

---

УДК 629.113

*В. И. Василевский*

---

## КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ БОРТОВОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ТОРМОЗОВ МАГИСТРАЛЬНОЙ АТС

---

UDC 629.113

*V. I. Vasilevsky*

---

## THE CONCEPT OF THE DEVELOPMENT OF AN ON-BOARD SYSTEM FOR LINEHAUL VEHICLE BRAKES DIAGNOSTICS

---

### **Аннотация**

Существующие стенды диагностики тормозной системы основаны на отслеживании блокировки тормозящего колеса. Такой способ оценки качества функционирования тормозов для магистральных АТС является недостаточным, так как наличие двух и более звеньев автопоезда требует дополнительной оценки их взаимовлияния на процесс торможения.

Излагается концепция создания бортовой системы диагностики тормозов магистральной АТС, предусматривающая диагностику синхронности срабатывания тормозов. Дано обоснование использования новых источников информации для новой бортовой системы диагностики тормозов магистральной АТС – силовых факторов: тормозных моментов и сил взаимодействия между звеньями магистральной АТС.

### **Ключевые слова:**

концепции создания бортовой системы диагностики магистральной АТС, источники информации, синхронность срабатывания тормозов, бортовая система диагностики, силовые факторы, фактически реализуемые моменты.

### **Abstract**

The existing stands for brake system diagnostics are based on tracking the blocking of a braking wheel. This way of assessing the quality of brakes operation in linehaul vehicles is insufficient, because the availability of two or more units in a road train requires additional evaluation of their mutual influence on the process of braking of a road train.

The paper presents the concept of creating an on-board system for diagnosing brakes of linehaul vehicles, which provides the diagnostics of the synchronicity of brakes actuation. The paper also substantiates the usage of new sources of data for this new on-board system for linehaul vehicle brakes diagnostics - force factors: braking torques and forces of interaction between units of a linehaul vehicle.

### **Key words:**

the concept of development of an on-board system for linehaul vehicle diagnostics, data sources, synchronicity of brakes actuation, on-board diagnostics system, force factors, actually realized moments.

---

Практика эксплуатации седельных автопоездов показала, что наиболее частые случаи складывания звеньев наблюдаются в режиме экстренного торможения, ведущего к ДТП с тяжелыми последствиями. Наиболее вероятной причиной складывания звеньев автопоезда является нарушение синхронности

срабатывания его тормозных механизмов. Например, запаздывание срабатывания тормозов груженого полуприцепа может создать условие значительного ударного воздействия на тягач. При этом если в начале экстренного торможения имеется даже незначительный угол между продольными осями тягача

и полуприцепа, то с большой вероятностью можно прогнозировать последующее складывание звеньев автопоезда. Создание бортовой системы диагностики тормозов позволит осуществлять непрерывный контроль качества функционирования тормозов звеньев магистральной АТС. При этом алгоритм функционирования бортовой системы диагностики тормозов магистральной АТС должен быть основан на высокоинформативных источниках. Для оценки влияния несинхронности срабатывания тормозов тягача и полуприцепа предлагается в качестве источников информации использовать тормозные моменты и силы взаимодействия между звеньями автопоезда. Несинхронное срабатывание тормозов приводит к возникновению сил в тягово-цепном устройстве. Возникновение значительных сил в сцепке, например, при запаздывании срабатывания тормозов полуприцепа, может вызвать значительное ударное воздействие на тягач, что в результате приведет к складыванию звеньев автопоезда. Наибольшая вероятность возникновения ударного нагружения шарнирной связи седельного автопоезда появляется при экстренном торможении АТС. Практика показывает, что запаздывание срабатывания тормозных механизмов полуприцепа (прицепа) по отношению к тягачу носит регулярный характер, поэтому водители часто предпринимают неадекватные меры для повышения безопасности: отключают тормоза передней оси тягача, если предусматриваются рейсы в сложных дорожных условиях и с полной загрузкой полуприцепа. Как показали исследования, максимальное время запаздывания срабатывания тормозов полуприцепа по отношению к тормозам тягача может составить более 0,6 с. Это объясняется тем, что масса полуприцепа (прицепа) существенно превышает массу тягача, поэтому тормозные накладки полуприцепа изнашиваются более интенсивно, чем у тягача. Существенное возрастание

