

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КОМФОРТА ПАССАЖИРОВ В ПОЕЗДАХ С ПРИНУДИТЕЛЬНЫМ НАКЛОНОМ КУЗОВА

А. С. МИТРАКОВ, В. Ф. ЛАПШИН, Д. Я. АНТИПИН

Уральский государственный университет путей сообщения, г. Екатеринбург, Российская Федерация

Одним из направлений повышения средних маршрутных скоростей движения пассажирских поездов и сокращения времени в пути является применение подвижного состава с принудительным наклоном кузовов в кривых участках пути. За счет применения подобного подвижного состава обеспечивается повышение скоростей прохождения кривых участков пути. Это достигается компенсацией центробежных сил, действующих в кривых участках пути на подвижной состав и пассажиров, принудительным наклоном кузова внутрь кривой.

Факторами, ограничивающими скорость прохождения кривых участков пути с точки зрения обеспечения комфорта и безопасности пассажиров от падения, являются уровень непогашенных боковых ускорений, действующих на пассажира, и исключение эффекта укачивания.

Для подвижного состава с принудительным наклоном кузова в кривых участках пути уровень комфорта определяется по методикам, приведенным в европейском стандарте EN 12299 [1] и в материалах исследований японских специалистов [2]. В рамках стандарта EN 12299 процент пассажиров, испытывающих дискомфорт, определяется зависимостями

$$P_{CT} = 100 \cdot \left\{ \max \left[A \cdot |\ddot{y}_{ls}|_{\max} + B |\dot{\ddot{y}}_{ls}|_{\max} \cdot C; 0 \right] + \left(D \cdot |\dot{\phi}_{ls}|_{\max} \right)^E \right\}, \quad (1)$$

где \ddot{y}_{ls} – боковое ускорение кузова, м/с^2 ; $\dot{\ddot{y}}_{ls}$ – изменение бокового ускорения кузова в течение 1 с, м/с^3 ; $\dot{\phi}_{ls}$ – угловая скорость кузова, рад/с ; A, B, C, D, E – постоянные, принимаемые в соответствии с [1].

В соответствии с [2] уровень дискомфорта по четырехбалльной шкале определяется по зависимости

$$TC_T = a\ddot{y} + b\dot{\ddot{y}} + c\dot{\phi} + d\ddot{\phi} + e, \quad (2)$$

где \ddot{y} – боковое ускорение кузова, м/с^2 ; $\dot{\ddot{y}}$ – изменение бокового ускорения кузова в течение 1 с, м/с^3 ; $\dot{\phi}$ – угловая скорость кузова, рад/с ; $\ddot{\phi}$ – угловое ускорение кузова, рад/с^2 ; a, b, c, d, e – постоянные, принимаемые в соответствии с [2].

Эффект укачивания пассажиров при прохождении кривых участков пути оценивается в соответствии с [3] на основе определения коэффициента подверженности укачиванию:

$$IR(t) = \frac{k_{MSDV} \sqrt{\int_0^t a_{wf}^2(t) dt}}{50}, \quad (3)$$

где k_{MSDV} – коэффициент для смешанного населения взрослых женщин и мужчин, не способных к адаптации, у которых вероятнее всего будет наблюдаться эффект укачивания, определяется в соответствии с [4]; $a_{wf}(t)$ – частотно-взвешенное вертикальное ускорение, м/с^2 .

Величина индекса $IR(t)$ градуируется по шкале от 0 («Я чувствую себя хорошо») до 3 («Я чувствую себя абсолютно ужасно»).

В приведенных методиках уровень комфорта оценивается на основании ускорений кузова единицы подвижного состава с учетом только двух положений пассажира – «стоя» и «сидя». При этом ускорения, действующие на пассажиров, в значительной степени отличаются от ускорений кузова вагона и зависят от места размещения пассажира в вагоне и его позы.

