется из аналоговой формы в цифровую и поступает в персональный компьютер. В математической модели осуществляется решение дифференциальных уравнений и уравнений связи, описывающих динамику затормаживания колеса. На основе полученного расчетным путем значения угловой скорости формируется сигнал, который, проходя через TTL-выход УСО 10, преобразуется в импульсы и через усилитель 9 поступает на блок управления 8 (БУ), в котором реализован алгоритм, управляющий электромагнитными клапанами модулятора давления 4.

Для обеспечения функционирования агрегатов установки и моделирования процесса торможения автомобиля с пневматическим приводом, используется стационарный компрессор 1, который поддерживает давление воздуха в ресивере 2 в заданных пределах.

На созданной комплексной моделирующей установке были проведены эксперименты при кондиции элементов тормозной системы, а также с отклонением параметров техническо-

го состояния, характеризующих основные неисправности пневматической тормозной системы с АБС. В качестве примера на рис. 3 и 4 приведены динамические характеристики процесса торможения колеса автомобиля КамАЗ-5320 в различных условиях. Дальнейший анализ проведен путем сопоставления методом "сравнения состояний".

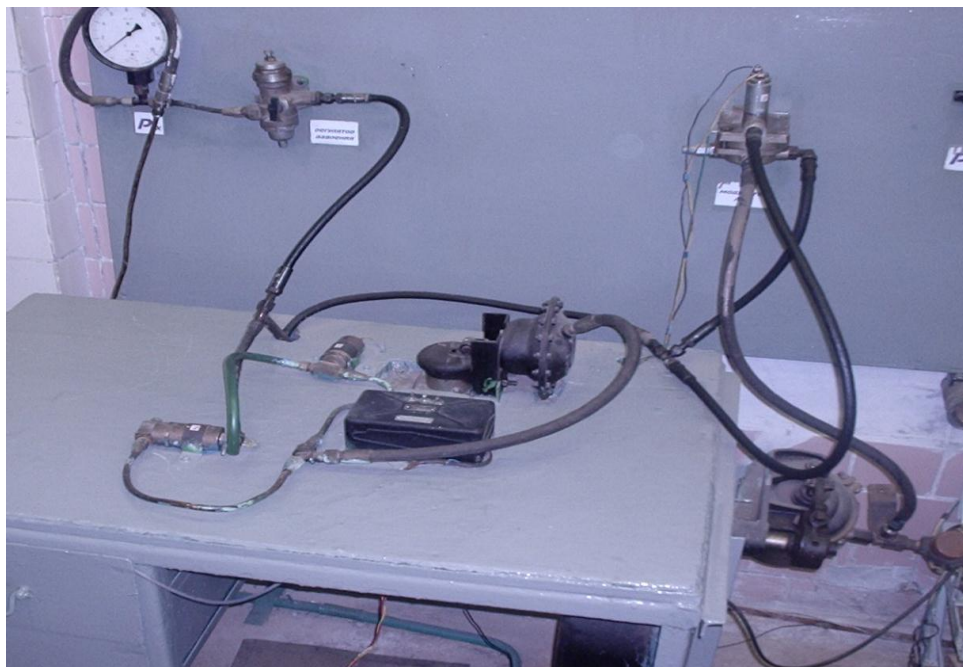


Рис. 1. Общий вид комплексной моделирующей установки

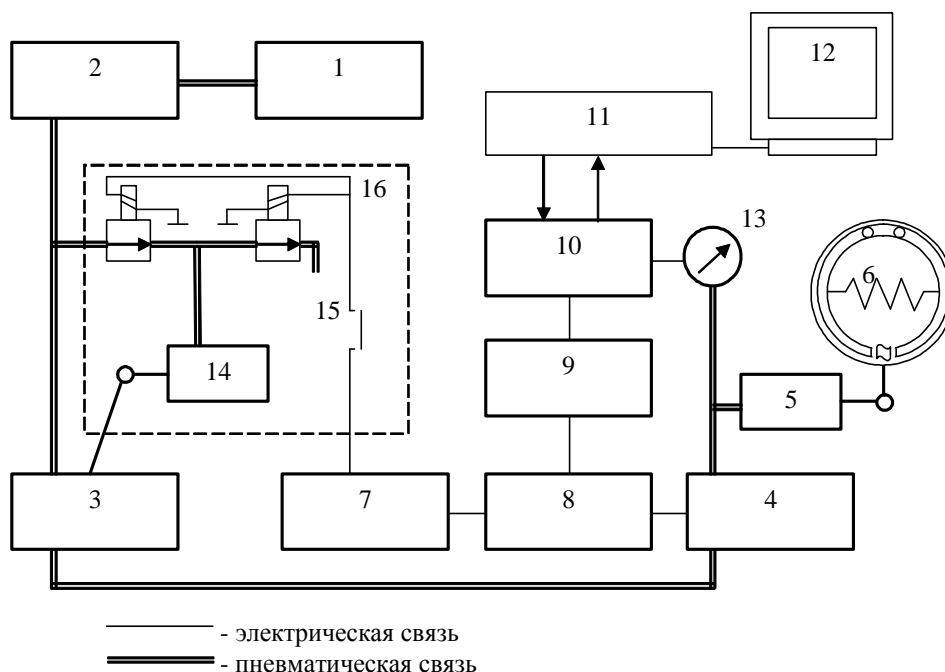


Рис. 2. Принципиальная схема комплексной моделирующей установки:

- 1 – компрессор; 2 – ресивер; 3 – тормозной кран; 4 – модулятор давления;
- 5 – рабочая тормозная камера; 6 – тормозной механизм; 7 – блок питания; 8 – блок управления;
- 9 – усилитель; 10 – устройство сопряжения объектов; 11 – персональный компьютер; 12 – монитор;
- 13 – датчик давления; 14 – вспомогательная тормозная камера; 15 – кнопка управления;
- 16 – задатчик усилия нажатия на тормозную педаль

Анализ полученных динамических характеристик, а также характера изменения среднереализованных значений основных параметров торможения, позволил разработать диагностические признаки изменения технического состояния тормозного механизма и элементов АБС на основе построения структурно-следственных схем. На рис. 5 приведена в качестве примера структурно-следственная схема для диагностирования основных неисправностей тормозного механизма автомобиля с пневматической тормозной системой оснащенной АБС.

Разработанный метод диагностирования пневматической тормозной системы с АБС, основанный на изменении динамики тормозного привода, работающего в циклическом режиме, позволяет не только фиксировать отказы элементов системы "тормозной привод – АБС" (позволяют существующие в настоящее время встроенные в АБС системы самодиагностирования), но и выявлять наличие отклонений параметров технического состояния, с определением предполагаемой локальной неисправности на бортовом ПК.

