

**ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СПОСОБА  
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОРМОЖЕНИЯ  
КОЛЕСНОГО ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА**

**EXPERIMENTAL IMPLEMENTATION OF THE METHOD FOR  
DETERMINING THE BRAKING EFFICIENCY  
WHEELED VEHICLE**

**Рахлей А. И.**, канд. техн. наук, доц.,

**Поварехо А. С.**, канд. техн. наук, доц.,

Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

A. Rakhley, PhD in Engineering, Associate Professor

A. Pavarekha, PhD in Engineering, Associate Professor,

Belarusian national technical University, Minsk, Belarus

*Приведена методика и описание реализующего ее устройства для проведения экспериментальных исследований по оценке влияния внезапного повреждения (разгерметизации) пневматического тормозного привода на эффективность торможения транспортного средства и устойчивость его движения.*

*The methodology and description of the device implementing it for conducting experimental studies to assess the effect of sudden damage (depressurization) of the pneumatic brake actuator on the braking efficiency of the vehicle and the stability of its movement are given.*

*Ключевые слова: пневмопривод тормозов, атмосферное «окно», эффективность торможения, электропневмоклапан, курсовая устойчивость.*

*Keywords: pneumatic brakes, atmospheric "window", braking efficiency, electropneumatic valve, course stability.*

## **ВВЕДЕНИЕ**

Повышение безопасности дорожного движения неразрывно связано с разработкой и совершенствованием систем активной безопасности, одной из которых является тормозная система, включающая тормозные механизмы, как исполнительные элементы, и тормозной привод, осуществляющий передачу управляющего сигнала

к исполнительным элементам тормозной системы.

Сокращение сроков разработки и внедрения новых конструктивных решений неразрывно связано с совершенствованием методик испытаний создаваемых узлов, агрегатов и систем. В данной статье рассматривается способ оценки эффективности пневматического тормозного привода при частичном нарушении его работоспособности, а также практическая реализация данного способа.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ

Анализ литературных источников [1, 2] и результатов проведенных экспериментальных и теоретических исследований, проведенных на кафедре «Тракторы» БНТУ установлено, что для одиночного колесного транспортного средства, оборудованного тормозной системой с пневматическим приводом, наиболее опасным, с точки зрения сохранения курсовой устойчивости, является внезапное повреждение резиновой диафрагмы колесной тормозной камеры, или магистрали ее наполнения на участке от разветвителя 1 (рисунок 1) до входа в тормозную камеру 3. Кроме того определено влияние расстояния  $d$  на динамику падения давления сжатого воздуха в дальней тормозной камере по отношению к точке повреждения привода, а также площади образующегося при повреждении атмосферного «окна» на изменение давления сжатого воздуха как в дальней, так и в ближней от места повреждения тормозной камере.

Для определения зоны влияния образования внезапного повреждения привода, а также влияния площади атмосферного «окна», возникающего при упомянутом повреждении, на динамику торможения колесного транспортного средства был предложен способ определения эффективности торможения и устройство для его реализации, которое было испытано в процессе лабораторных и дорожных испытаний.

Предлагаемый способ заключается в том, что при экспериментальных исследованиях (полевых и стендовых) осуществляется несколько циклов экстренных торможений колесного транспортного средства, оборудованного устройством, реализующим рассматриваемый способ. В процессе торможения осуществляется имитация внезапного разрыва резиновой диафрагмы колесной тормозной камеры или магистрали ее наполнения, введением в привод атмо-

сферного «окна» на участке магистрали наполнения от разветвителя до одной из тормозных камер. Следует отметить, что утечка сжатого воздуха начинается после достижения давления воздуха в тормозных камерах колес одного моста своего максимального значения (точка А на рисунке 2).

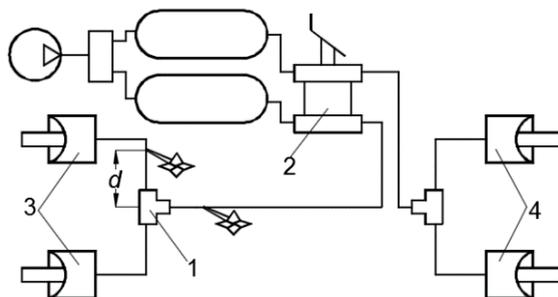


Рисунок 1 – Расположение атмосферного «окна» при имитации повреждения тормозного пневмопривода  
1 – разветвитель; 2 – тормозной кран; 3, 4 – тормозные камеры

Изменяя площадь атмосферного окна, можно имитировать различный уровень утечки сжатого воздуха из магистралей наполнения тормозных камер. При этом размер «окна» увеличивается до размеров наполнительной магистрали, в которой оно вводится в привод. Естественно, что размер атмосферного «окна» будет оказывать влияние и на динамику изменения давлений в левой и правой тормозных камерах.

