

## ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФОРМЫ ПРОФИЛЕЙ КОЛЕС В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ КАЧЕСТВА ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ И ПОКАЗАТЕЛИ ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С РЕЛЬСОВЫМ ПУТЕМ

*Институт технической механики*

*Национальной академии наук Украины и Государственного космического агентства Украины,  
ул. Лешко-Попеля, 15, 49005, Днепр, Украина; e-mail: Mokrii.T.F@nas.gov.ua*

Цель работы заключается в исследовании влияния изменения формы профилей колес в процессе эксплуатации на динамические качества грузовых вагонов и показатели их взаимодействия с рельсовым путем. Применялись методы математического и компьютерного моделирования, теории колебаний.

В статье приведены результаты исследований влияния изменения формы профилей колес при износе на динамические качества и показатели взаимодействия с рельсовой колеей двух полувагонов: с комплексно модернизированными тележками модели 18-100 и профилем колес ИТМ-73 и вагона-эталона с серийными тележками 18-100 и стандартными колесами.

Анализируются динамические качества данных экипажей при движении по прямым участкам пути со случайными возмущениями, соответствующими его "хорошему" состоянию. Показано, что изменение формы профилей колес вследствие износа приводит к ухудшению динамических качеств как порожних, так и груженых вагонов, причем вагона-эталона в гораздо большей степени, чем экипажа с комплексно модернизированными тележками.

Оценено влияние изменения формы профилей колес на показатели взаимодействия вагонов с рельсовой колеей при их движении по криволинейным участкам пути. Показано, что с ростом износа колес характеристики процессов взаимодействия экипажей и рельсовой колеей улучшаются.

Мета роботи полягає в дослідженні впливу зміни форми профілів коліс у процесі експлуатації на динамічні якості вантажних вагонів і показники їх взаємодії з рейковою колією. Застосовувалися методи математичного і комп'ютерного моделювання, теорії коливань.

У статті приведено результати досліджень впливу зміни форми профілів коліс при зносі на динамічні якості і показники взаємодії з рейковою колією двох піввагонів: з комплексно модернізованими візками моделі 18-100 і профілем коліс ІТМ-73 та вагону-еталону з серійними візками 18-100 і стандартними колесами.

Аналізуються динамічні якості даних екіпажів при русі по прямих ділянках колії з випадковими збуреннями, що відповідають його "доброму" стану. Показано, що зміна форми профілів коліс унаслідок зносу призводить до погіршення динамічних якостей як порожніх, так і навантажених вагонів, причому вагона-еталона в набагато більшому ступені, ніж екіпажа з комплексно модернізованими візками.

Оцінено вплив зміни форми профілів коліс на показники взаємодії вагонів з рейковою колією при русі по криволінійних ділянках колії. Показано, що з підвищенням зносу коліс характеристики процесів взаємодії екіпажів і рейкової колії поліпшуються.

The work objective is to study the effects of variations in the form of the wheel profiles in operation on the dynamic qualities of the freight cars and the indices of their interactions with the rail track.

The paper presents the results of studies in the effects of variation in the form of the wheel profiles in wear on the dynamic qualities and the indices of interactions between the gauge and the two open cars with complexly retrofitted bogies of the 18-100 type and the ITM-73 wheel profile, and the 18-100 standard car with the production bogies and the standard wheels.

Dynamic qualities of the above vehicles in running on straight tracks with random disturbances corresponding to its good state are analyzed. It is demonstrated that variations in the form of the wheel profiles in wear result in the deterioration of dynamic qualities of both unloaded and loaded cars, during which a standard car suffers largely than the vehicle with complexly retrofitted bogies.

The effects of variations in the form of the wheel profiles on the indices of interactions between the cars and the gauge in running on straight track are estimated. It is shown that the characteristics of interactions between the vehicles and the gauge are improved in a rapid wear of the wheels.

**Ключевые слова:** формы профилей колес, износ, грузовые вагоны, динамические качества, рельсовая колея, показатели взаимодействия.

