

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ДИАМЕТРОВ ПЯТНИКА И ПОДПЯТНИКА ГРУЗОВОГО ВАГОНА НА ЕГО ДИНАМИЧЕСКИЕ КАЧЕСТВА ПРИ ДВИЖЕНИИ В КРИВОЛИНЕЙНЫХ УЧАСТКАХ ПУТИ

В статье проведена оценка влияния увеличения диаметров пятника и подпятника грузового вагона на его динамические качества при движении в криволинейных участках пути. В течение последних десятилетий в Украине интенсивно ведутся работы по совершенствованию отдельных узлов и элементов тележек модели 18-100, однако большинство модернизаций направлены, в основном, лишь на улучшение нормируемых показателей динамических качеств вагона. Цель данной статьи заключается в изучении возможности уменьшения ненормируемого угла боковой качки кузова вагона относительно наддресорной балки за счет изменения диаметров пятника и подпятника грузового вагона. Данная цель достигается путем применения статистических методов исследования с использованием компьютерного моделирования. По результатам исследования сделаны выводы, что изменение диаметров пятника и подпятника не влияет на нормируемые показатели динамических качеств вагонов, оборудованных как стандартными, так и комплексно модернизированными тележками, при их движении в криволинейных участках пути. Также увеличение диаметра пятника с 300 до 500 мм незначительно влияет на угол боковой качки кузова вагона со стандартными тележками при движении в криволинейных участках пути радиусом 200 – 400 м. Угол боковой качки кузовов вагонов, оборудованных комплексно модернизированными тележками с разными моделями скользунів, мало зависит от величины диаметра пятников при вписывании в криволинейные участки малого радиуса (200 м), при этом при движении вагонов, оборудованных модернизированными тележками, со скоростями выше 60 км/ч в криволинейных участках радиусом 300, 400 м угол боковой качки кузова уменьшается в среднем на 15 – 20 %. Результаты исследования показывают эффективность изменения диаметров пятника и подпятника. Данное исследование представляет ценность для предприятий железнодорожного транспорта и в первую очередь для Укрзалізничці, так как уменьшение угла боковой качки вагона приводит к повышению безопасности движения вагона.

У статті проведено оцінку впливу збільшення діаметрів п'ятника і підп'ятника вантажного вагона на його динамічні якості при русі в криволінійних ділянках колії. Протягом останніх десятиліть в Україні інтенсивно ведуться роботи з удосконалення окремих вузлів та елементів візків моделі 18-100, однак більшість модернізацій спрямовані, в основному, лише на поліпшення нормованих показників динамічних якостей вагона. Мета даної статті полягає у вивченні можливості зменшення ненормованого кута бічної качки кузова вагона відносно наддресорної балки за рахунок зміни діаметрів п'ятника і підп'ятника вантажного вагона. Дана мета досягається шляхом застосування статистичних методів дослідження з використанням комп'ютерного моделювання. За результатами дослідження були зроблені висновки, що зміна діаметрів п'ятника і підп'ятника не впливає на нормовані показники динамічних якостей вагонів, обладнаних як стандартними, так і комплексно модернізованими візками, при їх русі в криволінійних ділянках колії. Також збільшення діаметра п'ятника з 300 до 500 мм несуттєво впливає на кут бічної качки кузова вагона зі стандартними візками при русі в криволінійних ділянках колії радіусом 200 – 400 м. Кут бічної качки кузова вагонів, обладнаних комплексно модернізованими візками з різними моделями ковзунів, мало залежить від величини діаметра п'ятника при вписуванні в криволінійні ділянки малого радіуса (200 м), при цьому при русі вагонів, обладнаних модернізованими візками, зі швидкостями вище 60 км/год в криволінійних ділянках радіусом 300, 400 м кут бічної качки кузова зменшується в середньому на 15 – 20 %. Результати дослідження показують ефективність зміни діаметрів п'ятника і підп'ятника. Дане дослідження представляє цінність для підприємств залізничного транспорту і в першу чергу для Укрзалізничці, тому що зменшення кута бічної качки вагона приводить до підвищення безпеки руху вагона.

