

2 Undervulcanization is accompanied by increased strains at a low rate due to the plastic strain still being high.

3 Optimum cure is characterized by the best combination of physical-mechanical rubber parameters, in particular maximum tensile strength resistance to ageing. The period of time III is named vulcanization plateau. However, not all vulcanizate properties have the highest parameters at stage III. Thus, the durability and crack resistance under multiple deformations reach maximum values at lower extents of cross-linking. After the optimum, the elasticity, plastic deformation and dynamic losses become maximal.

4 Overcuring is the stage at which the elasticity modulus of the rubber mixture still becomes even higher. For the majority of NRR and synthetic isoprene rubber, the extent of cross-linking, and consequently, the modulus decrease (the so-called vulcanization reverse).

The ability of rubber mixtures for vulcanizing determines specific features of their processing into goods. The vulcanization process is carried out with equipment intended for production of the corresponding products at a temperature of 140–180 °C. To obtain sheet articles, non-vulcanized textile-or fiber-reinforced plates are milled first followed by their vulcanization in heated presses.

Tubes, cores and profiles are produced by extrusion (injection) of rubber mixtures, which is followed by vulcanization in special pots. Presses with heating are used for vulcanization in molds under pressure. Thin-walled good are produced by special treatment by aqueous latex solutions coated on the surface of the mold by immersion into solution. The choice of technologic process for processing of rubber mixtures is considerably dependent on the design and purpose of mechanic rubber goods.

References

1 Riskulov, A. A. Materials Science. Textbook / A. A. Riskulov ; under the gen. ed. of professor V. A. Struk. – Uzbekistan : Navro'z, 2018.

2 Higgins, R. A. Materials for Engineers and Technicians / R. A. Higgins, W. Bolton. – 6th ed. – Routledge : Taylor & Francis Group, 2015.

УДК 629.016

ВЛИЯНИЕ ДОПУСКАЕМОГО ОТКЛОНЕНИЯ СКОРОСТИ ОТ ЗАДАННОГО ЗНАЧЕНИЯ НА ТОРМОЗНОЙ ПУТЬ ВАГОНА ПРИ ИСПЫТАНИЯХ

П. К. РУДОВ, Э. И. ГАЛАЙ, Е. Э. ГАЛАЙ, В. И. КОНОВАЛОВ
Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Безопасность движения поездов напрямую зависит от эффективности тормозов входящих в него единиц подвижного состава. При испытаниях новых вагонов проверяется длина тормозного пути на соответствие нормативным значениям. Согласно ГОСТ 33597–2015 [1] тормозной путь определяют для заданных скоростей движения от 40 км/ч до конструкционной с интервалом не более 20 км/ч. При этом допускаемое отклонение скорости непосредственно перед торможением от заданной не должно превышать $\pm 5\%$. Полученные при ходовых тормозных испытаниях значения тормозного пути одиночных вагонов с фактических скоростей движения пересчитывают на тормозной путь с заданной скорости и нулевой уклон (горизонтальный участок) из условия равенства тормозных сил, действующих на вагон в процессе торможения. Далее тормозной путь приводят к минимально допустимому давлению в тормозном цилиндре и к максимально допустимой массе (тары или брутто), а затем пересчитывают на тормозной путь вагона в составе поезда, который сравнивают с нормативными значениями, приведенными в [2, 3].

В настоящее время разработано и в МТК-524 проходит согласование Изменения № 1 к ГОСТ 33597–2015. Опасаясь, что при пересчете тормозного пути с фактической скорости на заданную скорость в случаях выполнения торможений с нижних допускаемых пределов скоростей, особенно конструкционных, будут получены неадекватные результаты, разработчики Изменения предложили более половины торможений в этой серии опытов выполнять со скоростей, превышающих конструкционную.