Кроме того, изменение положения «окна» также влияет на разницу давлений в левой и правой тормозных камерах, тем самым вызывая реализацию различных тормозных сил на колесах левого и правого бортов, что в конечном итоге приводит к отклонению траектории движения транспортного средства от прямой.

При стендовых испытаниях осуществляется регистрация изменения давления сжатого воздуха в тормозных камерах, а при проведении дорожных испытаний дополнительно замеряются такие показатели, как тормозной путь, установившееся замедление, динамический коридор, согласно нормативным документам [3].

Парные кривые, приведенные на рисунке 2 демонстрируют

изменение давления воздуха в ближней и дальней к месту утечки тормозных камерах. При этом расстояние между парными кривыми отражает неравномерность давлений в камерах и зависит как от размера «окна», так и от его местоположения в магистрали наполнения.

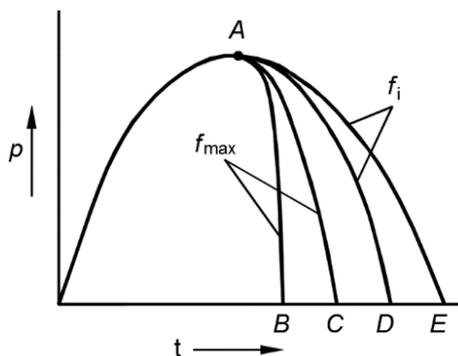


Рисунок 2 – Изменение давления сжатого воздуха в тормозных камерах  $f_{max}$  – при максимальной площади вводимого атмосферного «окна»;  $f_i$  – при промежуточном значении площади вводимого атмосферного «окна».

Для создания атмосферного «окна» в одну из магистралей наполнения устанавливается двухпозиционный электромагнитный клапан, у которого на атмосферном выходе находится регулируемый дроссель, имитирующий утечку сжатого воздуха. Электроклапан соединяет магистраль наполнения с атмосферой с помощью компаратора, сравнивающего сигналы от датчиков давления, установленных в ресивере и тормозной камере (момент достижения максимального давления).

На рисунке 3 приведен график изменения давления сжатого воздуха в тормозных камерах левого и правого колес в процессе реализации разработанного способа. Как видно из графика на рисунке 3 давление сжатого воздуха в правой тормозной камере, разрыв резиновой диафрагмы которой имитировался, с момента срабатывания электромагнитного клапана падает до нуля практически мгновенно, в то время как в левой тормозной камере (дальней по отношению к атмосферному «окну») падение давления до нуля происходит с запаздыванием, равным примерно 0,6 с.

Таким образом, в течение промежутка времени, равного примерно 0,6 с, торможение трактора происходило при увеличении рассогласования давлений, что привело к нарушению прямолинейности движения и отклонению трактора от прямолинейного направления движения на 0,8–1,1 м.

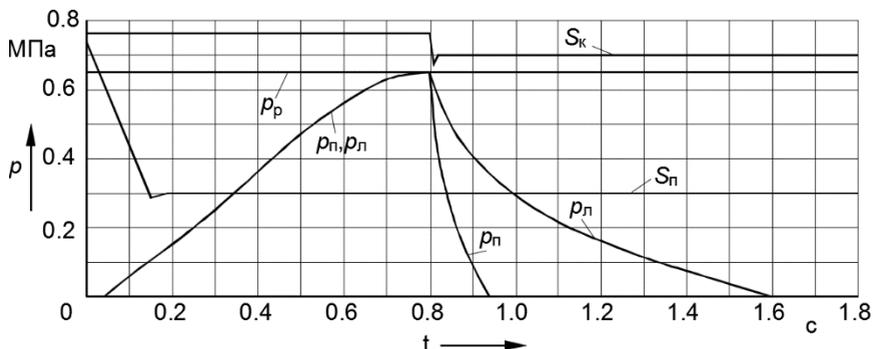


Рисунок 3 – Изменение давления сжатого воздуха в тормозных камерах в процессе реализации способа определения объективности торможения

$p_p$  – давление сжатого воздуха в ресивере;  $p_n, p_l$  – давление сжатого воздуха в правой и левой передних тормозных камерах;  $S_n$  – перемещение тормозной педали;  $S_k$  – перемещение штока электромагнитного клапана.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в результате реализации предлагаемого способа можно получить полную и достоверную характеристику зависимости эффективности торможения колесного транспортного средства, оборудованного пневматическим приводом тормозной системы от характерных повреждений привода.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гердзов, И. С. Техническое состояние автомобилей и безопасность движения / В. И. Герждов, И. С. Госьков, В. Д. Гардерман. – Киев: Техніка, 1978. – 151 с.
2. Рахлей, А. И. Следящий электропневматический тормозной привод модульного типа тракторного поезда : дис... канд. технич. наук : 05.05.03 / А. И. Рахлей. – Минск, 1993. – 180 с.

Представлено 03.04.2022