

Обоснование уровня давления в тормозных цилиндрах грузовых вагонов из условий уменьшения продольных динамических усилий

В.А. Карпычев,

д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Машиноведение, проектирование, стандартизация и сертификация» ФГАОУ ВО «Российский университет транспорта» (РУТ (МИИТ))

С.Г. Чуев,

к.т.н., генеральный конструктор АО МТЗ ТРАНСМАШ, Заслуженный конструктор РФ

С.В. Беспалько,

д.т.н., профессор кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» РУТ (МИИТ)

А.Б. Болотина,

к.т.н., доцент кафедры «Машиноведение, проектирование, стандартизация и сертификация» РУТ (МИИТ)

Особое значение для железнодорожного транспорта и его безопасности имеют тормозные системы. Глубокое понимание процессов, происходящих в тормозной системе поезда в различных режимах ее работы (торможение, отпуск, регулировочное торможение, экстренное торможение и др.), позволяет выработать более точные требования к отдельным ее элементам. Для улучшения динамики управления поездом специалистами АО МТЗ ТРАНСМАШ и РУТ (МИИТ) были проведены исследования и выработаны рекомендации по обоснованию параметров тормозной системы при торможении из условий минимизации продольных нагрузок в составе грузового поезда. В данной статье представлены результаты исследований по обоснованию статических параметров воздухораспределителя – максимальные давления в тормозных цилиндрах на порожнем и среднем режиме торможения. Результаты изучения динамических параметров – скорости нарастания давления в тормозных цилиндрах – будут опубликованы позднее.

Заданные параметры исследований

В качестве объекта исследований был принят 100-вагонный грузовой поезд, имеющий однотипные вагоны и типовую тормозную систему. Порядок формирования задан неблагоприятный: 2/3 состава с головы – порожние вагоны (67 вагонов), 1/3 с хвоста – груженные (33 вагона).

Исследования проводились на основе разработанной модели продольной динамики поезда при торможении [1,2]. Торможение моделировалось на основе учета газодинамических процессов наполнения тормозных цилиндров [3], учета приведенной массы рычажной передачи [4] и расчета усилий на колодках, определяемых на основе типовой методики [5]. Параметры моделей – распределенные. Шаг интегрирования по времени – 0,01 с. Общая масса вагона: порожнего – 23 т; груженого – 100 т. Начальная скорость, при которой реализуются максимальные продольные усилия состава при торможении, была принята на основе предыдущих исследований – 10 км/ч.

Расчет производился для следующих схем разрядки магистрали:

- вариант 1 – с одной точкой (в голове состава);
- вариант 2 – с двумя симметричными точками (в голове и в хвосте);
- вариант 3 – с двумя несимметричными точками (в голове и на расстоянии 1/3 вагонов от хвоста состава);
- вариант 4 – с тремя симметричными точками (в голове, в середине и в хвосте);
- вариант 5 – с тремя несимметричными точками (в голове, на расстоянии 2/5 от головы и на расстоянии 4/5 от головы состава).

Давления в тормозных цилиндрах (рис. 1) принимались в зависимости от этапа исследования. На первом этапе (I) давления были взяты номинальные: для порожнего режима торможения – 1,4 кгс/см²; для среднего режима торможения – 3,0 кгс/см². На втором этапе (II) давления увеличивались до макси-

мально допускаемых: для порожнего режима торможения – до 1,8 кгс/см²; для среднего режима торможения – до 3,4 кгс/см². На третьем этапе (III) уменьшалось давление на порожнем режиме.

Давления в тормозном цилиндре задавались для всех вагонов с учетом его загрузки. Расчет проводился для каждого задаваемого варианта давлений. Поиск локального максимума осуществлялся на каждом шаге по времени. Глобальный максимум находился на всем отрезке времени торможения.