По мере износа в процессе эксплуатации железнодорожных колес форма их профилей заметно меняется, что существенно влияет на устойчивость движения и динамические качества экипажей, а также их взаимодействие с рельсовым путем. В работе [1] приведены результаты оценки влияния изме-

© В. Ф. Ушкалов, Т. Ф. Мокрий, И. Ю. Малышева, Н. В. Безрукавый, 2017

Техн. механика. – 2017. – № 1.

нения формы профилей колес при износе на устойчивость движения двух полувагонов: с комплексно модернизированными тележками (КМТ) и профилем колес ИТМ-73 [2] и с серийными тележками модели 18-100 и стандартными колесами. В расчетах рассматривались профили неизношенных колес с толщиной гребня 33 мм (стандартные колеса) и 32 мм (колеса с профилем ИТМ-73), а также изношенных в эксплуатации до толщины гребня: 31 мм (далее малоизношенные колеса), 29 мм (среднеизношенные) и 27 мм (сильноизношенные).

В данной статье выполнен анализ влияния изменения формы профилей колес на динамические качества указанных экипажей и показатели их взаимодействия с рельсовой колеёй.

Исследовались случайные колебания вагонов при их движении с постоянными скоростями в диапазоне (60 – 120) км/ч по прямым участкам пути с неизношенными рельсами Р65. Применялась модель случайных возмущений, которая отражает амплитудно-частотный состав реальных неровностей пути и построена на основе записей показаний вагона-путеизмерителя, полученных на участках пути "хорошего" состояния [3].

Как показали расчеты, изменение формы профилей колес слабо влияет на характеристики колебаний вагонов в вертикальной плоскости, поэтому далее приведена оценка нормируемых показателей динамических качеств экипажа в горизонтальной плоскости: поперечных ускорений пятников кузова  $\ddot{y}_H$  в долях ускорения свободного падения  $g$  и рамных сил  $H_P$  в долях статической осевой нагрузки  $P_0$ .

Зависимости максимальных значений указанных показателей порожних и груженых вагонов, имеющих различную степень износа колес, от скорости движения показаны на рис. 1, 2 соответственно. На рис. 1, а, б и рис. 2, а, б иллюстрируются динамические показатели вагона с КМТ, на рис. 1, в, г и рис. 2, в, г – вагона со стандартными тележками (далее вагона-эталона).

Как видим, изменение формы профилей колес вследствие износа приводит к ухудшению динамических качеств рассматриваемых экипажей, как в порожнем, так и груженом состоянии, причем вагона-эталона в гораздо большей степени, чем вагона с КМТ. Так, показатели  $\ddot{y}_H$  и  $H_P$  порожнего вагона с КМТ только при сильном износе колес и скорости движения выше 115 км/ч превышают предельный уровень для "допустимого" хода (см. рис. 1, а, б), а во всех остальных случаях они остаются ниже предельного уровня до скорости 120 км/ч. Показатели вагона-эталона (см. рис. 1, в, г) не превышают допустимый уровень во всем рассматриваемом диапазоне скоростей движения (т. е. до  $V=120$  км/ч) только при неизношенных колесах. В остальных случаях один или оба показателя начинают превышать допустимые значения при малоизношенных колесах после достижения скорости 110 км/ч, среднеизношенных колесах – скорости 100 км/ч, сильноизношенных колесах – скорости 90 км/ч.

У груженых вагонов ускорения пятников более чувствительны к изменениям профилей колес, чем рамные силы. При этом максимальные значения показателя  $\ddot{y}_H$  вагона с КМТ не превышают допустимого уровня (см. рис. 2, а) при его движении со скоростями до 120 км/ч, если его колеса неизношенные либо малоизношенные, 110 км/ч, если колеса среднеизношенные, и 105 км/ч, если колеса сильноизношенные. Скорости движения вагона-

