

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСТАТОЧНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ УПРУГИХ БЛОКОВ БОКОВЫХ СКОЛЬЗУНОВ ПОСТОЯННОГО КОНТАКТА НА УСТОЙЧИВОСТЬ ДВИЖЕНИЯ И ДИНАМИЧЕСКИЕ КАЧЕСТВА ПОЛУВАГОНА С КОМПЛЕКСНО МОДЕРНИЗИРОВАННЫМИ ТЕЛЕЖКАМИ

Проведен анализ влияния остаточных деформаций упругих блоков RB-27 в скользунах ISB-12C на устойчивость движения и динамические качества полувагонов с комплексно модернизированными тележками. Показано, что минимальная высота упругих блоков 97 мм может быть снижена до 94 мм, что существенно продлит их ресурс.

Проведено аналіз впливу залишкових деформацій пружних блоків RB-27 у ковзунах ISB-12C на стійкість руху та динамічні якості піввагона з комплексно модернізованими візками. Показано, що мінімальну висоту пружних блоків 97 мм може бути знижено до 94 мм, що значно збільшить їх ресурс.

The analysis of the effects of residual deformations of the RB-27 resilient blocks in the ISB-12C side bearings on the motion stability and the dynamic performance of the gondola cars with complex-retrofitted trucks is conducted. It is shown that the minimum remaining height of resilient blocks of 97 mm can be reduced to 94 mm, resulting in increasing of their life substantially.

В настоящее время широко проводится предложенная Институтом технической механики НАН Украины и НКА Украины комплексная модернизация тележек модели 18-100 грузовых вагонов парка железнодорожного подвижного состава Украины [1]. Эта модернизация заключается в использовании трех устройств компании А. Стаки (разработка США) и в замене стандартного профиля колес износостойким профилем ИТМ-73 (разработка ИТМ). На сегодняшний день комплексно модернизированными тележками оборудовано более 10 тысяч вагонов.

Одним из элементов модернизации является боковой упруго-катковый скользящий постоянный контакт модели ISB-12C с полиуретановыми блоками RB-27 производства компании А. Стаки. Особенностью полиуретановых элементов является накопление остаточных деформаций, в связи с чем высота блоков в свободном состоянии при эксплуатации постепенно снижается. Новые блоки RB-27 в свободном состоянии имеют высоту 101 мм, а ее минимально допустимое значение (по рекомендации фирмы-производителя для условий железных дорог США) составляет 97 мм, при условии выдержки упругих элементов перед измерением высоты не менее одного часа при температуре не менее +10°C. Во время дефовских осмотров находящихся в эксплуатации в Украине вагонов с комплексно модернизированными тележками был обнаружен ряд упруго-катковых скользунов с неповрежденными блоками, имеющими остаточную высоту меньше минимально допустимого значения. Эти блоки были изъяты из эксплуатации. При этом некоторые из них со временем восстанавливались до требуемых размеров, а некоторые действительно имели необратимую потерю высоты вследствие накопления деформаций.

Представляет интерес оценка влияния остаточной высоты упругих блоков в скользунах на устойчивость движения и динамические качества грузовых вагонов с комплексно модернизированными тележками. При выполнении данного исследования рассматривались новые блоки RB-27 (высотой 101 мм) и блоки из числа изъятых из эксплуатации в Украине и имеющих

различную степень остаточной деформации. Для расчетов были отобраны и аппроксимированы характеристики скользунов, включающих упругие блоки высотой $H_{bl} = 96$ мм; 94,6 мм; 92 мм; 90 мм. Примеры характеристик вертикальной нагрузки и продольной силы трения в скользуне приведены на рис. 1.