Таким образом, в процессе исследований решались задачи в следующих постановках:

- оценка максимальных продольных динамических усилий для 100-вагонного поезда, неблагоприятного порядка его формирования и номинальных значений давлений в тормозных цилиндрах;
- оценка влияния на максимальные продольные динамические усилия повышения давления в тормозных цилиндрах до максимально допускаемых величин на порожнем и на среднем режиме торможения;



Рис. 1. Тормозной цилиндр грузового вагона

- оценка влияния на максимальные продольные динамические усилия понижения давления в тормозных цилиндрах на порожнем и на среднем режиме торможения.

В качестве допускаемых значений продольных динамических усилий в соответствии с нормами [6] принимались: из условия усталостной прочности автосцепки – 100 тс (1 МН); из условия устойчивости от выжимания при действии сжимающих сил (для порожних вагонов) – 50 тс (0,5 МН).

Оценка максимальных продольных динамических усилий для нормативных значений давления

Полученные результаты многовариантных расчетов составов с наиболее неблагоприятным порядком формирования были обобщены в виде гистограмм, приведенных на рисунках 2 и 3.

Выводы из полученных результатов:

- наибольшие значения продольных динамических усилий реализуются для схемы с одноточечной разрядкой магистрали с головы;

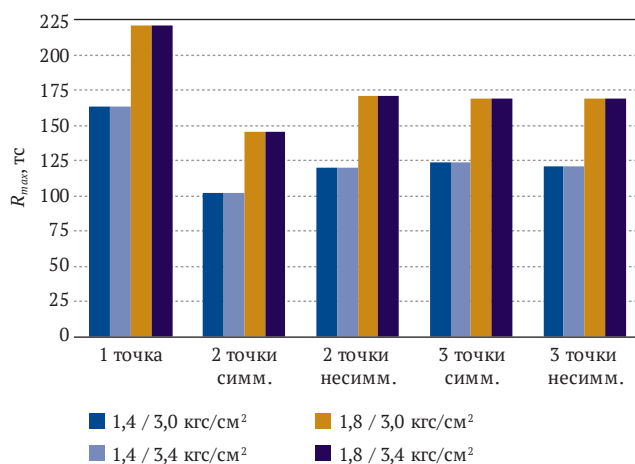


Рис. 2. Гистограмма глобальных максимальных значений реакции в автосцепке при различных схемах разрядки тормозной магистрали

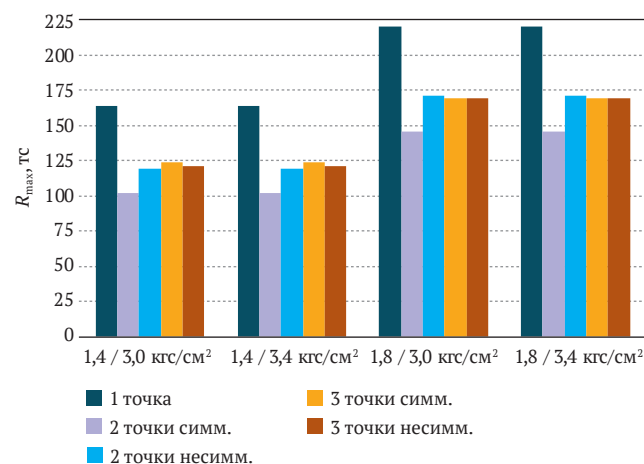


Рис. 3. Гистограмма глобальных максимальных значений реакции при различных соотношениях нормативных значений давления в тормозном цилиндре

- повышение давления на порожнем режиме существенно увеличивает максимальный уровень продольных динамических реакций;
- повышение давления в тормозных цилиндрах на среднем режиме не оказывает влияния на изменение максимальных значений продольных динамических усилий для всех схем разрядки магистрали;
- наилучшие результаты получены для схемы симметричной двухточечной разрядки при номинальных давлениях в тормозных цилиндрах: на порожнем режиме – 1,4 кгс/см², на среднем режиме – 3,0 кгс/см²;
- применение различных схем разрядки не позволяет уменьшить максимальные продольные динамические усилия в поезде до нормативных значений;
- схемы с двухточечной несимметричной разрядкой, трехточечной симметричной разрядкой и трехточечной несимметричной дают, по сути, близкие между собой результаты.