Тормозные пути грузовых и пассажирских вагонов определяют методом бросания. Сущность этого метода заключается в том, что при достижении заданной скорости от сцепы, состоящего из ведущего локомотива, вагона-лаборатории и испытываемого вагона, последний принудительно от-

цепляется. Производят замер тормозного пути вагона. Обеспечить броски вагона с превышением конструкционных скоростей довольно сложно, так как от момента подачи команды на отцеп вагона и до самого отцепа скорость сцепа в той или иной мере снижается. При этом превысить конструкционную скорость с запасом, гарантированно обеспечивающим бросок с превышением скорости, не всегда позволяют устройства безопасности локомотива, что приводит к значительному увеличению объема испытаний.

Также был предложен вариант, при котором допускаемое отклонение от любой заданной скорости не должно превышать $\pm 2\%$. В этом случае появляется проблема торможений с малых скоростей движения. Например, для заданной скорости 40 км/ч бросок должен быть выполнен в интервале 39,2–40,8 км/ч, а при скорости 60 км/ч – 58,8–61,2 км/ч. В силу указанных выше причин обеспечить броски в этих узких пределах также проблематично. Это приведет к увеличению числа опытов для получения необходимого количества бросков (не менее трех) в указанных пределах скоростей.

Очевидно, что пределы отклонений от заданной скорости должны быть дифференцированы. Например, для конструкционной скорости отклонения не должны превышать $\pm 2\%$, а для остальных скоростей движения можно оставить отклонения $\pm 5\%$ или также дифференцировать.

Для оценки влияния допускаемого отклонения скорости от заданного значения на тормозной путь грузового вагона проведен анализ опытных данных, полученных ИЦ ЖТ БелГУТа при ходовых тормозных испытаниях.

Для анализа была проведена выборка данных по 22 грузовым вагонам в порожнем и груженом состояниях для скоростей движения 100 и 120 км/ч, для которых пределы допускаемых скоростей согласно действующему ГОСТ составляют 95–105 и 114–126 км/ч соответственно.

При испытаниях вагонов выполнялось от трех до шести бросков с каждой из скоростей. При этом каждый вагон имеет свою индивидуальную тормозную эффективность, а разность допускаемых скоростей в интервалах составляет 10 и 12 км/ч. Поэтому для анализа целесообразно аппроксимировать полученные данные по каждой серии опытов каждого вагона и распространять ее на весь допускаемый диапазон скоростей.

Обычно график зависимости тормозного пути от скорости хорошо аппроксимируется полиномом второй степени $S = Av^2 + Bv + C$, где S – тормозной путь; v – скорость движения; A , B , C – коэффициенты уравнения регрессии. Однако при небольшом количестве опытов в узком интервале скоростей движения квадратичная аппроксимация во многих случаях имеет большую погрешность из-за естественного случайного разброса полученных опытных данных и поэтому не может быть применима.

В небольшом интервале скоростей движения линия тренда близка к линейной зависимости. После линейной аппроксимации данных каждой серии опытов по найденной зависимости $S = Av + B$ для каждой скорости в заданном диапазоне с интервалом 1 км/ч были определены тормозные пути вагона в составе поезда. Если разность длины тормозного пути при крайних значениях диапазона скоростей превышала 10 %, то эту серию опытов исключали из анализа.

На следующем этапе были определены средние значения тормозного пути по всем вагонам. Окончательные результаты расчетов приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Зависимость среднего значения тормозного пути для заданной скорости 120 км/ч от фактической скорости в допускаемом диапазоне

В метрах

Состояние вагона	Скорость движения, км/ч												
	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126
Груженный	1483	1485	1486	1487	1489	1490	1491	1493	1494	1495	1497	1498	1499
Порожний	925	925	926	926	926	926	926	927	927	927	927	927	927

Таблица 2 – Зависимость среднего значения тормозного пути для заданной скорости 100 км/ч от фактической скорости в допускаемом диапазоне

В метрах

Состояние вагона	Скорость движения, км/ч										
	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	105
Груженный	1037	1037	1038	1038	1039	1039	1040	1040	1041	1042	1042
Порожний	692	691	690	688	687	686	684	683	682	681	679