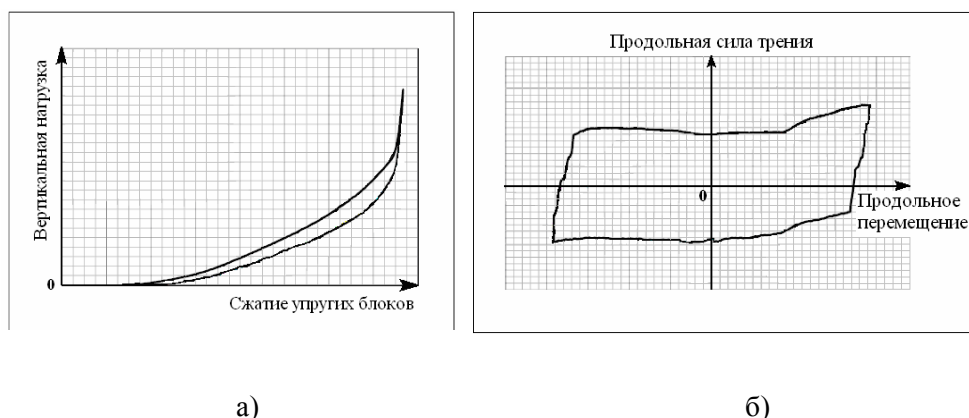


Рис. 1

В настоящей работе приведены результаты расчетов устойчивости движения и показателей динамических качеств порожних и груженных до полной грузоподъемности полувагонов с комплексно модернизированными тележками и профилем колес ИТМ-73, а также для сравнения – полувагонов с типовыми тележками модели 18-100 и стандартным профилем колес (далее полувагон-эталон). Рассматривались неизношенные колеса с толщиной гребня 33 мм и изношенные до толщины гребня 29 мм (далее среднеизношенные колеса). При определении динамических качеств вагонов задавались также неизношенные и изношенные в результате эксплуатации рельсы Р65. Профилограммы изношенных рельсов, с вертикальным износом 4,5 мм и боковым 0,4 мм, были получены на прямом участке Приднепровской железной дороги, где скорости движения поездов преимущественно выше 60 км/ч.

На рис. 2 приведены зависимости критической скорости $V_{кр}$ порожних (рис. 2а) и груженных (рис. 2б) полувагонов с комплексно модернизированными тележками от высоты H_{bl} упругих блоков RB-27 в скользунах ISB-12С. Здесь же нанесены значения $V_{кр}$ для полувагонов-эталонов. Верхние линии получены для экипажей с неизношенными колесами, нижние – для экипажей со среднеизношенными колесами. Как видно, по мере усадки упругих блоков от номинальной высоты 101 мм до 90 мм критическая скорость движения полувагонов с комплексно модернизированными тележками снижается: порожних вагонов с неизношенными колесами – со 120 до 90 км/ч, со среднеизношенными колесами – со 110 до 80 км/ч, груженных вагонов – со 130 до 110 км/ч и со 120 до 90 км/ч соответственно. Следует отметить, что в худшем из рассматриваемых случаев (деформация упругих блоков до остаточной высоты 90 мм и среднеизношенные колеса) устойчивость движения порожнего и груженого полувагонов с комплексно модернизированными тележками не хуже, чем полувагонов-эталонов с изношенными до такой же толщины гребня колесами.

При остаточной деформации упругих блоков в скользунах до высоты 94 мм $V_{кр}$ полувагонов с комплексно модернизированными тележками снижается всего на 10 км/ч: порожних вагонов с неизношенными колесами – со 120 до 110 км/ч, со среднеизношенными колесами – со 110 до 100 км/ч; груженых вагонов – соответственно со 130 до 120 км/ч и со 120 до 110 км/ч. Учитывая ограничения по скорости, действующие в настоящее время на отечественных железных дорогах (70 км/ч для порожних грузовых вагонов и 90 км/ч для груженых), можно заключить, что по критерию критической скорости допустимая минимальная высота упругих блоков 97 мм может быть снижена до 94 мм, что существенно продлит их ресурс.

