



Определение областей оценки вероятности юза колесной пары



Павел АНДРЕЕВ

Pavel A.ANDREEV

Представленные ранее (см., в частности, «МТ» № 2 за 2009 год) зависимости влияния структуры связи элементарных событий на вероятность возникновения юза колесной пары грузового вагона находят продолжение в определении областей оценки вероятности предшествующих юзу событий. Разница расчетного и реализуемого коэффициентов сцепления обоснована как параметр, определяющий условия наступления юза вследствие уменьшения коэффициента сцепления, реализации обезгрузки колесной пары и нештатного перемещения обрессоренных частей вагона, на основе зависимостей типового расчета автотормоза.

Ключевые слова: железная дорога, грузовой вагон, юз колесной пары, оценка вероятности, теория надежности.

Андреев Павел Александрович — ассистент кафедры «Машиноведение, проектирование, стандартизация и сертификация» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ).

Одним из неблагоприятных факторов при эксплуатации грузовых вагонов является юз колесной пары, представляющий собой поступательное движение вагона без вращения колесной пары, находящейся в заторможенном состоянии.

Определение перечня факторов, инициирующих юз колесной пары, и вероятностей их реализации позволяет выполнить оценку любой вероятности с использованием аппарата теории надежности, в частности, применяя математическую модель, полученную на основе дерева событий с вершинным событием «юз колесной пары» [1, 2].

Для оценки вероятности появления юза с помощью дерева событий необходимо знать вероятности всех элементарных событий, входящих в математическую модель. Элементарные — это конечные события в ветвях дерева, далее неразложимые, а следовательно, позволяющие представить вероятность их реализации в виде числа.

Возникает вопрос: при каких условиях корректна оценка вероятности юза посредством того или иного элементарного события?

В рамках ответа на поставленный вопрос выполнена формализация условий наступления принятых к рассмотрению событий на основе методики типового расчета автотормоза грузовых вагонов [3]. Исследования проводились с учетом разработанного ранее дерева событий [2].

В статье [4] представлены зависимости влияния структуры связи элементарных событий в дереве на вероятность реализации вершинного события — юза колесной пары. В результате сравнительного анализа этих зависимостей проведено ранжирование элементарных событий по приоритетности принятия к исследованию:

- события с последовательной структурой связей имеют наибольший приоритет, так как оказывают наибольшее влияние на вероятность появления юза;
- события с последовательно-параллельной структурой — меньший приоритет;
- события с параллельной структурой связей — наименьший приоритет.

На основе ранжирования к рассмотрению приняты события с последовательной структурой связи в дереве, имеющие соответствующие формулировки:

событие А = *Уменьшение коэффициента сцепления между колесом и рельсом на величину, превышающую допустимое значение;*

событие Б = *Имеет место обездрузка колесной пары на величину, превышающую допустимую;*

событие В = *Нештатное перемещение обрессоренных частей вагона на величину, превышающую критическое значение.*

Анализ формулировок событий показал, что события А и Б учитывают уменьшение силы сцепления в паре колесо-рельс, а В — увеличение силы трения в паре колodka-колесо.

Из тормозных расчетов следует, что силы сцепления и трения, реализуемые в трибосистеме, задействованы соответственно в виде расчетного $[\psi_p]$ и реализуемого $\delta_p \phi_{кр}$ коэффициентов сцепления в методике типового расчета автотормоза грузовых вагонов [3]. В частности, условием появления юза колесной пары становится превышение $\delta_p \phi_{кр}$ над $[\psi_p]$.

Анализ формулировок событий А и Б выявил, что согласно типовому расчету они учитывают уменьшение расчетного коэффициента сцепления $[\psi_p]$ на величину,

превышающую допускаемое значение, относительно реализуемого коэффициента сцепления $\delta_p \phi_{кр}$. В роли допускаемого значения здесь выступает неотрицательная разница между данными коэффициентами:

$$\Delta\psi = [\psi_p] - \delta_p \phi_{кр} \geq 0, \quad (1)$$

где $\Delta\psi$ — запас по сцеплению колеса с рельсом как допускаемое изменение расчетного и реализуемого коэффициентов сцепления;

$\Delta\psi \geq 0$ — условие невозникновения юза колесной пары.

Что касается формулировки события В, то согласно типовому расчету оно учитывает увеличение реализуемого коэффициента сцепления $\delta_p \phi_{кр}$ на величину, превышающую критическое значение относительно расчетного коэффициента сцепления $[\psi_p]$. Критическим $\delta_p \phi_{кр}$ является такое значение, при котором нарушается условие $\Delta\psi \geq 0$.

По результатам анализа формулировок событий А, Б и В обоснован параметр $\Delta\psi$, формализующий их на основе зависимостей по методике типового расчета автотормоза грузовых вагонов.