The paper focuses on evaluation of the effects of increased diameters of the center plate and center bowl of the freight car running on curves on its dynamic qualities. During the last decades the research in improvements of some units and elements of the 18-100 type bogies was carried out very actively in Ukraine. However, most upgrades were aimed mainly at improving only the normalized indexes of dynamic qualities of the car. The purpose of this paper is to examine the possibility of reducing a nonnormalized angle of rolling the car body relative to the bolster by changing the diameter of the center plate and center bowl of the freight car. This objective is achieved by applying statistical methods of the research using a computer simulation. From the results of the study it was concluded that a change in diameters of the center plate and center bowl does not affect the regulated parameters of the dynamic qualities of the cars equipped with both standard and comprehensively retrofitted bogies running on curves. Also, an increase in the diameter of the center plate from 300mm to 500 mm has a little impact on the rolling angle of the car body with standard bogies running on curves of 200-400 m radius. The rolling angle of the car body equipped with comprehensively retrofitted bogies with different models of slides is little dependent on the diameter of center plates on curves of small radius (200 m). In so doing the rolling angle of the body is reduced, on average, by 15-20% for running the cars equipped with retrofitted bogies at a speed over 60 km/h on curves of 300-400 m radius. The research results show the effectiveness of changed diameters of center plates and center bowls. The research is valuable for railway transport and primarily for Ukrzaliznytsya as reduction of the rolling angle of the car results in an improved safety of the car

Одним из основных направлений улучшения конструкции ходовых частей для грузовых вагонов, по которому в течение последних десятилетий в Украине интенсивно ведутся работы, является совершенствование отдельных узлов и элементов тележек модели 18-100.

Так, на основании теоретических и экспериментальных исследований Институтом технической механики Национальной академии наук Украины и Государственного космического агентства Украины (ИТМ НАНУ и ГКАУ) совместно с компанией «А. Стаки» (США) была разработана и предложена комплексная модернизация тележек грузовых вагонов модели 18-100 (проект С03.04), которая включает [1]: замену стандартных жестких скользунов с зазорами упругодиссипативными скользунами постоянного контакта для повышения степени связанности тележек с кузовом; установку клиньев из высокопрочного чугуна и замену фрикционных планок износостойкими планками для существенного уменьшения износа клиновой системы демпфирования колебаний (что позволяет значительно увеличить ресурс ее элементов); укладку в подпятнике полимерной прокладки, предназначенной для улучшения работы пятникового узла; использование вместо стандартного профиля колес специально разработанного в ИТМ НАНУ и ГКАУ нового износостойкого профиля обода колес ИТМ-73 для уменьшения интенсивности износа колес и рельсов и облегчения вписывания вагонов в криволинейные участки пути.

Данная работа является продолжением ранее проводимого исследования по оценке влияния изменения диаметра пятника на показатели динамических качеств грузового вагона при его движении с различными скоростями в прямых участках пути хорошего состояния. Было установлено, что увеличение диаметра пятника вагона незначительно улучшает нормируемые показатели его динамических качеств и вместе с тем положительно влияет на изменение ненормируемого угла боковой качки вагона, способствуя его уменьшению [2].

Для моделирования движения грузового вагона в криволинейных участках пути использовался программный комплекс «Универсальный механизм». Модель грузового вагона представлена в виде механической системы, состоящей из 23 твердых тел (кузова, двух надрессорных балок, четырех боковых рам, четырех скользунов, четырех колесных пар и восьми клиньев), соединенных упругодиссипативными элементами.

Исследовались колебания порожних вагонов, оборудованных стандартными тележками модели 18-100 и комплексно модернизированными тележками со скользунами постоянного контакта моделей PLP-5600 и ISB-12C (RB27), при движении экипажей со скоростями 40 и 60 км/ч в S-образной кривой радиусом 200 м и со скоростями 60, 80 и 100 км/ч в S-образных кривых радиусом 300 и 400 м. В расчетах задавались значения диаметра пятника: 300, 350, 400, 450 и 500 мм. Рассматривались вагоны с сильноизношенными профилями колес (толщины гребней 27 мм). Анализировались максимальные значения нормируемых показателей динамических качеств вагонов: вертикальные \ddot{z}_n и горизонтальные \ddot{y}_n ускорения пятника в долях g; рамные силы H_p в долях осевой нагрузки P_0 ; коэффициент вертикальной динамики кузова $K_{ДК}$, а также ненормируемый угол боковой качки θ кузова вагона относительно надрессорной балки тележки.