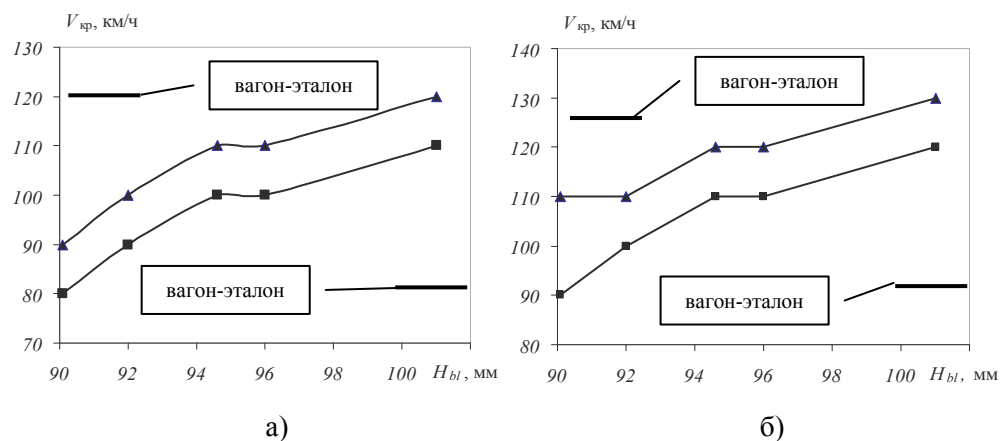
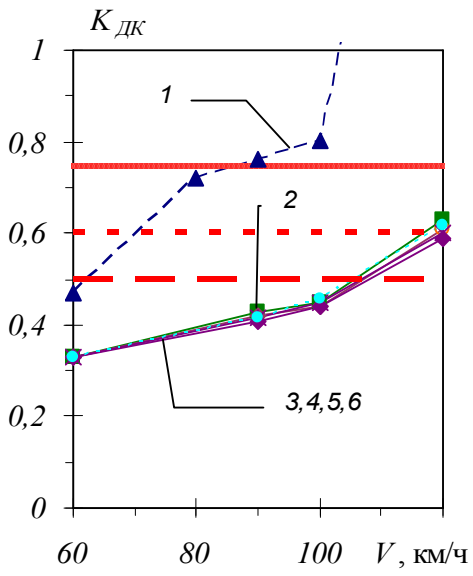
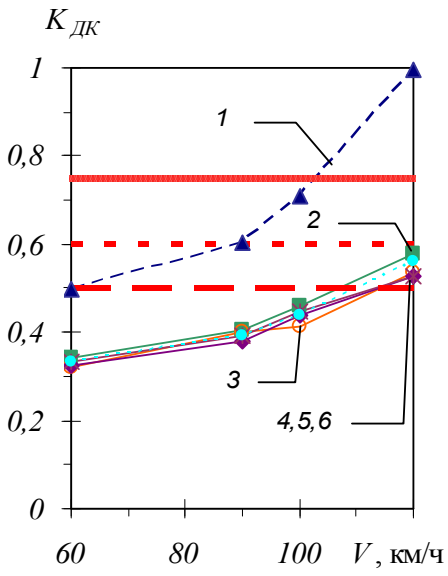
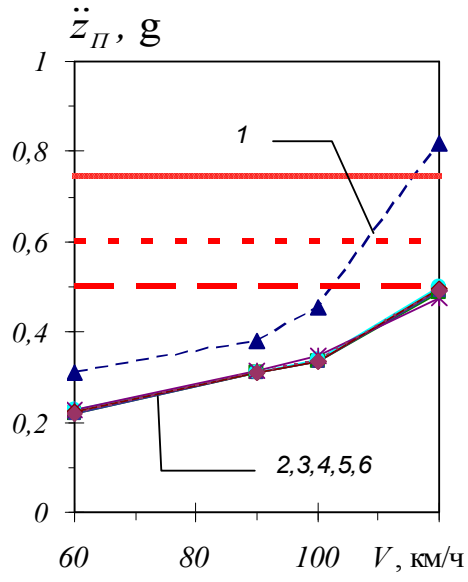
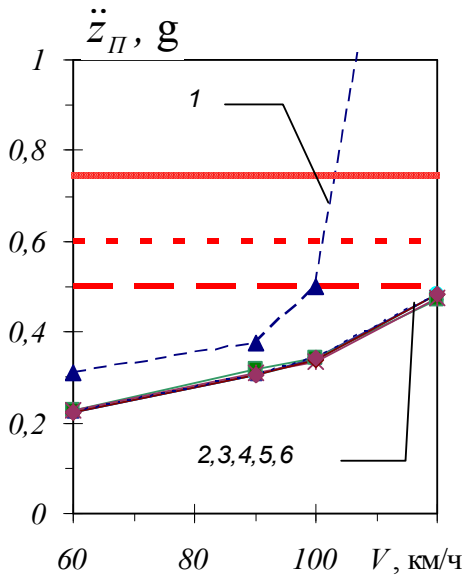


