УДК 629.7

**В. Ф. УШКАЛОВ, Т. Ф. МОКРИЙ, И. Ю. МАЛЫШЕВА, Н. В. БЕЗРУКАВЫЙ**

# ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ФОРМЫ ПРОФИЛЕЙ КОЛЕС В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

*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 заключалась в исследовании влияния изменения формы профилей железнодорожных колес в процессе эксплуатации на устойчивость движения грузовых вагонов. Применялись методы математического и компьютерного моделирования, теории колебаний.

В статье изучено влияние изменения формы профилей колес при износе на устойчивость движения двух полувагонов: с комплексно модернизированными тележками модели 18-100 (профиль колес ИТМ-73) и вагона-эталона с типовыми тележками 18-100 (стандартные колеса).

Получены значения критической скорости движения вагонов при разной степени износа колес. Показано, что чем больше износ колес, тем в большей степени отличаются значения критической скорости рассматриваемых экипажей.

Сделан вывод о том, что комплексная модернизация тележек значительно повышает устойчивость движения как порожних, так и груженых вагонов.

Мета роботи полягала в дослідженні впливу зміни форми профілів залізничних коліс в процесі експлуатації на стійкість руху вантажних вагонів. Застосовувалися методи математичного і комп'ютерного моделювання, теорії коливань.

У статті вивчено вплив зміни форми профілів коліс при зносі на стійкість руху двох піввагонів: з комплексно модернізованими візками моделі 18-100 (профіль коліс ІТМ-73) та вагона-еталона з типовими візками 18-100 (стандартні колеса).

Отримано значення критичної швидкості руху вагонів при різному ступені зносу коліс. Показано, що чим більший знос коліс, тим більшою мірою відрізняються значення критичної швидкості даних екіпажів.

Зроблено висновок про те, що комплексна модернізація візків значно підвищує стійкість руху як порожніх, так і навантажених вагонів.

The work purpose was to study the effects of changes in the form of profiles of the railway wheels in operation on stable running the freight cars. Methods for mathematical modeling and computer simulation, the theory of oscillation have been used.

The paper deals with the study of the effects of changes in the form of the wheel profiles in wear on stable running the two open cars: with complexly retrofitted bogies of the 18-100 type (ITM-73 wheel profile) and the standard car equipped with the 18-100 standard bogies ( standard wheels).

Values of a critical speed for car running in various wear of wheels are derived. It is shown that the greater wheel wear, the greater the difference in values of a critical speed of the vehicles under consideration.

It can be concluded that a complex retrofit of bogies improves significantly stable running both empty and loaded cars.

***Ключевые слова:*** *форма профилей колес при износе, критическая скорость, устойчивость движения, комплексная модернизация тележек.*

Колесо – один из наиболее изнашиваемых элементов железнодорожного подвижного состава. По мере его износа очертания профилей колес существенно меняются, что сказывается на динамических показателях экипажей. Представляет интерес исследование влияния изменения формы профилей ободьев колес в процессе эксплуатации на устойчивость движения грузовых вагонов.

В настоящей работе такое исследование выполнено применительно к двум полувагонам: экипажу с комплексно модернизированными тележками модели 18-100 и профилем колес ИТМ-73 (далее вагон с КМТ) [1] и вагону с типовыми (немодернизированными) тележками 18-100 и стандартными колесами (далее вагон-эталон).

Рассматривались профили колес с разной степенью износа (рис. 1), измеренные на вагонах, находящихся в эксплуатации: неизношенных с толщиной гребня 33 мм (стандартный профиль) и 32 мм (профиль ИТМ-73), изношенных до толщины гребня 31 мм (далее малоизношенные колеса), 29 мм (среднеизношенные колеса) и 27 мм (сильноизношенные колеса).