Как показали результаты расчетов, изменение диаметра пятника в указанных пределах незначительно влияет на нормируемые показатели динамических качеств вагонов и в случаях их движения в криволинейных участках пути.

Для примера на рис. 1 – 4 приведены зависимости нормированных показателей динамических качеств порожних экипажей от диаметра пятника d при движении вагона в криволинейных участках пути радиусом 200 м. Показатели $K_{ДК}$ вагонов при их движении со скоростью 40 и 60 км/ч показаны на рис. 1,а, 1,б; H_p/P_0 – на рис. 2,а, 2,б; \ddot{y}_{II} – на рис. 3,а, 3,б; \ddot{z}_{II} – на рис. 4,а, 4,б соответственно. Как видим, увеличение диаметра пятника с 300 мм до 500 мм как у вагонов с модернизированными тележками, так и у вагонов со стандартными тележками модели 18-100 не оказывает значительного влияния на показатели динамических качеств.

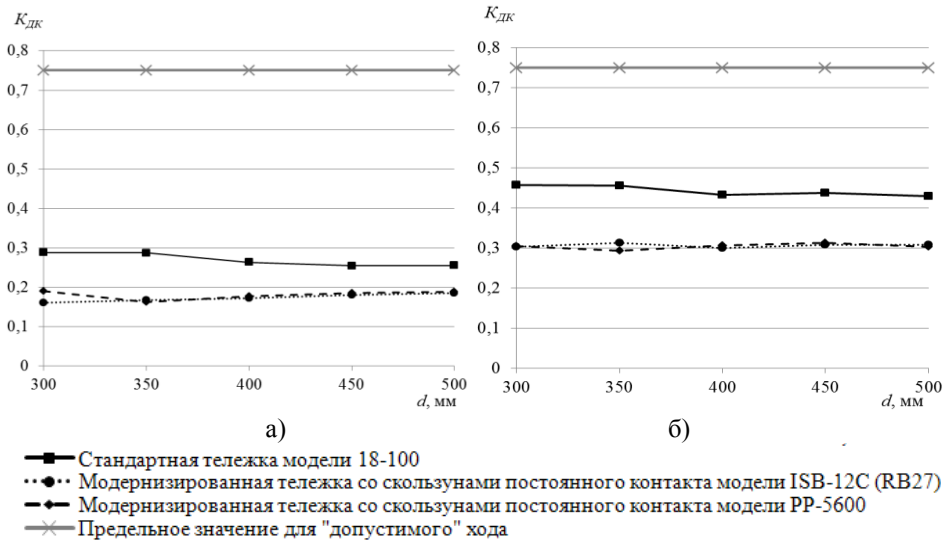


Рис. 1 – Зависимости от диаметра пятника коэффициента вертикальной динамики кузова порожних экипажей при их движении в криволинейных участках пути радиусом 200 м