Оценка максимальных продольных динамических усилий для изменений давления сверх нормативных значений

Поскольку изменение давления в тормозных цилиндрах в диапазоне нормативных значений свыше номинальных величин не привело к нужному результату, была поставлена задача оценки динамических продольных усилий при изменении давлений в диапазоне, выходящем за пределы принятых нормативных значений. Порядок формирования и количество вагонов в поезде оставались неизменными.

Давления в тормозном цилиндре принимались со следующими сверхнормативными значениями: для порожних вагонов – от 0,8 до 1,2 кгс/см²; для груженых вагонов – от 3,6 до 4,4 кгс/см². Исследования показали, что увеличение давления для гру-

женых вагонов не приводит к уменьшению продольных динамических усилий. Изменение давления для порожних вагонов дает ожидаемый эффект. Поэтому подробно рассмотрен именно этот вариант.

Полученные результаты многовариантных расчетов составов с наиболее неблагоприятным порядком формирования были обобщены в виде гистограмм, приведенных на рисунках 4 и 5, а также в виде графика на рисунке 6.

Таким образом, для разных схем разрядки магистрали снижение конечного давления в тормозном цилиндре до 0,8 кгс/см² позволяет уменьшить максимальную продольную реакцию в составе 100-вагонного поезда:

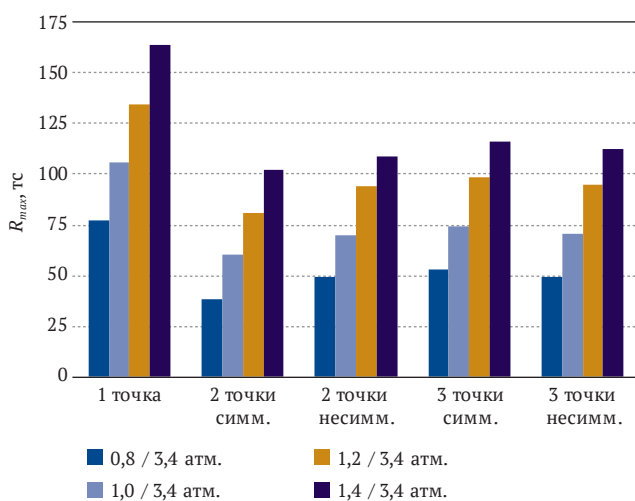


Рис. 4. Гистограмма максимальных значений реакции в автосцепке при различных схемах разрядки тормозной магистрали

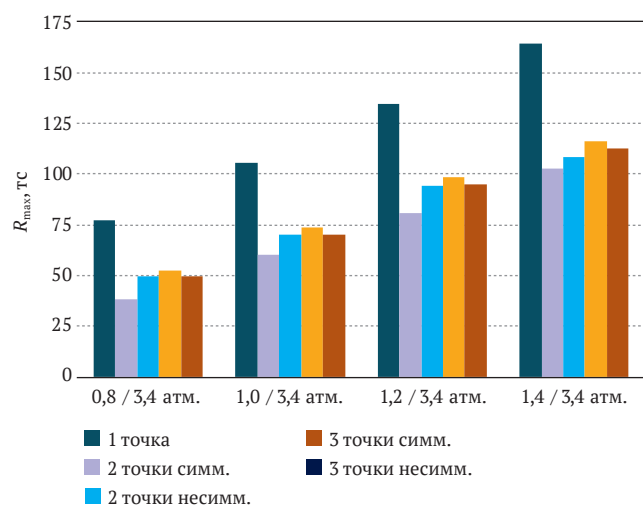


Рис. 5. Гистограмма максимальных значений реакции в автосцепке при различных соотношениях нормативных значений давления в тормозном цилиндре

- для варианта 1 – на 52,9%, но значения продольных усилий превышают нормативные;
- для варианта 2 – на 62,3%, а получаемое максимальное значение продольных усилий в этом случае ниже нормы. Также не превышение получаем и для давления 0,9 кгс/см²;
- для варианта 3 – на 54,5%, а получаемое максимальное значение продольных усилий в этом случае не превышает норму;
- для варианта 4 – на 54,6%, а получаемое максимальное значение продольных усилий в этом случае несколько превышает норму;
- для варианта 5 – на 56,6%, а получаемое максимальное значение продольных усилий в этом случае практически равно норме.