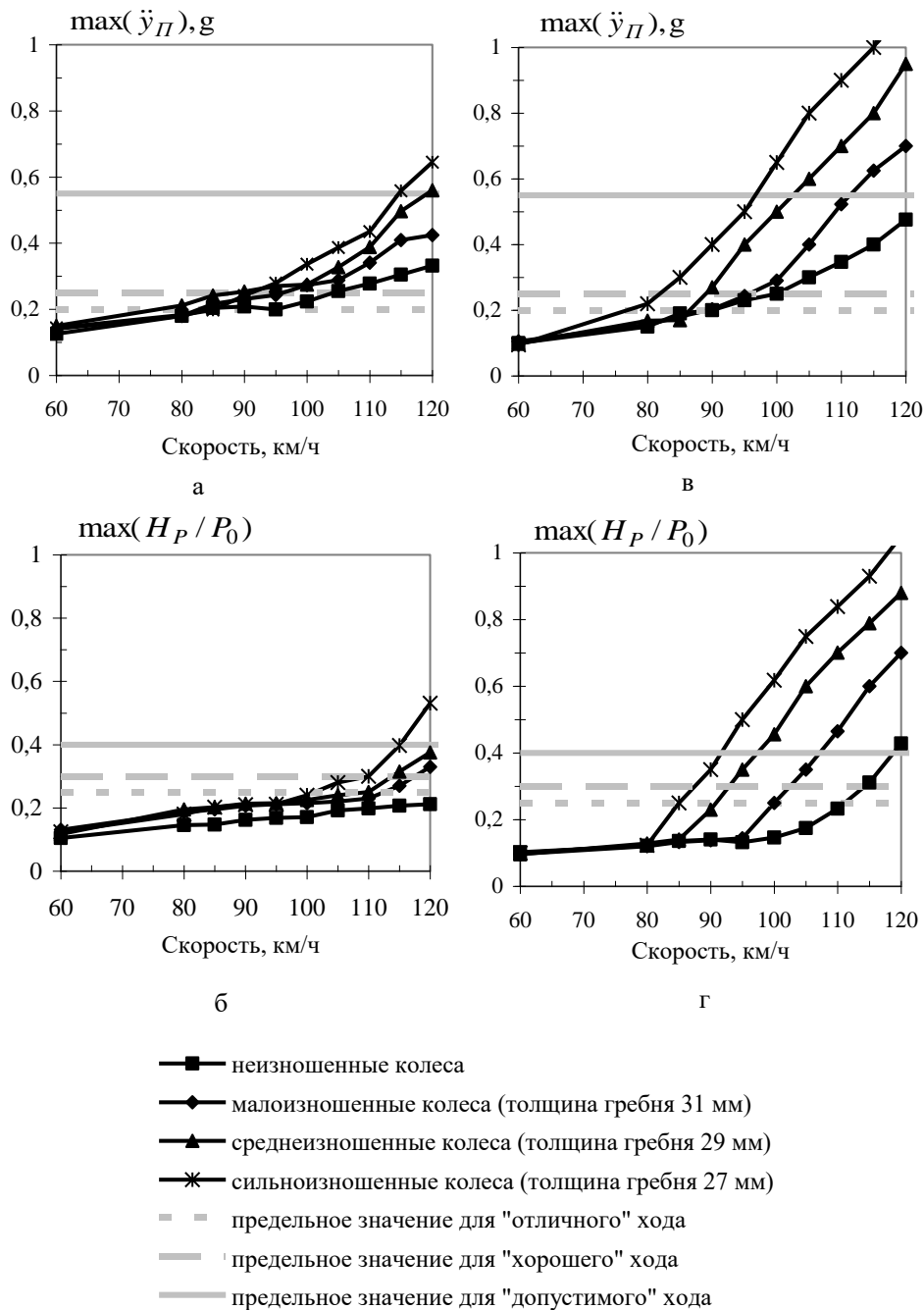


Рис. 1

эталона, начиная с которых показатель  $\ddot{y}_\Pi$  превышает допустимый уровень, в зависимости от степени износа колес соответственно равны 120, 105, 85 и 80 км/ч (см. рис. 2, в).