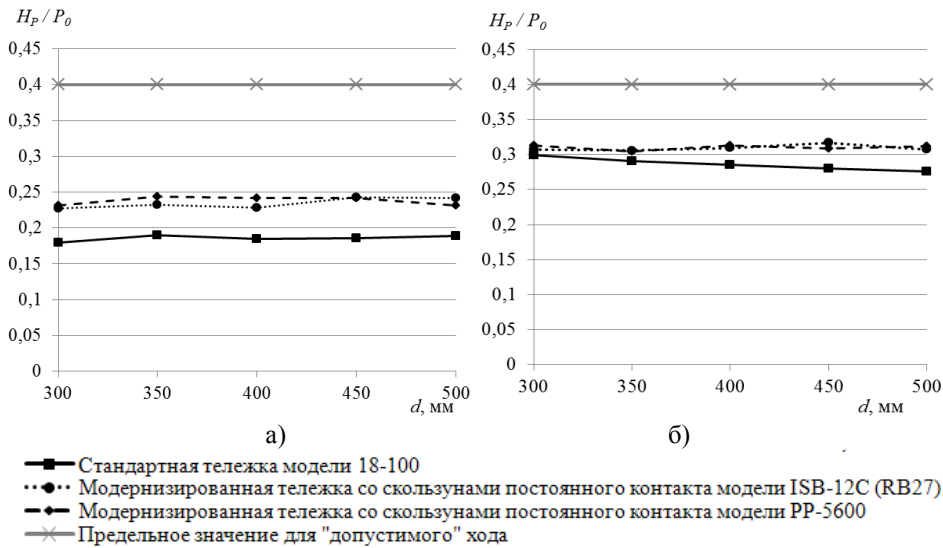
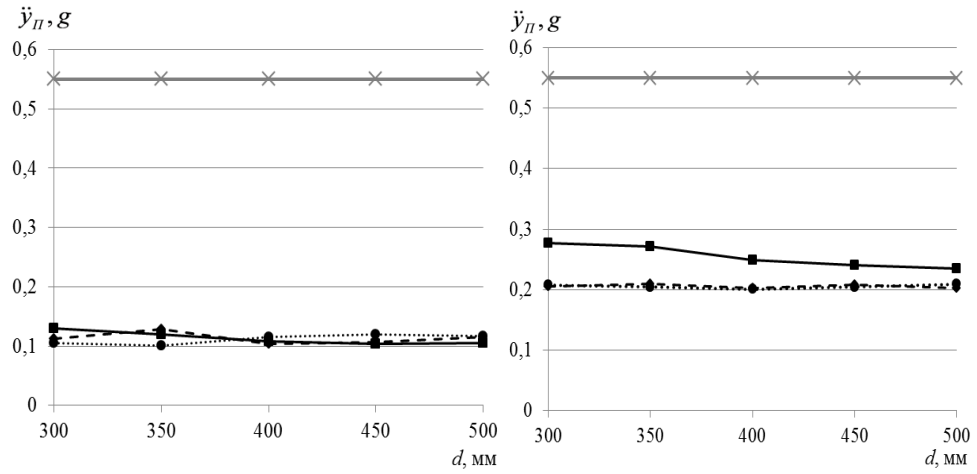


Рис. 2 – Зависимости от диаметра пятника рамной силы в долях осевой нагрузки порожних экипажей при их движении в криволинейных участках пути радиусом 200 м

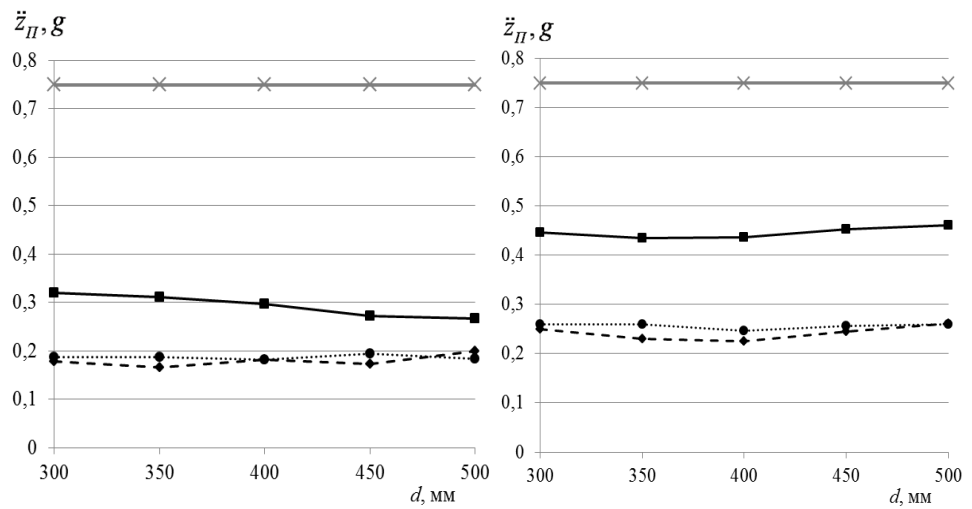


а)

б)

- Стандартная тележка модели 18-100
- Модернизированная тележка со скользящими постоянными контактами модели ISB-12C (RB27)
- ◆◆◆ Модернизированная тележка со скользящими постоянными контактами модели PP-5600
- ××××× Предельное значение для "допустимого" хода

Рис. 3 – Зависимости от диаметра пятника горизонтальных ускорений пятника в долях g порожних экипажей при их движении в криволинейных участках пути радиусом 200 м



а)

б)

- Стандартная тележка модели 18-100
- Модернизированная тележка со скользящими постоянными контактами модели ISB-12C (RB27)
- ◆◆◆ Модернизированная тележка со скользящими постоянными контактами модели PP-5600
- ××××× Предельное значение для "допустимого" хода

Рис. 4 – Зависимости от диаметра пятника вертикальных ускорений пятника в долях g порожних экипажей при их движении в криволинейных участках пути радиусом 200 м

Оценено влияние изменения диаметра пятника на угол боковой качки θ кузова вагона относительно наддрессорной балки тележки.