времени запаздывания – одна из наиболее возможных причин складывания звеньев автопоезда. На основании теоретических исследований было установлено, что процесс экстренного торможения автопоезда с ударным воздействием на тягач можно условно разбить на четыре этапа. Главная характеристика *первого этапа* – это высокая скорость нагружения шкворня автопоезда. *Второй этап* характеризуется формированием моментов в тормозных механизмах, а их реализация происходит в контакте колес с опорной поверхностью. Причем на данном этапе моменты, реализуемые колесами, равны моментам, формируемым в тормозном механизме. *Третий этап* соответствует переходному процессу, в котором формируемый момент превышает момент, фактически реализуемый колесами, вследствие чего происходит блокировка тормозящих колес, приводящая к снижению коэффициентов сцеплений колес с опорной поверхностью. *Четвертый этап* характеризуется полным нарушением кинематической связи колес с опорной поверхностью, а реализуемый колесами тормозной момент стабилизируется на некотором определенном значении («юз» колес). При значениях коэффициента сцепления  $\varphi_{\text{сц}} = 0,7 \dots 0,8$  величина установившегося тормозного момента близка к расчетному моменту тормоза. Отсутствие складывания звеньев поезда определяется условием  $|\varphi_2 - \varphi_1| = \text{const}$ , где  $\varphi_1, \varphi_2$  – курсовые углы тягача и полуприцепа.

При исследовании ударного воздействия полуприцепа на тягач установлено, что модуль силы, направленный вдоль продольной оси тягача, при начальной скорости торможения  $V = 60$  км/ч может превышать боковые реакции колес более чем в 3,5 раза, что и обуславливает возникновение складывания звеньев. При проведении расчетов были приняты следующие условия торможения: коэффициент сцепления  $\varphi_{\text{сц}} = 0,7$ ; угол меж-

ду продольными осями тягача и полуприцепа  $\varphi = 3^\circ$ ; время запаздывания срабатывания тормозного привода полуприцепа, по отношению к приводу тягача, составляло  $\Delta t = 0,2$  с.

Для создания датчика измерения сил, включенного в сцепное устройство, были проведены расчеты по определению нагруженности шарнирного пальца автопоезда МАЗ при ударе с помощью пакета прикладных программ «Космос». При расчетах приняты следующие исходные данные: полная масса груженого полуприцепа  $G = 25700,0$  кг; материал пальца – конструкционная сталь со следующими механическими характеристиками: предел текучести  $\sigma_T = 620$  МПа; предел прочности при растяжении  $\sigma_B = 723$  МПа; модуль Юнга  $E = 2,1 \cdot 10^5$  МПа; коэффициент Пуассона  $\mu = 0,28$ ; модуль сдвига  $G = 7,9 \cdot 10^4$  МПа. Наибольшее напряжение наблюдалось в области галтели шкворня, а его максимальная деформация превышала 0,058 мм. Следовательно, практическая реализация датчика измерения сил в седельно-сцепном устройстве представляется возможной, т. к. при данных деформациях создание преобразователей электрических сигналов также возможно.

Многолетними исследованиями проф. В. А. Кима установлена регулярная закономерность измерения сил в контакте колес с опорной поверхностью, которая может быть использована для создания алгоритма бортовой системы диагностики тормозов магистральной АТС. Суть закономерности заключается в том, что скольжение пятна контакта колеса относительно опорной поверхности можно идентифицировать по обнаружению отрицательного знака производной,  $\frac{dF}{dt} < 0$ , где  $F$  – сила в контакте колеса с опорной поверхностью;  $t$  – время. Данная закономерность, характеризующая скольжение пятна контакта колеса при его торможении, в дальнейшем использована при создании алгоритма диагностики качества функ-

ционирования тормозов автопоезда. Кроме того, в алгоритме бортовой системы диагностики тормозов «наезд» на тягач можно идентифицировать направлением силы, возникающей в шкворне седельно-сцепного устройства автопоезда. Так, «наезд» полуприцепа на тягач характеризуется тем, что сила в шкворне направлена вдоль продольной оси тягача и совпадает с направлением его движения. Следовательно, концепция создания алгоритма бортовой диагностики синхронности срабатывания тормозов звеньев магистральной АТС состоит в измерении и анализе тормозных моментов, реализуемых колесами магистральной АТС, и сил взаимодействия между ее звеньями. Схема размещения датчиков измерения тормозных моментов и сил взаимодействия между звеньями представлена на рис. 1.