Рис. 2

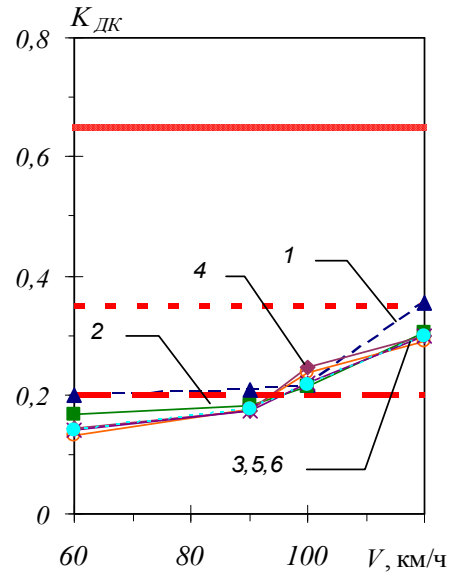
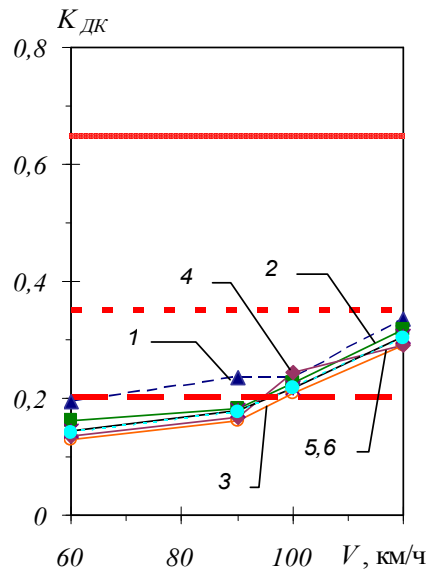
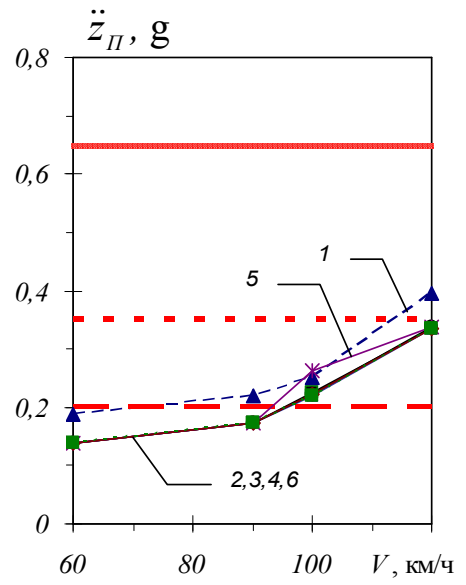
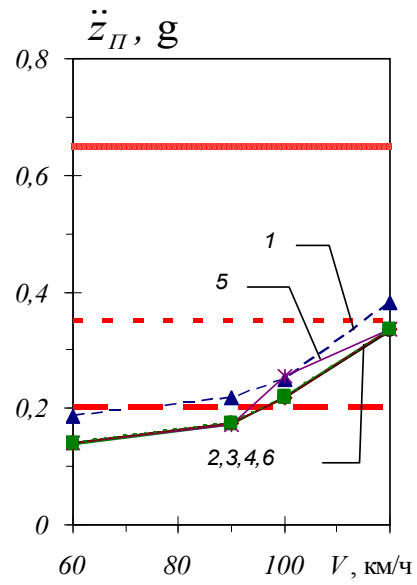
Проанализируем влияние остаточных деформаций упругих блоков на динамические качества полувагонов с комплексно модернизированными тележками. На рис. 3 – 6 показаны зависимости от скорости движения V следующих нормируемых динамических показателей рассматриваемых экипажей: вертикальных ускорений пятников кузова \ddot{z}_{II} и коэффициентов вертикальной динамики кузова $K_{ДК}$ (рис. 3, 4), горизонтальных поперечных ускорений пятников кузова \ddot{y}_{II} и рамных сил H_p в долях статической нагрузки P_0 (рис. 5, 6). Результаты получены при расчетах движения порожних (рис. 3, 5) и груженых (рис. 4, 6) вагонов для случаев неизношенной (столбцы а) либо изношенной (столбцы б) контактной пары колесо – рельс. Сплошными горизонтальными линиями без маркеров нанесены допустимые значения динамических показателей, пунктирными и штриховыми – допустимые значения для «хорошего» и «отличного» хода вагонов соответственно. Кривым зависимостей от скорости движения присвоены номера: 1 – для полувагона-эталона, 2 – для полувагона с комплексно модернизированными тележками и высотой упругих блоков в скользунах $H_{bl} = 101$ мм (новые блоки), 3 – 6 – для полувагонов с H_{bl} соответственно 90; 92; 94,6; 96 мм.