На рис. 5 показаны зависимости максимальных значений угла θ при движении вагонов в криволинейных участках пути радиусом 200 м со скоростями 40 (рис. 5,а) и 60 км/ч (рис. 5,б). Из анализа графиков получено, что угол боковой качки кузова вагонов при варьировании диаметра подпятника изменяется незначительно.

Так, при скорости движения 40 км/ч угол боковой качки остается практически неизменным, а при скорости 60 км/ч уменьшается при увеличении диаметра до 500 мм в среднем на 5 – 10 %.

На рис. 6 приведены аналогичные зависимости угла θ при движении вагонов в криволинейных участках пути радиусом 300 м со скоростями 60 (рис. 6,а), 80 (рис. 6,б) и 100 км/ч (рис. 6,в).

Как видим, при скоростях движения вагонов 60 – 80 км/ч влияние изменения диаметра пятника на показатель θ незначительное: угол боковой качки уменьшается в среднем на 5 – 10 %. С ростом скорости движения до 100 км/ч уменьшение угла боковой качки кузова за счет увеличения диаметра пятника с 300 до 500 мм более существенное и составляет 10 – 15 %. Следует отметить, что при аналогичных условиях движения вагона, оборудованного стандартными тележками модели 18-100, увеличение диаметра пятника практически не влияет на угол боковой качки кузова.

Это связано с применением в данном вагоне жестких скользунов с зазорами, которые при вписывании экипажа в криволинейные участки пути полностью выбираются, и угол θ при движении вагона со скоростями 60 – 80 км/ч остается практически неизменным независимо от скорости и диаметра пятника d (см. рис. 6,а, 6,б). В случаях повышенных скоростей движения вагона (при значительном центробежном ускорении) опирание кузова на подпятник осуществляется через кромку пятника с отрывом его контактной плоскости от подпятника, что может привести к значительному увеличению угла боковой качки θ (рис. 6,в). Такая ситуация является весьма опасной и может привести к сходу состава с рельсов.

В модернизированных тележках упругие блоки скользунов постоянного контакта имеют рабочий ход (максимальная величина сжатия упругих элементов), что позволяет в зависимости от уровня центробежной силы изменяться углу θ при вписывании вагона в криволинейные участки пути. Поскольку рабочий ход у скользунов PLP-5600 15 мм, а у скользунов ISB-12C (RB27) – 8 мм, то и угол боковой качки θ может быть существенно больше у вагонов, оборудованных модернизированными тележками со скользунами PLP-5600 (см. рис. 6,в).