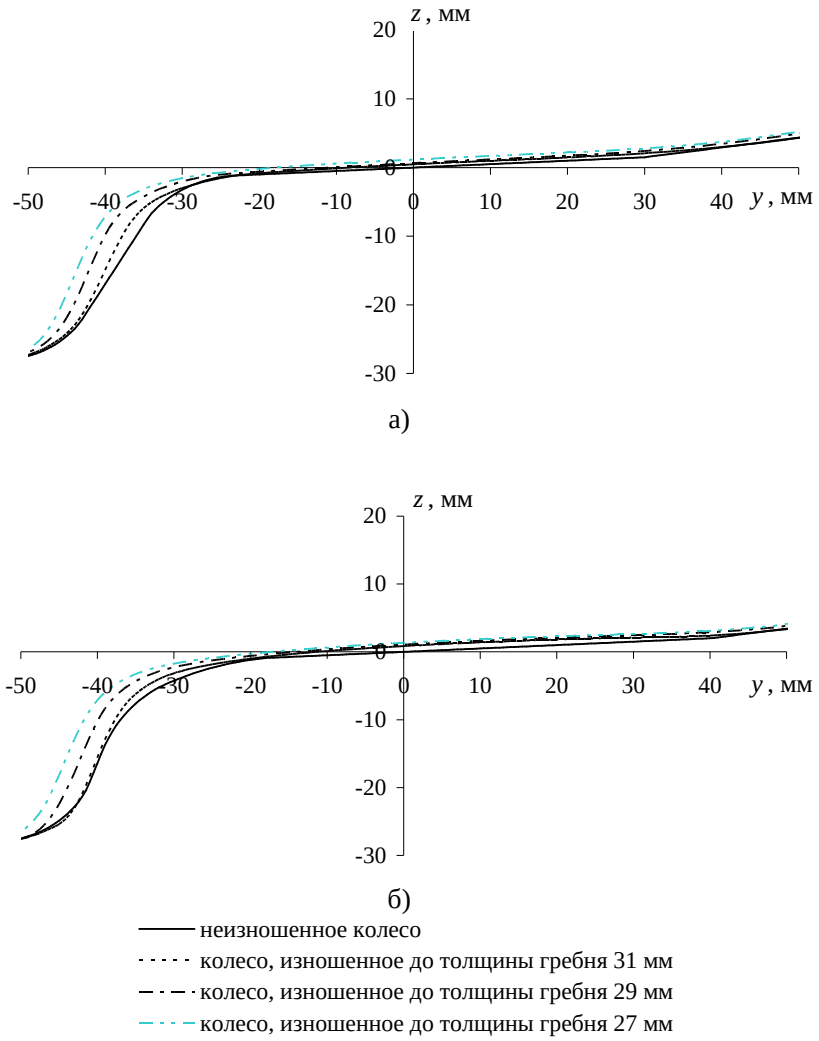


Рис. 1

На рис. 1, а) показаны изменения формы профиля обода колеса со стандартным исходным профилем, на рис.1, б) – колеса с исходным профилем ИТМ-73.

На рис. 2 сплошной линией приведены зависимости максимального угла наклона рабочей части гребня от его толщины при износе стандартных колес, штриховой линией – колес с профилем ИТМ-73.

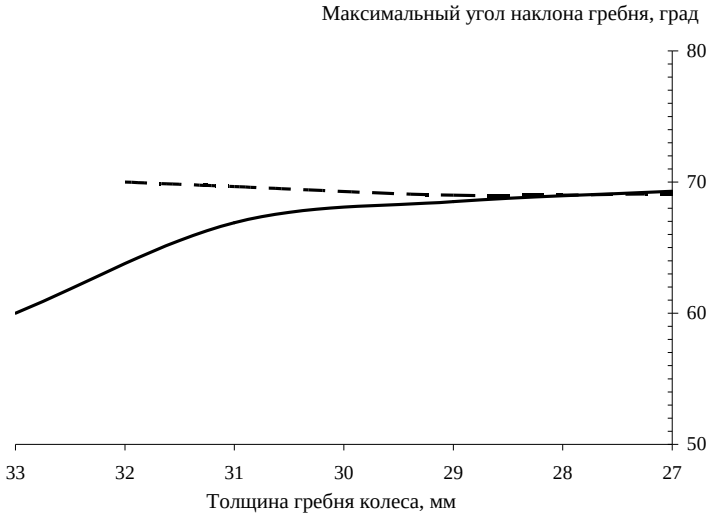


Рис. 2

Как видно, по мере износа колес их профили приближаются к одной форме, хотя при обточке они заметно отличались. Кроме того, максимальные значения угла наклона рабочей части гребня сильноизношенных колес стремятся к одному значению – 69,5$^{o}$, тогда как у неизношенных стандартных колес они составляют 60$^{o}$, а у колес с профилем ИТМ-73 – 70$^{o}$.