Важным показателем взаимодействия экипажей и рельсовой колеи является износ контактной пары "колесо – рельс". Поскольку наиболее интенсивный износ колес наблюдается у груженных экипажей при движении по криволинейным участкам пути малого радиуса, влияние изменения профилей колес оценивалось при расчетах вписывания двух рассматриваемых груженных

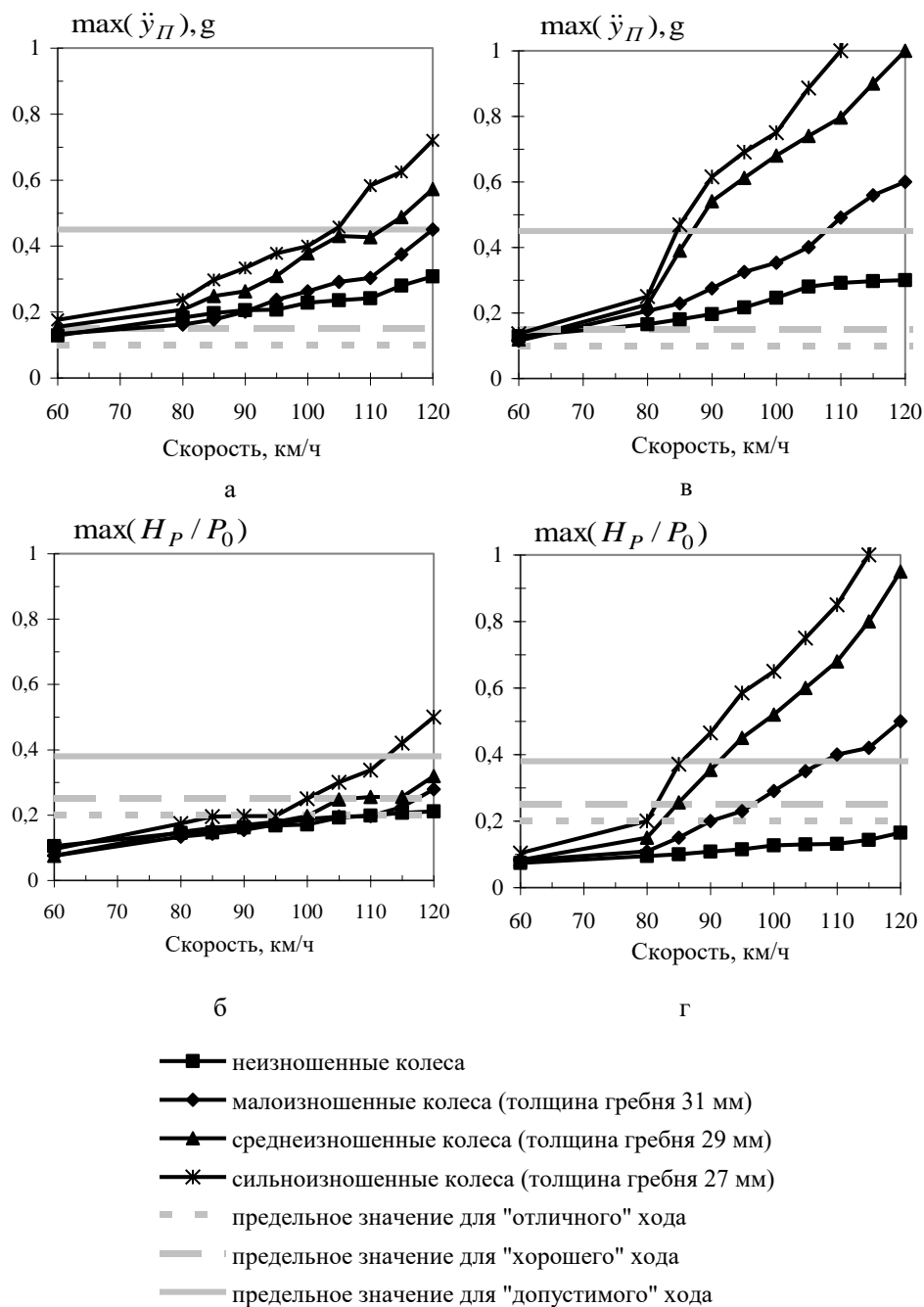


Рис. 2

полувагонов в круговую кривую радиуса 300 м с неизношенными рельсами Р65. Случайные входные возмущения соответствовали пути "хорошего" состояния.