Параметр $\Delta\psi$ идентифицирован как определяющий условия наступления данных событий:

- при реализации условия нулевого запаса по сцеплению колеса с рельсом $\Delta\psi = 0$ для суждения о появлении юза посредством любого из элементарных А, Б, В достаточно самого факта свершения явления, отраженного в формулировке любого из них;

— при наличии запаса по сцеплению ($\Delta\psi > 0$) для суждения о появлении юза посредством любого из элементарных событий А, Б, В необходимо знать еще и степень их проявления в вероятностном аспекте;

— при реализации условия $\Delta\psi < 0$ элементарные события А, Б, В отсутствуют.

С позиции теории надежности условия наступления событий характеризуют области оценки вероятностей их наступления. Так, область оценки вероятностей событий А, Б, В характеризуется выполнением условия невозникновения юза колесной пары $\Delta\psi \geq 0$.

Для установления режима автотормоза, при котором актуальна задача определения границ области оценки вероятностей наступления событий А, Б, В, поставлена



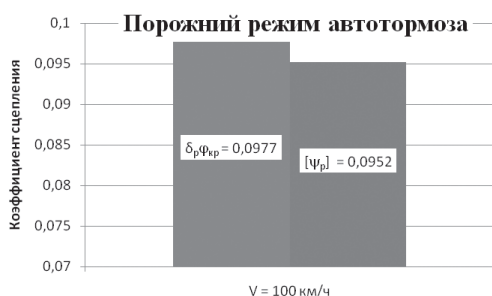


Рис. 1. Значения расчетного ($[\psi_{р}]$) и реализуемого ($\delta_{р\phi_{р}}$) коэффициентов сцепления при наиболее неблагоприятном для выполнения $\Delta\psi \geq 0$ сочетании допускаемых значений переменных параметров ТС (порожный режим).

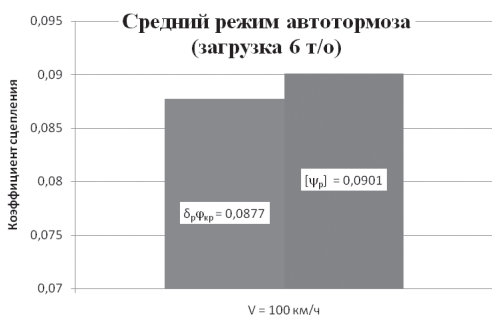


Рис. 2. Значения расчетного ($[\psi_{р}]$) и реализуемого ($\delta_{р\phi_{р}}$) коэффициентов сцепления при наиболее неблагоприятном для выполнения $\Delta\psi \geq 0$ сочетании допускаемых значений переменных параметров ТС (средний режим – ручное переключение).

задача количественной оценки запаса по сцеплению колеса с рельсом $\Delta\psi$. В качестве переменных параметров тормозной системы, имеющих диапазоны допускаемых значений, обоснованы: давление в тормозном цилиндре ($P_{тц}$), выход штока тормозного цилиндра ($l_{шт}$) и усилие на возвратной пружине авторегулятора (F_2).

В рамках решения поставленной задачи рассмотрены ситуации торможения композиционными колодками со 100 км/ч: порожнего грузового вагона с тарой 23 т и того же вагона с загрузкой 6 т/ось на порожнем и среднем режимах автотормоза соответственно. Ручное переключение с порожнего на средний режим осуществляется при загрузке вагона 6 т/ось [5], а при наличии авторежима максимальное значение давления в тормозном цилиндре реализуется только после загрузки вагона на 60% и более от грузоподъемности [6]. То есть сочетание тары и загрузки вагона при ручном переключении является наиболее благоприятным для появления юза.

Рассматривался вагон с типовой симметричной одноцилиндровой системой. Оценка запаса $\Delta\psi$ выполнена при наиболее благоприятных для появления юза сочетаниях допускаемых значений переменных параметров тормозной системы: $P_{тц} = 1,8$ кгс/см², $l_{шт} = 5$ см, $F_2 = 90,5$ кгс и $P_{тц} = 3,4$ кгс/см², $l_{шт} = 5$ см, $F_2 = 90,5$ кгс для порожнего и среднего режимов автотормоза соответственно.

Остальные параметры тормозной системы приняты за постоянные величины, имеющие следующие рекомендуемые [3, 5] значения:

- диаметр ($d_{тц}$) поршня тормозного цилиндра (ТЦ), исходя из соображений серийности и массовости постановки ТЦ на грузовые вагоны инвентарного парка составляет 35,6 см;

- коэффициент полезного действия ТЦ $\eta_{тц} = 0,98$;

- передаточное число рычажной передачи при условии постановки композиционных колодок $n = 5,87$;

- коэффициент полезного действия тормозной рычажной передачи $\eta_n = 0,95$;

Характеристики тормозного цилиндра и авторегулятора также приняты за постоянные согласно типовому расчету [3].

Составлено решение и выполнены проверочные расчеты, по результатам анализа которых сделан вывод о его корректности.

Выполнен расчет коэффициентов сцепления для порожнего и среднего режимов автотормоза. Результаты представлены в графическом виде (рис. 1, 2).