Результаты анализа показывают, что для данной выборки средняя абсолютная погрешность тормозного пути при отклонении фактической скорости от заданной скорости 120 км/ч на $\pm 5\%$ для груженого вагона составляет ± 8 м (относительная погрешность 0,5 %), а для порожнего вагона абсолютная погрешность равна ± 1 м (относительная погрешность $\pm 0,1\%$). Для заданной скорости 100 км/ч вагона средняя абсолютная погрешность составляет соответственно $\pm 2,5$ м (относительная погрешность $\pm 0,2\%$) и $\pm 6,5$ м (относительная погрешность 0,9 %). Причем тормозной путь при минимальной скорости для порожнего вагона оказался на 13 м меньше, чем при максимальной скорости диапазона.

Таким образом, при допуске отклонения фактической скорости на $\pm 5\%$ от заданной во время испытаний обеспечивается приемлемая точность определения тормозного пути.

Список литературы

1 ГОСТ 33597-2015. Тормозные системы железнодорожного подвижного состава. Методы испытаний. – Введ. 01.11.2017. – Минск : Госстандарт Респ. Беларусь; М. : Стандартиформ, 2015. – 23 с.

2 ГОСТ 34434-2018. Тормозные системы грузовых железнодорожных вагонов. Технические требования и правила расчета. – Введ. 01.01.2020. – Минск : Госстандарт Респ. Беларусь; М. : Стандартиформ, 2018. – 28 с.

3 ГОСТ 34681-2020. Вагоны пассажирские локомотивной тяги. Общие технические требования. – Введ. 01.11.2021. – Минск : Госстандарт Респ. Беларусь; М. : Стандартиформ, 2020. – 36 с.

УДК 625.033.4

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЗИНОМЕТАЛЛИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ ТЕЛЕЖЕК ЭЛЕКТРОПОЕЗДОВ

С. Л. САМОШКИН, А. А. ХОМЕНКО

АО НО «Тверской институт вагоностроения» (АО НО «ТИВ»), Российская Федерация

С. В. СПИРИДОНОВ

ООО «Завод резинометаллических изделий "ЧЕГЕТ"», г. Нальчик, Российская Федерация

Проведен комплекс испытаний резинометаллических изделий (РМИ), используемых в качестве демпфирующих элементов в конструкциях тележек электропоездов как отечественного, так и зарубежного производства.

РМИ в конструкциях тележек служат для снижения динамических нагрузок на несущие элементы тележек и кузова вагона, обеспечивая удобство для пассажиров, увеличивая сроки службы несущих конструкций вагона и, соответственно, благоприятно влияя на безопасность и надежность подвижного состава в целом. К РМИ предъявляются требования по жесткости и прочности при статическом и циклическом нагружении, сохранять свои демпфирующие свойства, в том числе твердость резины, в интервале эксплуатационных температур. Перед изготовителем РМИ – ООО «ЗРМИ "ЧЕГЕТ"» в рамках мероприятий по импортозамещению была поставлена задача разработки и изготовления определенной номенклатуры изделий тележек электропоездов, в том числе упора рамы тяговых двигателей, двух видов упоров горизонтальных различной жесткости и буфера поперечного. Были изготовлены опытные партии изделий. Для проверки их соответствия конструкторской документации было предусмотрено проведение испытаний, для чего изготовитель обратился в испытательный центр продукции вагоностроения АО НО «Тверской институт вагоностроения» (ИЦ АО НО «ТИВ»).

На первом этапе испытаний были разработаны и согласованы с изготовителем РМИ и заказчиком, владельцем конструкторской документации на тележки электропоездов, Программа и методика испытаний РМУ-00.00.000-01ПМ «Резинометаллические упоры», в которой был определен объем испытаний, место их проведения, требования к средствам испытаний, безопасности проведения и отчетности.

Общие виды и схемы нагружения этих изделий при испытаниях представлены на рисунке 1.