Зависимости показателя  $A$  гребневого износа набегающих на наружный рельс колес от толщины их гребней (вследствие износа) для рассматриваемых вагонов приведены на рис. 3. В данном случае термином "гребневой износ" обозначен суммарный износ рабочих поверхностей галтели и гребня. Из анализа приведенных результатов следует, что по мере износа колес показа-

тель  $A$  снижается, причем гораздо более существенно у вагона-эталона и особенно интенсивно на начальной стадии износа (рис. 3, б). Это связано с тем, что профиль ИТМ-73 разработан специально для понижения гребневого износа колеса в начальный период эксплуатации (рис. 3, а) и, как видим, при неизношенных колесах показатель  $A$  вагона с КМТ в два и более раз ниже,

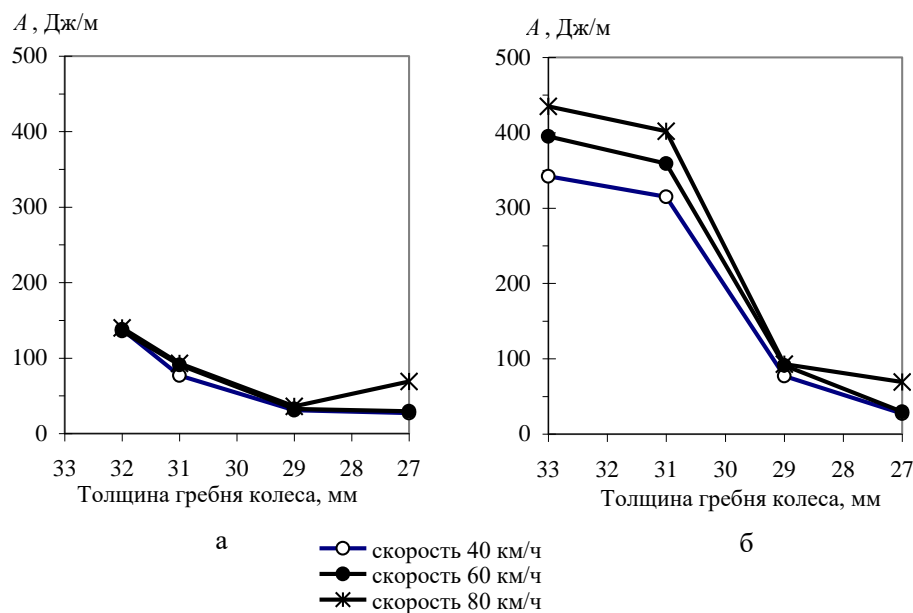


Рис. 3

чем вагона-эталона со стандартными колесами.

Как отмечено в работе [1], очертания профилей колес с разным начальным профилем ободьев в процессе износа сближаются и при сильном износе (до толщины гребней 27 мм) практически совпадают, вследствие чего значения  $A$  двух вагонов в этом случае близки. Некоторое увеличение показателя  $A$  у вагонов с сильноизношенными колесами при возрастании скорости их движения с 60 до 80 км/ч объясняется ростом непогашенного ускорения и вследствие этого поперечного давления колес на рельс.

Распределение показателя износа  $A$  по поверхностям катания набегающих на рельс колес ведущих колесных пар вагонов показано на рис. 4. Видно, что неизношенное колесо с профилем ИТМ-73 (рис. 4, а) взаимодействует с рельсом галтелью, затем при изнашивании вступает в работу гребень, однако значения  $A$  невелики. Гребень стандартного колеса (вагон-эталон) изнашивается во всех рассмотренных случаях и особенно интенсивно на начальной стадии эксплуатации (рис. 4, б).