Следует отметить, что, по данным измерений колес вагонов в эксплуатации, для достижения одинакового гребневого износа рассматриваемым экипажам требуется разный пробег: сильный износ гребней (до толщины 27 мм) имеет место у вагона с КМТ после пробега 250 тыс. км, а у вагона-эталона – уже после 115 тыс. км.

Для оценки устойчивости движения (по Ляпунову) рассматриваемых экипажей производились расчеты их пространственных свободных колебаний при движении в порожнем и груженом состояниях по прямому идеально гладкому пути с неизношенными рельсами Р65. Начальные условия задавались в виде поперечных горизонтальных смещений колесных пар на 8 мм в противоположные стороны для первой и второй тележек.

Для примера на рис. 3, 4 приведены процессы поперечного ускорения пятников ведущих тележек порожних вагонов $\ddot{y}_{П1}$ (в долях ускорения свободного падения $g$) ведущих тележек порожних полувагонов с неизношенными (рис. 3) и сильноизношенными (рис. 4) профилями колес. Анализ полученных результатов позволяет определить значения критической скорости *Vкр*. Так, если колеса экипажей неизношенные (см. рис. 3), то критическая скорость вагона с КМТ, при которой развиваются автоколебания, составляет 160 км/ч, тогда как вагона-эталона – 140 км/ч. При сильноизношенных колесах (см. рис. 4) у порожних экипажей автоколебания начинаются при скорости 130 и 80 км/ч соответственно.

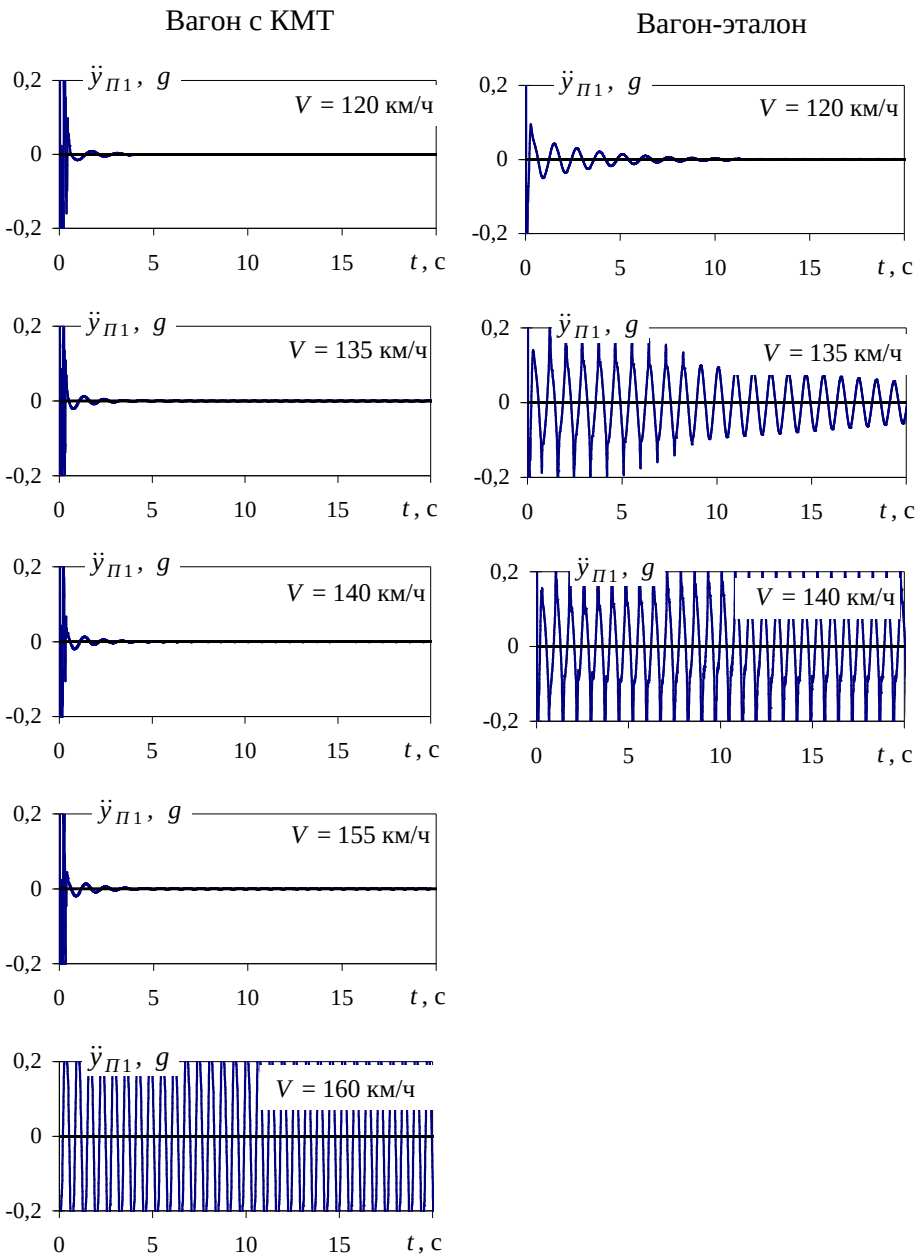
Вагон с КМТ
Вагон-эталон
$\ddot{y}_{П1}$, $g$
$V$ = 120 км/ч
$V$ = 135 км/ч
$V$ = 140 км/ч
$V$ = 155 км/ч
$V$ = 160 км/ч
0,2
0
-0,2
0
5
10
15
$t$, с