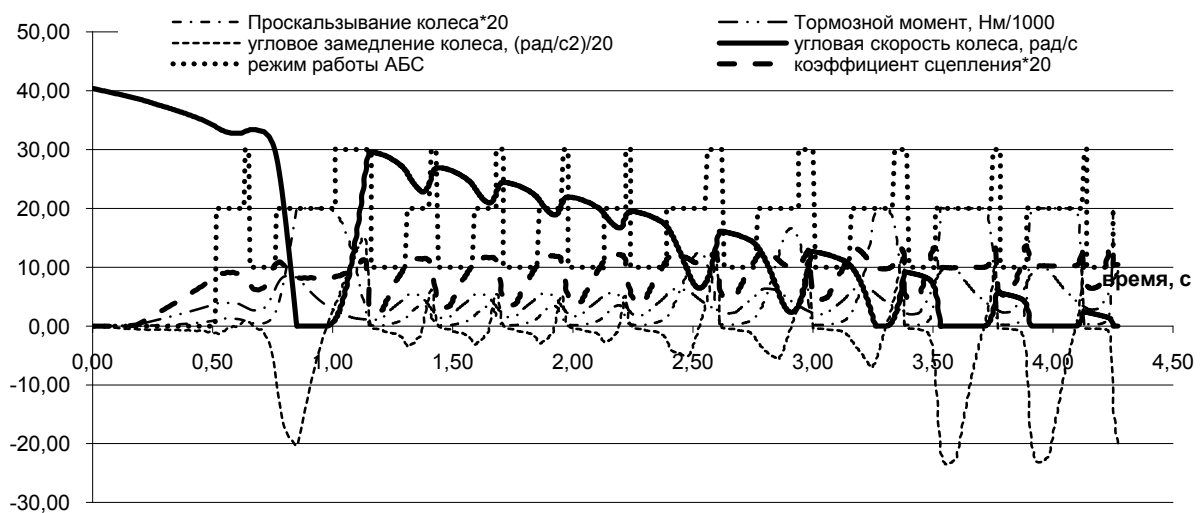


Рис. 3. Торможение на мокром асфальтобетоне колеса автомобиля КамАЗ –5320 с АБС (снаряженное состояние автомобиля) с начальной скоростью $V_0 = 19,4$ м/с (70 км/ч) при кондиции тормозного механизма

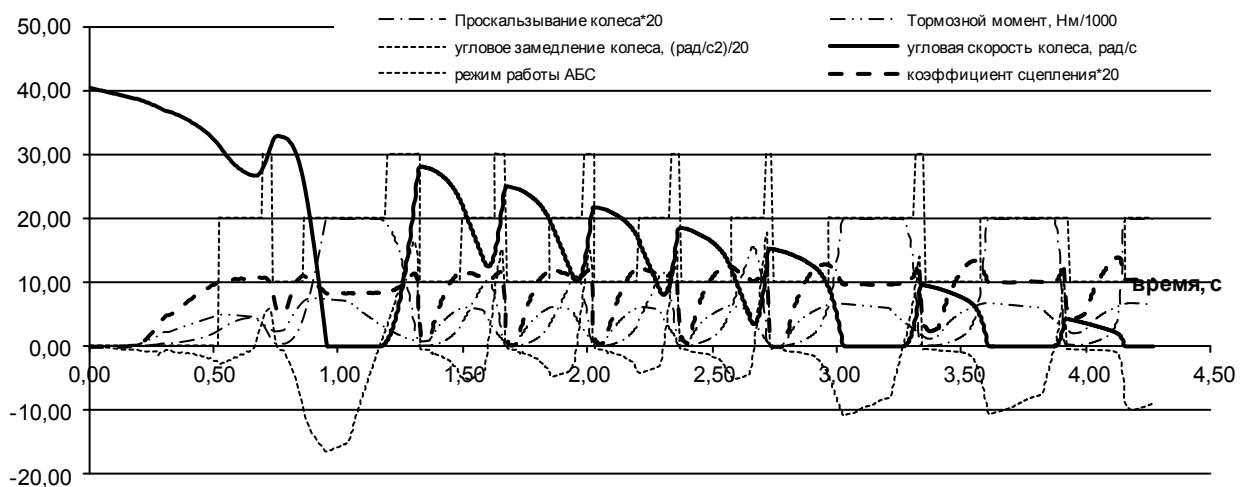


Рис. 4. Торможение на мокром асфальтобетоне колеса автомобиля КамАЗ –5320 с АБС (снаряженное состояние автомобиля) с начальной скоростью $V_0 = 19,4$ м/с (70 км/ч) с увеличенным до 40 % гистерезисом тормозного механизма



Рис. 5. Структурно-следственная схема для диагностирования тормозного механизма автомобиля с пневматической тормозной системой, оснащенной АБС