Необходимыми условиями торможения автопоезда, при которых не происходит складывание его звеньев, являются:

$$R_1 = -R'_1; \quad R_2 = -R'_2; \quad (1)$$

$$\sum M_0(T_i) = 0, \quad (2)$$

где  $i$  – число колес автопоезда.

При несоблюдении условий (1) и (2) возникает риск складывания звеньев автопоезда.

Таким образом, измерение и анализ сил, перечисленных силовых факторов позволяет создание эффективного алгоритма бортовой системы диагностики качества функционирования тормозов магистральной АТС.

В основу создания датчиков измерения тормозных моментов были положены известные индуктивные преобразователи, включающие ферромагнитный сердечник, индуктивную катушку, корпус датчика, выходной контакт датчика. Блок-схема способа измерения тормозного момента представлена на рис. 2, где ОУ – опорное устройство элемента тормоза (опорная пластина барабанного тормоза, суппорт

тормозных колодок дискового тормоза и т. д.); УВТМ – устройство, воспринимающее фактически реализуемый колесом тормозной момент; ЭИУ – электронно-измерительное устройство.

На рис. 3 показан монтаж электронного датчика измерения тормозного момента в штатной конструкции барабанного тормоза МАЗ-544018-320-030.

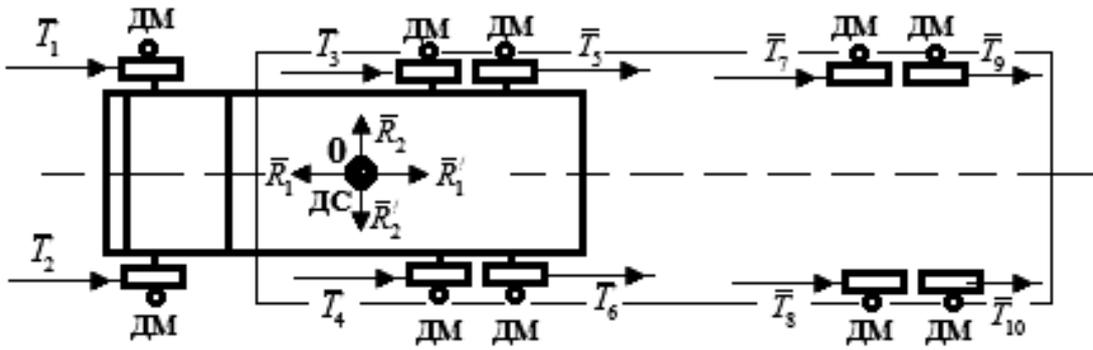


Рис. 1. Схема размещения датчиков измерения тормозных моментов и сил в тягово-сцепном устройстве седельного автопоезда: ДМ – датчик измерения фактически реализуемых колесом тормозных моментов; ДС – датчик измерения сил в шкворне седельно-сцепного устройства