а)

б)

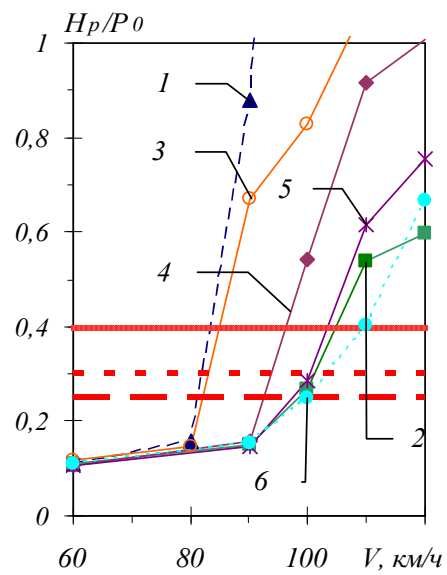
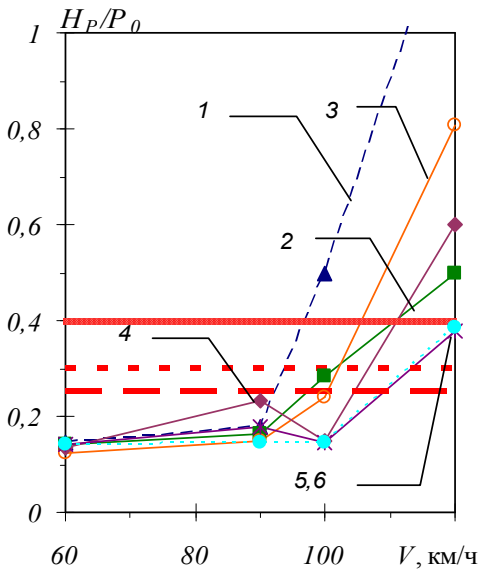
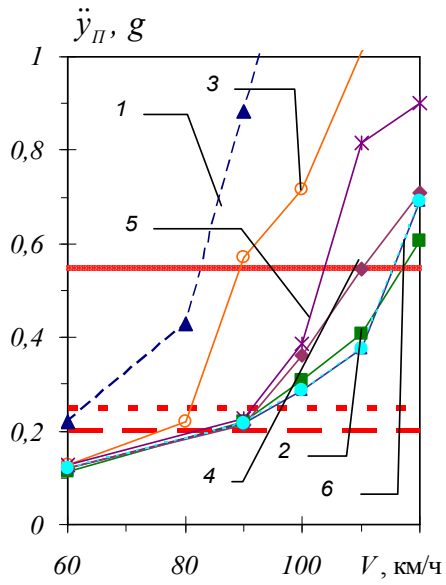
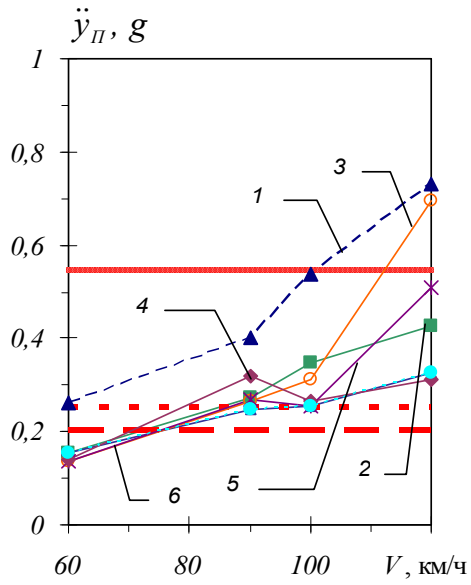
Рис. 3