Посредством анализа результатов расчета установлено, что на среднем режиме автотормоза условие невозникновения юза колесной пары выполняется с некоторым запасом ($\Delta\psi > 0$), а на порожнем режиме условие невозникновения юза нарушается ($\Delta\psi < 0$).

Сделан вывод, что на среднем режиме автотормоза область оценки вероятностей наступления событий А, Б, В совпадает с областью, очерчиваемой нормативными значениями переменных параметров тормозной системы. Поэтому на среднем режиме актуальна задача оценки вероятностей наступления событий А, Б, В.

На порожнем режиме автотормоза область оценки вероятностей наступления событий находится внутри области, очерчиваемой нормативными значениями пе-

ременных параметров тормозной системы. Поэтому на порожнем режиме актуальна задача определения области оценки вероятностей наступления событий А, Б, В.

С целью определения данной области сформировано поле сочетаний нормативных значений двух наиболее влияющих на $\Delta\psi$ переменных параметров тормозной системы: давления и выхода штока тормозного цилиндра. В этом поле из условия нулевого запаса по сцеплению получена одноименная линия А'Б' (рис. 3).

Область А'Б'ВГ идентифицирована как область оценки вероятностей наступления событий А, Б, В на порожнем режиме автотормоза.

Таким образом, разница ($\Delta\psi$) расчетного и реализуемого коэффициентов сцепления обоснована как параметр, определяющий условия наступления юза колесной пары вследствие уменьшения коэффициента сцепления, реализации обезгрузки колесной пары и нештатного перемещения обрессоренных частей вагона (события А, Б и В соответственно), на основе зависимостей типового расчета автотормоза.

С помощью параметра $\Delta\psi$ выполнена формализация условий наступления событий А, Б и В.

Для принятых к рассмотрению условий эксплуатации получены области оценки вероятностей наступления событий А, Б и В из условия невозникновения юза колесной пары $\Delta\psi \geq 0$ на порожнем и среднем режимах автотормоза. Данные области очерчены допустимыми значениями параметров тормозной системы.

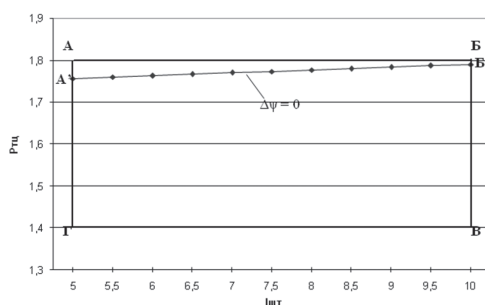


Рис. 3. Поле сочетаний нормативных значений P и l с линией А'Б' нулевого запаса по сцеплению на порожнем режиме автотормоза.

Дальнейшее решение задачи заключается в определении степеней влияния каждого из элементарных событий на $\Delta\psi$. Степень влияния позволяет обосновать запас по сцеплению колеса с рельсом. Этот запас призван свести вероятность реализации юза колесной пары посредством соответствующего события до доверительной (допускаемой) вероятности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Устич П. А., Карпычев В. А., Овечников М. Н. Надежность рельсового нетягового подвижного состава. — М.: Вариант, 1999.
2. Карпычев В. А. Разработка метода системного анализа автотормоза грузового подвижного состава. / Дис... док. техн. наук. — М.: МИИТ, 2001.
3. Типовой расчет тормоза грузовых и рефрижераторных вагонов. — М.: МПС РФ, 1996.
4. Карпычев В. А., Андреев П. А. Вероятностная модель юза колесной пары. / Мир транспорта. — 2009. — № 2.
5. Инструкция по эксплуатации тормозов подвижного состава железных дорог. ЦТ-ЦВ-ЦЛ-ВНИИЖТ/277. — М.: Транспорт, 2008.
6. Юдин В. А., Анисимов П. С., Козлов И. В. Обеспеченность вагонов тормозными средствами. Учебное пособие. — М.: МИИТ, 1998.

DEFINITION OF THE ZONES OF ESTIMATION OF A PROBABILITY OF WHEELSET SKIDDING

Andreev, Pavel A. – assistant lecturer at the department of theoretical engineering, designing, standardization and certification of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT).

The author continues the study (see MT Journal 2009 vol.2) on dependencies of the structure of elementary events on probability of wheelset skidding of a freight railway car and presents a definition of the zones of estimation of probability of the events preceding skidding. The difference ($\Delta\psi$) (based on the dependencies of standard calculation of automatic brake) between a calculated and a real creep coefficient is grounded as a parameter, defining conditions of the beginning of wheelset skidding, caused by reduced creep coefficient, wheelset unloading, off-nominal displacement of spring-mounted parts of a wagon (events A, B, C respectively). The parameter $\Delta\psi$ serves to formalize the conditions causing the events A, B, C.

Key words: railway, freight railway car, wheelset skidding, estimated probability, reliability theory.

Координаты автора (contact information): Андреев П. А. – (495) 684–23–59.