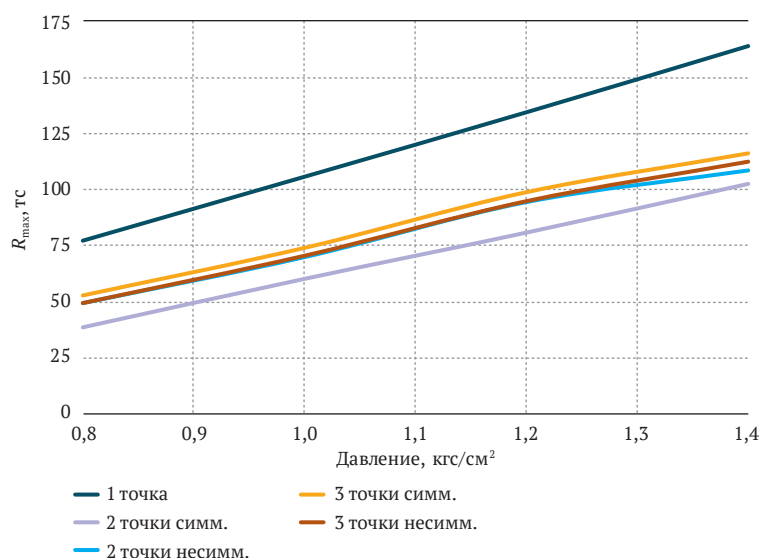


Рис. 6. Графики зависимости максимальных значений реакции от значения давления в тормозном цилиндре порожнего вагона

Заключение

На основе выполненных исследований можно сделать вывод, что повышение давления в тормозном цилиндре на среднем режиме торможения не приводит к эффекту. Наиболее чувствительны продольные усилия при изменении давления на порожнем режиме. Для повышения управляемости и безопасности движения грузовых поездов рекомендуем три схемы разрядки:

- вариант 2 при установке максимального давления в тормозном цилиндре на порожнем режиме 0,8 кгс/см² или 0,9 кгс/см²;

- вариант 3 при установке максимального давления в тормозном цилиндре на порожнем режиме 0,8 кгс/см²;
- вариант 5 при установке максимального давления в тормозном цилиндре на порожнем режиме 0,8 кгс/см².

Наилучшие результаты получены для разрядки по симметричной двухточечной схеме (вариант 2), у которой при установке максимального давления в тормозном цилиндре 0,8 кгс/см² максимальная продольная реакция – 38,6 тс.

Список использованной литературы

1. Карпычев В.А., Чуев С.Г. Уменьшение продольных силовых возмущений при распределенном управлении торможением поезда (РУТП) / В.А. Карпычев, С.Г. Чуев // Техника железных дорог. – 2017. – № 1 (37). – С. 66–74.
2. Чуев С.Г., Карпычев В.А. Управление динамикой длинносоставных поездов с помощью распределенного управления торможением (РУТП) / С.Г. Чуев, В.А. Карпычев // Транспорт. – 2015. – № 5. – С. 68–71.
3. Герц Е.В. Динамика пневматических систем машин. – М.: Машиностроение, 1985. – 256 с.
4. Фролов К.В., Попов С.А., Мусатов А.К. и др. Теория механизмов и машин. Учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 1987. – 496 с.
5. Анисимов П.С., Юдин В.А., Шамаков А.Н., Коржин С.Н. Расчет и проектирование пневматической и механической частей тормозов вагонов. Учебное пособие для вузов ж. д. транспорта. – М.: Маршрут, 2005. – 248 с.
6. Нормы для расчета и проектирования новых и модернизируемых вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – ГосНИИВ – ВНИИЖТ. – М., 1996. – 317 с. [1]