а)

б)

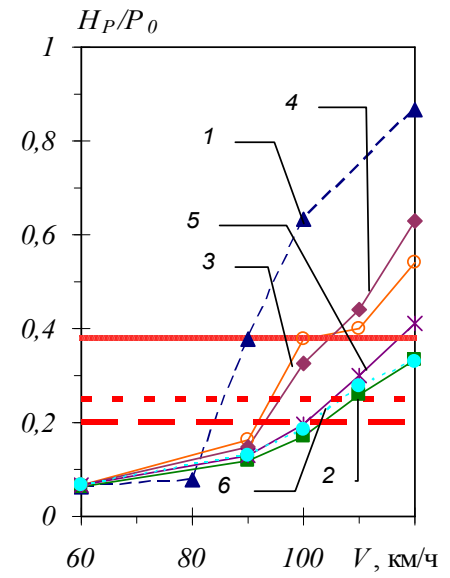
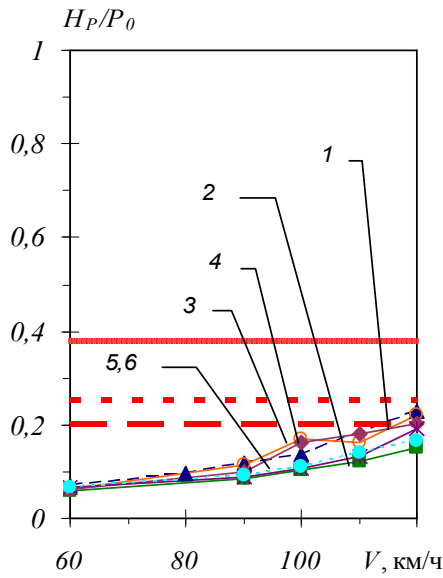
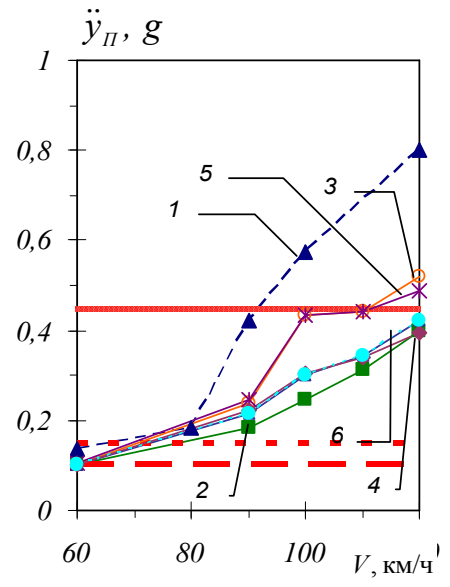
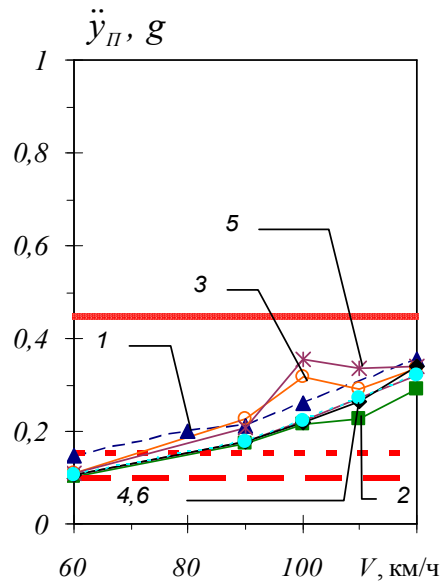
Рис. 4