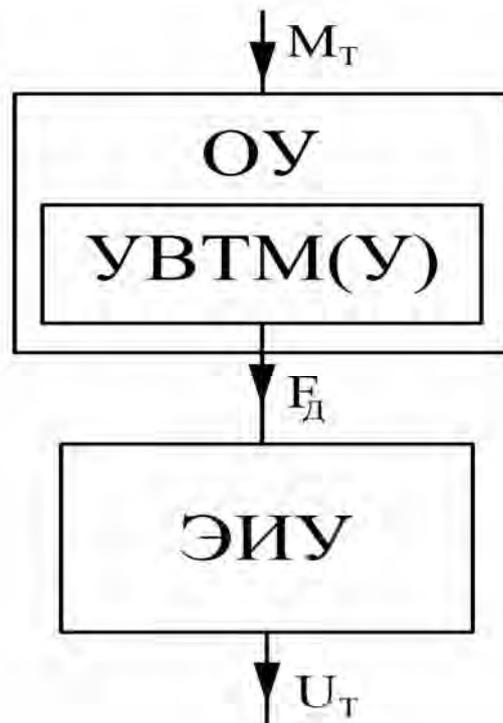


Рис. 2. Блок-схема способа измерения тормозного момента

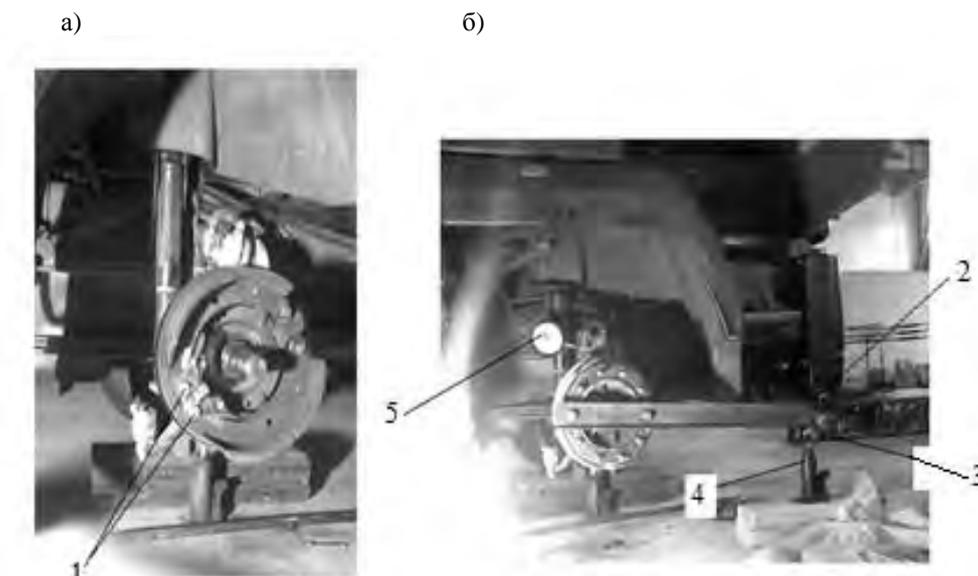


Рис. 3. Монтаж электронных датчиков в поворотных осях колодок барабанного тормоза автомобиля МАЗ-544018-320-030 и тарировочные приспособления: 1 – оси колодок тормоза с электронным датчиком; 2 – нагрузочный рычаг; 3 – динамометр сжатия; 4 – домкрат; 5 – манометр давления воздуха в приводе тормоза

На рис. 4 представлены поворотные оси колодок барабанного тормоза автомобиля МАЗ-544018-320-030, включающие электронные датчики измерения их деформаций при возникновении разжимного усилия при торможении.

Электронные датчики, выдающие электрические сигналы, пропорциональные тормозным моментам, были включены в штатную конструкцию по-

воротных осей вращения колодок барабанного тормоза автомобиля МАЗ-544018-320-030. Тарировочный график изменения момента, прикладываемого к колесу, а также рабочая зона датчика, в которой изменение момента в зависимости от давления в пневмоприводе автомобиля МАЗ-544018-320-030 приближено к линейной характеристике, приведены на рис. 5.



Рис. 4. Оси колодок барабанного тормоза автомобиля МАЗ-544018-320-030 с датчиком измерения момента

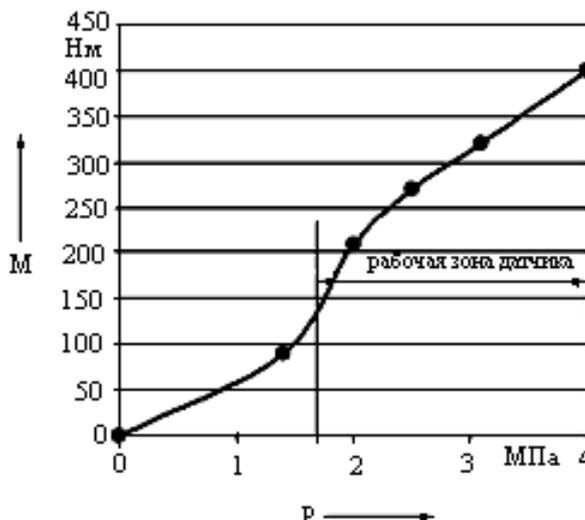


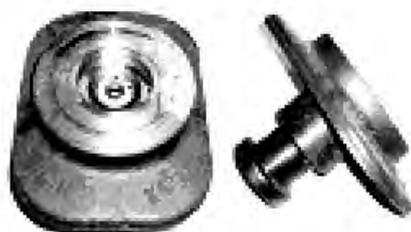
Рис. 5. Изменение момента в зависимости от давления в пневмоприводе автомобиля МАЗ-544018-320-030

На основе проведенных прочностных расчетов шкворня седельно-сцепного устройства седельного автопоезда был спроектирован индукционный датчик измерения сил взаимодействия между звеньями.