В связи с этим в работе предлагается методика оценки уровня комфорта пассажира методами математического моделирования движения железнодорожного подвижного состава с использованием антропометрических компьютерных моделей манекенов.

В рамках уточненной методики предлагается расположение компьютерных моделей антропометрических манекенов на различных пассажирских местах в положениях «стоя», «сидя» и «лежа». Расчет параметров комфорта проводится по ускорениям, полученным на манекенах с учетом «наихудших» с точки зрения обеспечения комфорта мест расположения пассажира и его позы.

Апробация методики выполнена на примере твердотельной компьютерной модели электропоезда с принудительным наклоном кузова в кривых с местами для сидения, разработанной в среде программного комплекса моделирования динамики систем тел «Универсальный механизм». Для оценки динамических воздействий на пассажиров использованы твердотельные модели антропометрических манекенов типа Hybrid III 50th Male Dummy [5].

Сопоставление результатов оценки уровня комфорта пассажиров электропоезда при прохождении кривых участков пути, полученных по результатам математического моделирования с использованием методик, рекомендуемых в [1–3], и предлагаемой методики показало их расхождение на 10 – 45 %. Показатели комфорта, рассчитанные по предлагаемой методике, для всех рассматриваемых вариантов ниже результатов расчета по методикам [1–3]. Наибольшие расхождения получены для положения пассажира «стоя» в тамбуре вагона у входной двери, наименьшие – для положения «сидя» в среднем ряду вагона на кресле у прохода.

Список литературы

- 1 CEN. Railway applications – Ride comfort for passengers – Measurement and evaluation. EN 12299:2009, European Committee for Standardization, Brussels.
- 2 Suzuki, H. 2000. Psychophysical Evaluation of Railway Vibrational Discomfort on curved section / H. Suzuki; QR RTRI Tokyo. – Vol. 41. – 2000. – P. 106–111.
- 3 ISO 2631-1.2 Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole body vibrations – Part 1: General requirements. ISO. Geneva.
- 4 Griffin, M. J. Handbook of Human Vibration / M. J. Griffin. – London : Academic Press, 1990. – 988 p.
- 5 Антипин, Д. Я. Оценка безопасности локомотивной бригады электропоезда при продольном аварийном соударении с препятствием / Д.Я. Антипин, В.В. Кобищанов, С.Г. Шорохов // Транспорт Российской Федерации. – 2015. – № 3 (58). – С. 47–49.

УДК 629.423:621.331

АНАЛИЗ КАЧЕСТВА НАПРЯЖЕНИЯ В ТОЧКАХ ОБЩЕГО ПРИСОЕДИНЕНИЯ

В. С. МОГИЛА, В. А. ЗАГОРЦЕВ

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Электрический подвижной состав (ЭПС) при работе в режиме рекуперативного торможения представляет собой однофазные генераторы электрической энергии, которая может быть использована потребителями, работающими в пределах тяговой сети. Для передачи рекуперативной энергии в цепи внешнего электроснабжения ее необходимо преобразовать в трехфазную. Качество энергии в точках общего присоединения трехфазных потребителей должно соответствовать требованиям ГОСТ 13109-95.

Естественными преобразователями однофазных напряжений и токов в трехфазные являются трансформаторы и некоторые другие устройства тяговых подстанций. Режимы преобразования напряжения при использовании системы электроснабжения 1х27,5 кВ и 2х25 кВ отличаются друг от друга и требуют самостоятельного рассмотрения.

Значение тяговой нагрузки носит случайный характер, и поэтому основные параметры качества энергии в точках общего присоединения: отклонения напряжения, несинусоидальность напряжения, несимметрия напряжения также – являются случайными величинами. Для определения параметров качества электрической энергии и ее статистических характеристик была разработана математическая модель совместной работы ЭПС и участка электрической железной дороги 1х27,5 кВ.

При построении математической модели приняты следующие допущения:
– тяговые трансформаторы представлены системой магнитосвязанных катушек, потери холостого хода в них не учитываются;