а)

б)

Рис. 5



а)

б)

Рис. 6

Как видно из представленных иллюстраций, динамические показатели полувагонов с комплексно модернизированными тележками в вертикальном направлении практически не зависят от остаточных деформаций упругих блоков боковых скользунов. Кроме того, при обоих рассмотренных состояниях пары колесо – рельс эти показатели порожних полувагонов (рис. 3) значительно ниже соответствующих характеристик полувагона-эталона во всем расчетном диапазоне скоростей движения. Так, вертикальные ускорения пятников кузова \ddot{z}_{Π} меньше в 1,2 – 1,7 раза при неизношенной контактной паре и в 1,2 – 4 раза при изношенной, а коэффициенты вертикальной динамики кузова $K_{ДК}$ – соответственно в 1,5 – 1,9 раза и в 1,4 – 3,4 раза. Ускорения \ddot{z}_{Π} порожних полувагонов с модернизированными тележками не превышают допустимых значений для «отличного» хода, а \ddot{z}_{Π} типового вагона становятся выше этого уровня после достижения скорости 100 км/ч и если пара колесо – рельс изношена, то и уровня допустимых значений. Коэффициенты $K_{ДК}$ полувагонов с комплексно модернизированными тележками не превышают уровня допустимых значений для «хорошего» хода в рассмотренном диапазоне скоростей движения и при скоростях до 100 км/ч включительно остаются ниже уровня для «отличного» хода вагона. Данный показатель вагона-эталона при скоростях, больших 60 км/ч, выше допустимого значения для «отличного» хода. При этом, если колеса и рельсы неизношены, то $K_{ДК}$ превышает уровень допустимых значений при $V > 100$ км/ч, а при изношенных колесах и рельсах – если $V > 80$ км/ч.

В случае сильной усадки блоков $H_{bl} \leq 92$ мм показатели динамики в вертикальном направлении груженых полувагонов с комплексно модернизированными тележками незначительно превышают соответствующие характеристики вагона-эталона (рис. 4); при остальных значениях H_{bl} эти показатели ниже, чем у вагона-эталона. Во всем расчетном диапазоне скоростей движения величины \ddot{z}_{Π} и $K_{ДК}$ полувагонов с модернизированными тележками меньше допустимых значений для «хорошего» хода, а при $V \leq 90$ км/ч – и уровня допустимых значений для «отличного» хода. Аналогичные показатели серийного полувагона становятся выше допустимого значения для «отличного» хода при достижении скорости 90 км/ч, а уровня допустимых значений для «хорошего» хода – при $V = 120$ км/ч.

Динамические показатели вагонов в горизонтальном направлении существенно зависят от величины остаточных деформаций упругих блоков (рис. 5, 6). При этом наибольшее влияние уменьшения высоты H_{bl} проявляется в случаях, когда колеса вагонов и рельсы изношены, так как при этом понижается критическая скорость. Анализ результатов, полученных для порожних полувагонов (рис. 5), показывает, что снижение H_{bl} до 92 – 90 мм недопустимо, потому что существенно ухудшаются динамические качества рассматриваемых экипажей. Так, например, если $H_{bl} = 94$ мм, то рамные силы H_p полувагона с изношенными колесами, движущегося со скоростью 100 км/ч по изношенным рельсам, не превышают допустимого значения для «хорошего» хода. При дальнейшем снижении высоты блоков показатель H_p

для данной скорости движения резко возрастает и становится значительно больше своего допустимого значения. Изменение H_{bl} в диапазоне 101–94 мм влияет не столь заметно.