Рис. 3

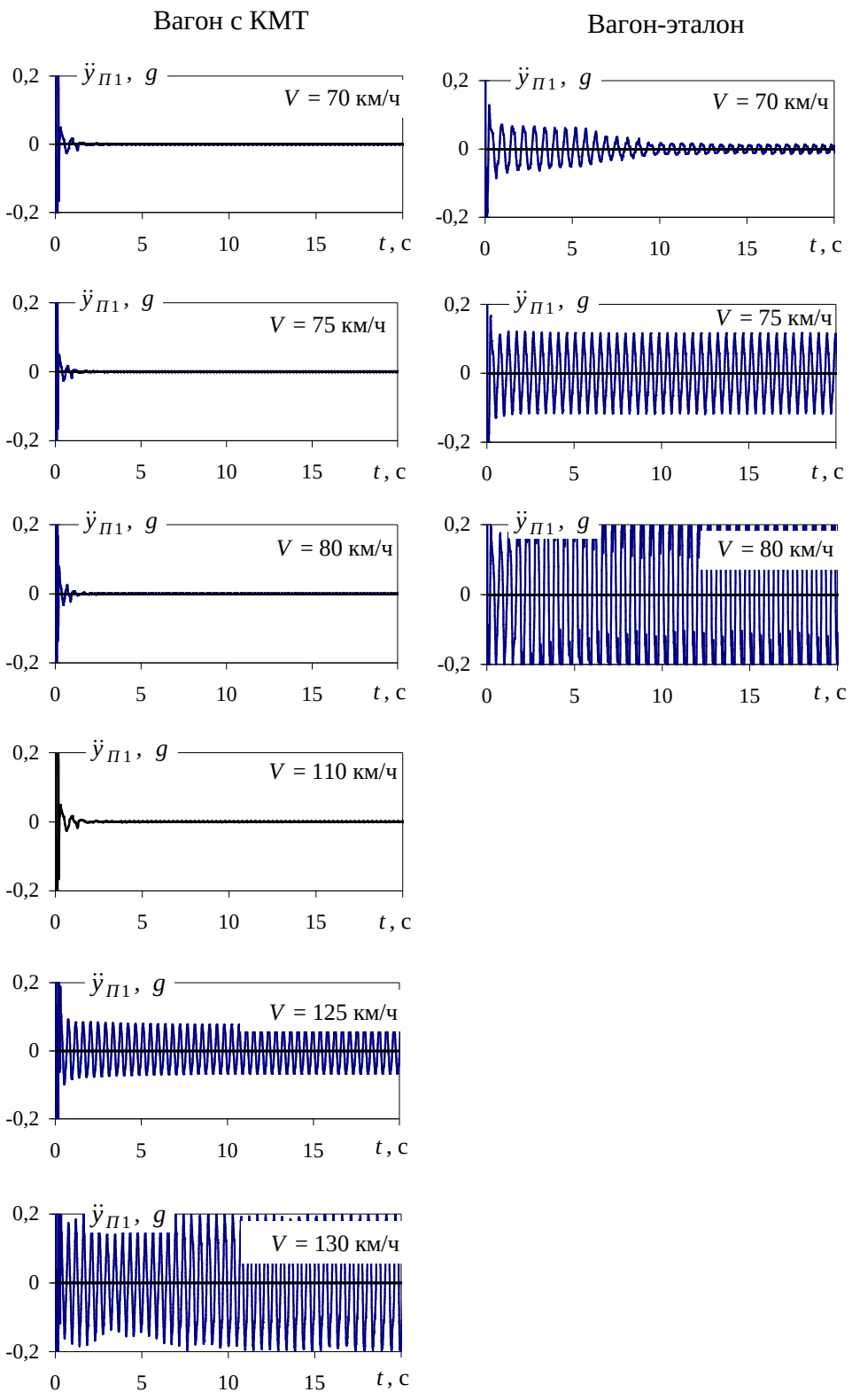
Вагон с КМТ
Вагон-эталон
$\ddot{y}_{П1}$, $g$
$V$ = 70 км/ч
$V$ = 75 км/ч
$V$ = 80 км/ч
$V$ = 110 км/ч
$V$ = 125 км/ч
$V$ = 130 км/ч
0,2
0
-0,2
0
5
10
15
$t$, с