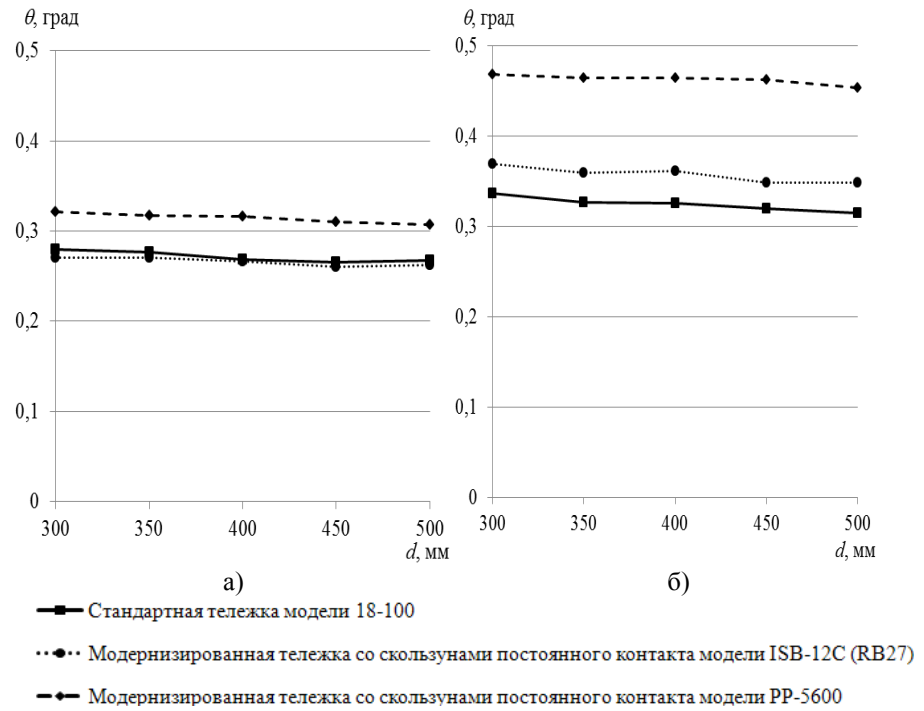


Рис. 5 – Зависимости от диаметра пятника угла боковой качки порожних экипажей при движении в криволинейных участках пути радиусом 200 м

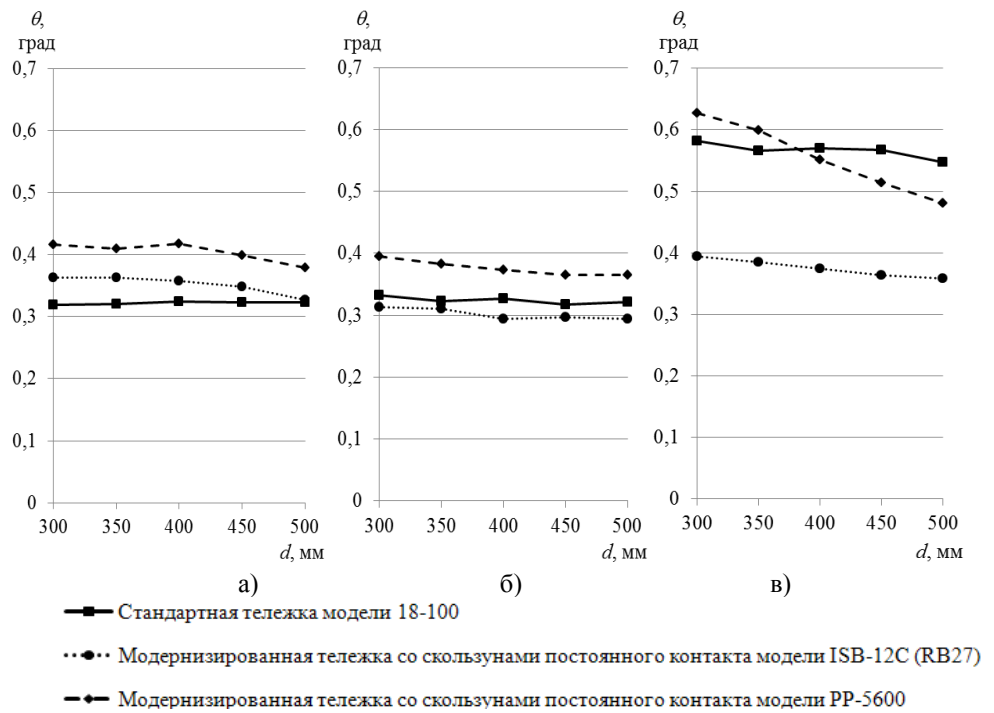


Рис. 6 – Зависимости от диаметра пятника угла боковой качки порожних экипажей при движении в криволинейных участках пути радиусом 300 м

На рис. 7 показаны зависимости угла θ от величины параметра d при движении вагонов в криволинейных участках пути радиусом 400 м со скоростями 60 (рис. 7,а), 80 (рис. 7,б) и 100 км/ч (рис. 7,в).