Для рассмотренных высот H_{bl} горизонтальные динамические показатели порожних полувагонов с комплексно модернизированными тележками изредка превышают соответствующие характеристики полувагона-эталона (рис. 5) при сильной усадке блоков $H_{bl} \leq 92$ мм. В остальных случаях эти показатели ниже чем вагона-эталона. Например, если колеса и рельсы неизношенные, то горизонтальные поперечные ускорения пятников кузова \ddot{y}_{II} оказываются меньше в 1,1–2,3 раза, при изношенной контактной паре – в основном в 2 и более раз. При скоростях движения до 120 км/ч ускорения \ddot{y}_{II} вагонов с комплексно модернизированными тележками в случае неизношенных колес и рельсов заметно ниже допустимого значения, а в случае изношенных – при V до 100 км/ч (если $H_{bl} = 90$ мм, то до 90 км/ч). Ускорения \ddot{y}_{II} вагона-эталона при неизношенных колесах и рельсах превышают уровень допустимых значений при $V > 100$ км/ч, а при изношенных – если $V > 80$ км/ч.

При малых скоростях движения (до 80 км/ч) рамные силы H_p полувагона с комплексно модернизированными тележками и типового полувагона в обоих рассмотренных случаях контактных пар колесо – рельс близки и не превышают допустимого значения для «отличного» хода. При более высоких скоростях движения показатель H_p вагона-эталона становится существенно выше, чем H_p вагонов с модернизированными тележками и разными высотами блоков, и больше допустимого значения. Рамные силы полувагонов с модернизированными тележками начинают превышать уровень допустимых значений при достижении скорости 100–110 км/ч в зависимости от высоты упругих блоков.

Вывод о нежелательности снижения остаточной высоты блоков до 92–90 мм подтверждается при анализе результатов, полученных для груженых полувагонов (рис. 6). В случаях уменьшения H_{bl} от 101 до 94 мм динамические качества рассматриваемых экипажей в горизонтальной плоскости ухудшаются несущественно.

Если колеса и рельсы неизношенные, то поперечные ускорения пятников \ddot{y}_{II} всех рассмотренных груженых экипажей, включая эталон, заметно ниже уровня допустимых значений в заданном диапазоне скоростей V , а рамные силы H_p до $V = 120$ км/ч меньше допустимого значения для «отличного» хода. Если в расчетах задается изношенная контактная пара колесо – рельс, то после превышения скорости 80 км/ч показатели горизонтальной динамики вагона-эталона резко возрастают и при $V > 90$ км/ч становятся больше допустимых значений. В то же время аналогичные характеристики полувагонов с комплексно модернизированными тележками в зависимости от высоты упругих блоков не превышают уровня допустимых значений до скоростей 100–120 км/ч.

Таким образом, динамические качества полувагона с комплексно модернизированными тележками и упруго-катковыми скользунками ISB-12C при снижении в эксплуатации высоты полиуретановых блоков RB-27 со 101 мм до 90 мм включительно остаются не хуже динамических качеств типового полувагона. Нижним допустимым пределом высоты упругих блоков H_{bl} , при котором сохраняются хорошие динамические и эксплуатационные качества вагонов в диапазоне рабочих скоростей движения, является 94 мм. Дальнейшее уменьшение высоты блоков приведет к снижению способности скользунков гасить боковые колебания, по уровню динамических показателей вагон приблизится к вагону-эталону с немодернизированными тележками модели 18-100 и может эксплуатироваться с такими же скоростями, как и стандартные вагоны.

1. Інструкція з деповського ремонту та експлуатації візків вантажних вагонів моделі 18-100, модернізованих з встановленням елементів компанії "A.STUCKI" та колісних пар з нелінійним профілем коліс ПМ-73 : ЦВ-9983. – Київ : Укрзалізниця, 2006. – 30 с. – (Нормативний документ Укрзалізниці. Інструкція).

Институт технической механики
НАН Украины и НКА Украины,
Днепропетровск

Получено 09.02.09,
в окончательном варианте 22.09.09