Рис. 4

Полученные зависимости критической скорости порожних и груженых экипажей от толщины гребней колес при износе представлены на рис. 5.

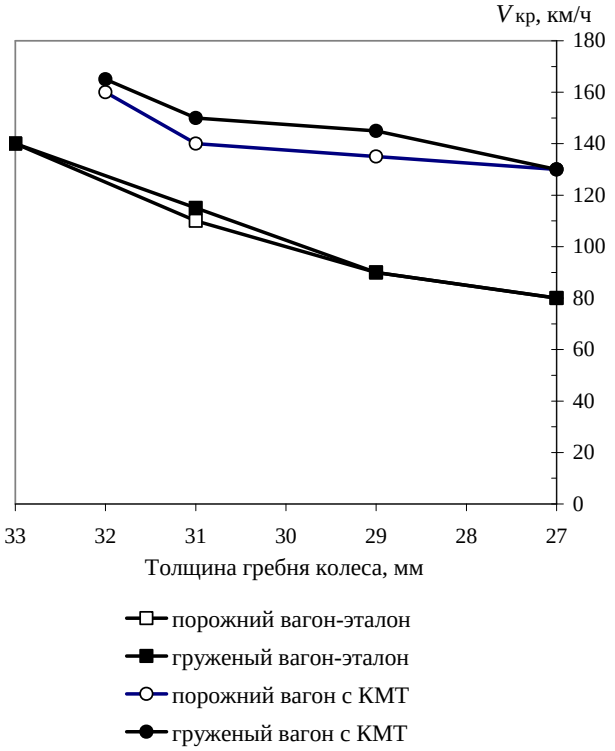


Рис. 5

Как видно, чем больше износ колес, тем больше расходятся значения критической скорости вагонов с модернизированными и типовыми тележками. Например, если разница *Vкр* порожних экипажей с неизношенными колесами составляет 20 км/ч, то экипажей с сильноизношенными колесами – 50 км/ч. Кроме того, влияние комплексной модернизации тележек на устойчивость движения особенно заметно в случае сильноизношенных колес, когда профили стандартных колес и колес с профилем ИТМ-73 практически совпадают.

Таким образом, приведенные результаты свидетельствуют, что при росте степени износа колес критическая скорость движения как порожних, так и груженых вагонов снижается, однако у вагонов с комплексно модернизированными тележками значение *Vкр* значительно выше по сравнению с вагоном, оборудованным немодернизированными тележками, причем чем сильнее изношены колеса, тем больше разница значений *Vкр* исследуемых вагонов.

1. *Ушкалов В. Ф., Мокрий Т. Ф., Малышева И. Ю., Мащенко И. А., Пасичник С. С.* Комплексная модернизация ходовых частей грузовых вагонов. Вагонный парк. 2007. № 2. С. 18 – 22.

Получено 17.10.2016,
в окончательном варианте 07.12.2016