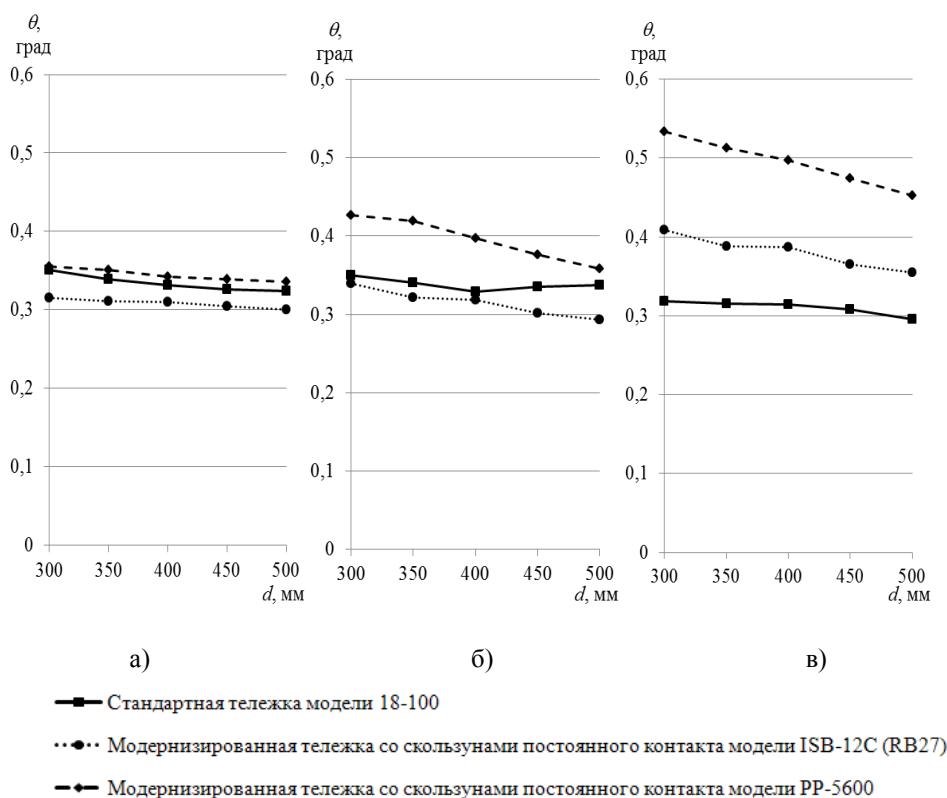


Рис. 7 – Зависимости от диаметра пятника угла боковой качки порожних экипажей при движении в криволинейных участках пути радиусом 400 м

Как видно из графиков, угол боковой качки кузова вагона, оборудованного стандартными тележками, остается практически неизменным при всех рассмотренных скоростях его движения (т. е. отрыв контактной плоскости пятника от подпятника не наблюдается). Угол боковой качки вагонов, оборудованных модернизированными тележками со скользунками постоянного контакта, уменьшается с увеличением диаметра пятника. При этом с ростом скорости движения вагонов влияние изменения диаметра на угол боковой качки θ несколько возрастает. Так, при движении вагонов со скоростями 80, 100 км/ч угол θ снижается в среднем на 15 %, 20 % соответственно.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

- изменение диаметров пятника и подпятника не влияет на нормируемые показатели динамических качеств вагонов, оборудованных как стандартными, так и комплексно модернизированными тележками, при их движении в криволинейных участках пути;

- увеличение диаметра пятников с 300 до 500 мм незначительно влияет на угол боковой качки кузова вагона со стандартными тележками при движе-

нии с различными скоростями в криволинейных участках пути радиусом 200 – 400 м;

– угол боковой качки кузова вагонов, оборудованных комплексно модернизированными тележками с разными моделями скользунов, незначительно зависит от величины диаметра пятников при вписывании в криволинейные участки малого радиуса (200 м);

– при движении вагонов, оборудованных модернизированными тележками, со скоростями выше 60 км/ч в криволинейных участках радиусом 300, 400 м угол боковой качки кузова уменьшается в среднем на 15 – 20 %.

1. Комплексная модернизация ходовых частей грузовых вагонов / В. Ф. Ушкалов, Т. Ф. Мокрый, И. Ю. Мальшева, И. А. Мащенко, С. С. Пасичник // Вагонный парк. – 2007. – № 2. – С. 18 – 22.
2. Ушкалов В. Ф. Исследование влияния увеличения диаметров пятников и подпятников грузового вагона на его динамические качества / В. Ф. Ушкалов, Т. Ф. Мокрый, Д. О. Резник // Техническая механика. – № 4. – 2012. – С. 3 – 7.

Институт технической механики
НАН Украины и ГКА Украины,
Днепропетровск

Получено 25.11.13,
в окончательном варианте 06.03.14