Еще одним показателем качества процесса взаимодействия экипажа и пути на криволинейных участках является угол  $\psi_{\text{кп}}$  набегания колесных пар на рельс: чем ближе установка колесной пары в колее к радиальной, т. е. чем меньше  $\psi_{\text{кп}}$ , тем лучше условия вписывания вагона в кривую и ниже износ колес. Зависимости угла  $\psi_{\text{кп}}$  колесных пар двух вагонов от толщины гребней их колес вследствие износа приведены на рис. 5. Углы  $\psi_{\text{кп}}$  отсчитывались от радиального положения колесных пар в колее. Как видим, углы набегания первых двух колесных пар обеих экипажей существенно выше, чем третьей и четвертой колесной пары, т. е. условия вписывания ведущих тележек в колее

тяжелее, чем ведомых. При неизношенных колесах показатели  $\psi_{кп}$  вагона с КМТ значительно ниже (см. рис. 5, а), чем вагона-эталона (см. рис. 5, б). По мере износа ободьев колес значения углов набегания уменьшаются, в случае сильного износа углы  $\psi_{кп}$  двух вагонов практически не отличаются.

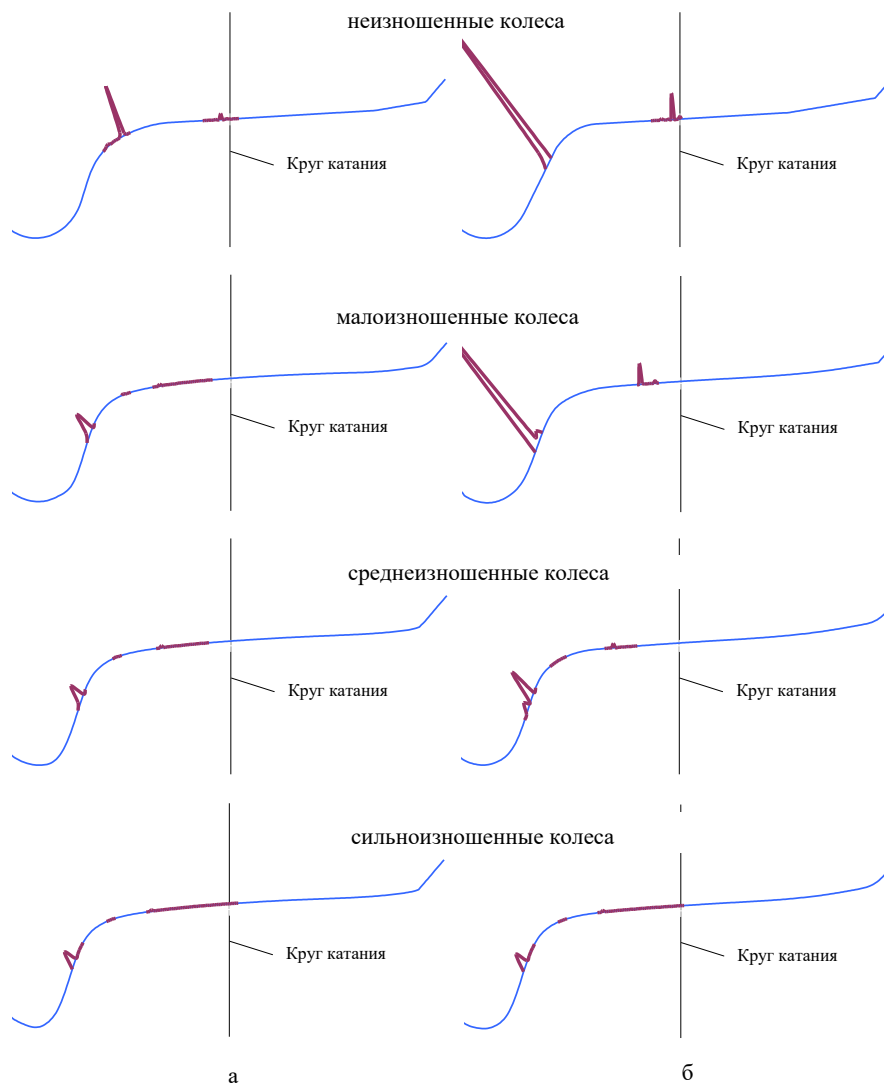


Рис. 4

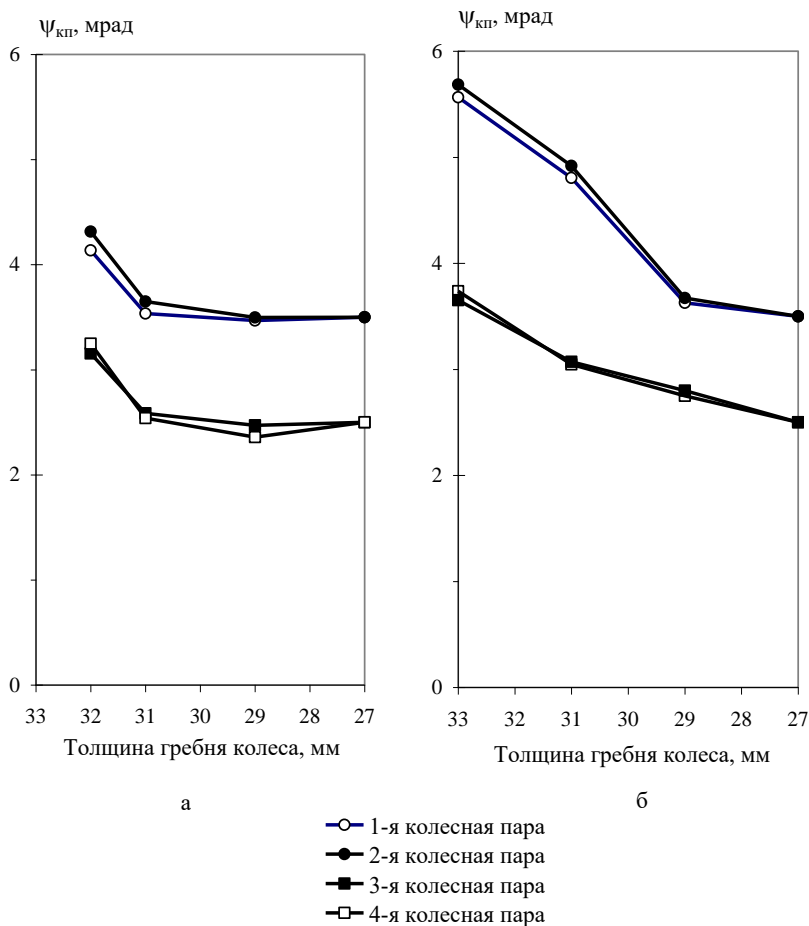


Рис. 5