Библиографический список

1. **Дыгало, В.Г.** Виртуально-физическая технология лабораторных испытаний систем активной безопасности автотранспортных средств: монография / В.Г. Дыгало, А.А. Ревин; ВолгГТУ. – Волгоград, 2006. – 316 с.
2. **Ревин, А.А.** Теория эксплуатационных свойств автомобилей и автопоездов с АБС в режиме торможения: монография / А.А. Ревин; ВолгГТУ. – Волгоград: РПК "Политехник", 2002. – 372 с.
3. **Ревин А.А.** Комплексное моделирование в цикле проектирования автомобилей и их систем / А.А. Ревин, В.Г. Дыгало // Автомобильная промышленность. 2002. №11. С. 29–30.
4. **Шадрин, С.С.** Возможности использования бортовых сетей передачи данных автотранспортных средств в задачах интеллектуальных транспортных систем / С.С. Шадрин, А.М. Иванов // Автотранспортное предприятие. 2014. № 5. С. 43–46.
5. **Костин, С.Ю.** Исследование активной безопасности транспортных средств методом имитационного моделирования / С.Ю. Костин, В.Г. Дыгало // Безопасность транспортных средств в эксплуатации : матер. 71-й междунар. науч.-техн. конф. (12-13 окт. 2010 г.) / Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. - Н. Новгород, 2010. С. 17–19.
6. **Дыгало, В.Г.** Виртуально-физическая технология моделирования систем активной безопасности / В.Г. Дыгало, А.А. Ревин // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2011. № 3. С. 146–155.
7. Исследование свойств активной безопасности транспортных средств методом имитационного моделирования / А.В. Тумасов [и др.] // Журнал автомобильных инженеров. 2011. № 2. С. 34–37.
8. **Дыгало, В.Г.** Применение виртуально-физической технологии моделирования для проектирования систем активной безопасности / В.Г. Дыгало, А.А. Ревин // Безопасность транспортных средств в эксплуатации: сб. матер. 79-й междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 95-летию НГТУ им. Р.Е. Алексеева / НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2012. С. 55–62.
9. **Дыгало, В.Г.** Технологии испытания систем активной безопасности автотранспортных средств: монография / В.Г. Дыгало, А.А. Ревин. – М. : Машиностроение, 2012. – 387 с.
10. **Дыгало, В.Г.** Принципы синтеза виртуально-физических моделей, предназначенных для разработки тормозной системы автомобиля с АБС / В.Г. Дыгало, А.А. Ревин // Автомобильная промышленность. 2014. № 8. С. 17–19.
11. **Котов, В.В.** Разработка диагностических признаков пневматической тормозной системы автомобиля с АБС: дисс. ... канд. техн. наук.05.22.10 / Котов В.В. – Волгоград, 2007. –164 с.
12. **Костин, С.Ю.** Сравнительная оценка моделирования и дорожных испытаний управляемости и устойчивости автобуса / С.Ю. Костин, Р.А. Мусарский, В.Н. Кравец // Журнал ААИ. 2012. №6. С. 35–39.
13. **Тумасов, А.В.** Исследование свойств активной безопасности автобуса среднего класса методом имитационного моделирования / А.В. Тумасов, С.Ю. Костин, В.А. Колтунов // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2012. № 1 (94). С. 134–142.
14. **Грошев А.М.** Применение электронных систем курсовой устойчивости на коммерческом транспорте российского производства / А.М. Грошев, А.В. Тумасов, Л. Палкович // Журнал ААИ. 2010. № 1. С. 34–37.

*Дата поступления
в редакцию 20.09.2014*

V.G. Dygalo, V.V. Kotov, L.V. Dygalo, A.A. Revin

APPLICATION OF VIRTUAL-PHYSICAL TECHNIQUES OF MODELING, WHEN STUDYING THE EFFECTS ON WORKING PROCESS OF FAULT-NESS AIR BRAKE SYSTEM ABS

Volgograd state technical university

Purpose: In this work we describe means for reveal diagnostic signs in pneumatic braking system of automobile equipped ABS and parameters for diagnostic based on braking drive working process dynamic change.

Design/methodology/approach: Application of virtual-physical simulation technology when studying the effects on working process troubleshooting air brake system ABS.

Findings: It is possible to apply the research results for estimation of breaking condition on the basis of simulation results that shows high convergence with experimental data.

Originality/value: Development of diagnostic features that make the PC board means to receive current information about the technical condition of the brake system of the truck with ABS.

Key words: brake system, fault diagnosis, options, features, ABS, virtual-physical technology.