На рис. 6, а представлен шкворень седельно-сцепного устройства, который исполнен монолитно с фланцем его

крепления к полуприцепу. В шкворень включен электронный датчик, выдающий электрические сигналы, пропорциональные силам, действующим на шкворень в двух взаимно-перпендикулярных направлениях. Монтаж шкворня с датчиком на полуприцепе седельного автопоезда МАЗ приведен на рис. 6, б.

а)



б)



Рис. 6. Шкворень сцепного устройства автопоезда МАЗ-64229 + МТМ 9330 с датчиком измерения СИЛ: а – шкворень сцепного устройства с датчиком измерения сил; б – монтаж седельно-сцепного устройства на полуприцепе седельного автопоезда МАЗ-64229 + МТМ 9330

Тарировка устройства измерения сил на шкворень производилась с помощью специально разработанного устройства. Для снижения концентрации напряжений в переходных галтелях поверхность крепления пальца в гнезде полуприцепа выполнена с конусностью (конусность не более 1:10). При этом величина локальных напряжений снижается на 12,6 %, а минимальный коэффициент запаса по пределу текучести материала повышается на 3,2 %.

Датчик измерения сил в шкворне представляет собой новый источник информации бортовой системы диагностики тормозов магистральной АТС.

### Выводы

1. В качестве источников информации бортовой системы диагностики тормозов магистральной АТС должны быть использованы силовые факторы – тормозные моменты и силы взаимодействия между звеньями автопоезда.

2. Макетные образцы устройств измерения тормозных моментов вписываются в тормозные механизмы и не требуют их конструктивного изменения. Электрические сигналы пропорциональны тормозным моментам, а по-

грешность измерения момента составляет не более 5...8 %, что позволяет их использование в качестве источника информации для бортовой диагностики синхронности срабатывания тормозов магистральной АТС.

3. Критерием блокировки колеса («юз») при его торможении является отрицательный знак производной от тормозного момента по времени,  $\frac{dM}{dt} < 0$ , который может быть использован в алгоритме бортовой системы диагностики синхронности срабатывания тормозов магистральной АТС.

4. Анализ результатов испытаний электронного датчика, включенного в тягово-сцепное устройство седельного автопоезда, показывает, что электрический сигнал пропорционален силам, действующим на шкворень устройства (в продольном и поперечном направлениях относительно продольной оси тягача). Погрешность измерения составляет не более 10...12 %, что позволяет его использование в бортовой системе диагностики синхронности срабатывания тормозов звеньев автопоезда.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ким, В. А.** Силовые взаимодействия звеньев магистральной АТС при торможении / В. А. Ким, Н. А. Коваленко, В. И. Василевский // Современные технологии, материалы, машины и оборудование : материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев : МГТУ, 2002. – С. 320.

2. **Василевский, В. И.** Перспективы создания оборудования для комплексной диагностики тормозной системы магистральных АТС / В. И. Василевский, В. А. Ким, Н. А. Коваленко // Современные технологии, материалы, машины и оборудование : материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Могилев : МГТУ, 2002. – С. 305–306.

3. **Ким, В. А.** Взаимодействие звеньев магистральной АТС при торможении / В. А. Ким, Н. А. Коваленко, В. И. Василевский // Материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 85-летию юбилею Горского ГТУ. – Владикавказ : ГГТУ, 2003. – С. 135.

*Статья сдана в редакцию 5 января 2013 года*

**Валерий Иванович Василевский**, генеральный директор, ОАО «Могилевоблавтотранс». Тел.: 8-0222-46-72-59. E-mail: abltrans@bru.mogilev.bu.

**Valery Ivanovich Vasilevsky**, General Director, ОАО Mogilevoblavtotrans. Tel.: 8-0222-46-72-59. E-mail: abltrans@bru.mogilev.bu.