Таким образом, приведенные результаты свидетельствуют о том, что изменение формы профилей колес вследствие износа приводит к ухудшению динамических качеств как порожних, так и груженных вагонов, причем вагона-эталона в гораздо большей степени, чем экипажа с комплексно модернизированными тележками. При этом показатели взаимодействия экипажей и рельсовой колеи на криволинейных участках пути улучшаются.

1. Ушкалов В. Ф., Мокрый Т. Ф., Мальшева И. Ю., Безрукавый Н. В. Влияние изменения формы профилей колес в процессе эксплуатации на устойчивость движения грузовых вагонов. *Техническая механика*. 2016. № 4. С. 79 – 84.
2. Ушкалов В. Ф., Мокрый Т. Ф., Мальшева И. Ю., Мащенко И. А., Пасичник С. С. Комплексная модернизация ходовых частей грузовых вагонов. *Вагонный парк*. 2007. № 2. С. 18 – 22.
3. Технічні вказівки щодо оцінки стану рейкової колії за показниками колієвимірювальних вагонів та забезпечення безпеки руху поїздів при відступах від норм утримання рейкової колії. ЦП-0267 : Затв. наказом Укрзалізниці № 033-Ц від 01.02.2012 р. / М-во інфраструктури України, Держадміністрація залізничного транспорту України, Укрзалізниця, Головне управління колійного господарства ; Розроб. Рибкін В. В., Патласов О. М. К.: Поліграфсервіс, 2012. 46 с.

Получено 08.02.2017,  
 в окончательном варианте 15.03.2017