

О. М. САВЧУК, О. В. ШАТУНОВ, О. Г. РЕЙДЕМЕЙСТЕР, М. А. ГРІЧАНІЙ,
В. О. РИЖОВ (ДПТ), М. І. ЛУХАНІН (Укрзалізниця)

ПОКРАЩЕННЯ ДИНАМІКИ ПОРОЖНІХ ВАГОНІВ НА ВІЗКАХ МОДЕЛІ 18-100

Представлено нову схему ресорного комплексу вантажного візка 18-100 із застосуванням трикомпонентних клинів і підпружинених ковзунів, а також наведений аналіз результатів лабораторних і поїзних динамічних випробувань різних типів вантажних вагонів, обладнаних за цією новою схемою.

Представлена новая схема ресорного комплекта грузовой тележки 18-100 с применением трехкомпонентных клиньев и подпружиненных скользунов, а также приведен анализ результатов лабораторных и поездных динамических испытаний разных типов грузовых вагонов, оборудованных по этой новой схеме.

A new chart of springing complete set of freight light cart is represented 18-100 with the use of three-component wedges and subspringy skol'zunov, and also the analysis of results of alpha and train dynamic tests of different types of freight carriages of equipped on this new chart is resulted.

Один з недоліків вантажних вагонів на серійних візках моделі 18-100 – незадовільна динаміка під час руху порожнього вагона. Ресорний комплект візка спроектований так, щоб у завантаженому стані вагона статичний прогин складав 50 мм, що достатньо для нормальної плавності руху і для забезпечення нормативної різниці рівня осей автозчепів у поїзді. Але при цьому статичний прогин порожнього вагона складає тільки 6...9 мм, що недостатньо. Тому динамічні характеристики порожніх вагонів, в тому числі показники стійкості від сходів, знаходяться на грані допустимої межі. У візках нового покоління (моделі 18-7020) цей недолік усунутий шляхом постановки білінійного ресорного підвішування. Але насичення вагонного парку такими вагонами – процес досить повільний, розрахований на десятиріччя. Тому актуальною є задача удосконалення існуючих візків.

Крім того, порожні вагони мають низьку критичну швидкість, вище якої рух стає нестійким (за Ляпуновим). Це проявляється у збуренні автоколиваний виляння у горизонтальній площині і змушує обмежувати швидкість поїздів, у складі яких є порожні вагони [1].

Галузевою лабораторією вагонів розроблюється технологія ДПТ-ТАУС удосконалення візків моделі 18-100 з метою ліквідації вказаних недоліків. Передбачається, зокрема, заміна серійних жорстких клинів гасителя коливаний Ханіна на спеціальні трьохелементні клини (далі – «Т-клини») [2], яким і присвячена ця стаття. Технологією передбачено також обладнання візка пружними ковзунами.

Схема удосконаленого ресорного комплексу показана на рис. 1. Кожний Т-клин склада-

ється з башмака 3, пружної поліуретанової вставки 4 та корпуса 5.

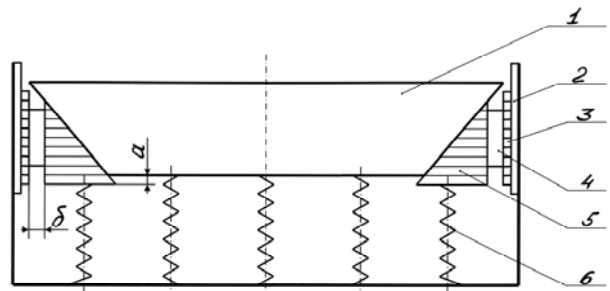


Рис. 1. Схема удосконаленого ресорного комплексу з трьохелементними клинами

Геометричні розміри Т-клина спроектовані так, що під порожнім вагоном надресорна балка l завищена відносно клинів на величину $a = 10$ мм. «Завищенням» визначається різниця між висотою положення поверхонь обпирання на пружини надресорної балки та Т-клинів. Одночасно вставка 4 забезпечує при порожньому вагоні зазор між башмаком та корпусом Т-клина $\delta = 10$ мм. Завдяки цьому, навантаження від порожнього вагона сприймають тільки дві підклинові пружини 6, тоді як інші п'ять пружин під надресорною балкою залишаються без навантаження. Це значить, що у порожньому стані вагон опирається не на усі пружини комплектів (до 28 шт.), а тільки на 8 підклинових пружин. Очевидно, що статичний прогин збільшиться, що і має привести до покращання динамічних показників. У завантаженому стані вагона вставка Т-клина стискається до ліквідації зазору, тобто $\delta = 0$. Це приведе до ліквідації завищення надресорної балки ($a = 0$). Таким чином, прогини усіх пружин під завантаженим

вагоном вирівнюються, що забезпечить їх рівномірність.

В удосконалених візках Т-клини мають виконувати такі функції:

- покращувати динаміку порожнього вагона за рахунок збільшення його статичного прогину;
- активувати роботу пружних ковзунів шляхом недопущення зазорів у системі «бокові рами – надресорна балка візка»;
- забезпечити рівномірність пружин ресорних комплектів вагона під повним навантаженням.

З метою перевірки достовірності теоретичних положень щодо роботи Т-клинів у ресорних комплектах візків моделі 18-100 був виготовлений вагоно-комплект (8 шт.) макетних Т-клинів. Макетний Т-клин наведений на рис. 2.

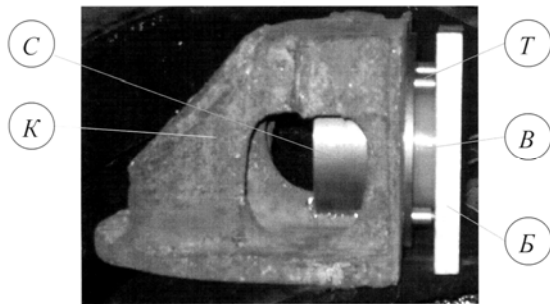


Рис. 2. Дослідний макетний трьохелементний клин (Т-клин)

Його корпус К одержано після механічної обробки зношеного серійного клина візка моделі 18-100, у вертикальній стінці якого зроблені отвори для встановлення стакана С та технологічних шпильок Т. У стакані розміщується білінійна пружна вставка В, а за допомогою технологічних шпильок Т до корпусу приєднується башмак Б. Довжина шпильок вибрана такою, щоб у зібраному Т-клинні вставка В була у початково стиснутому стані зусиллям ≈ 80 кН. Оскільки башмак Б має постійно тертись о фрикційну планку на боковині візка (див. рис. 1, поз. 2), його необхідно зробити стійким до зносу і мікросхоплень із планкою. Для цього башмаки були відлиті з високоміцного чавуна і загартовані до твердості ≈ 600 НВ.

Пружна вставка макетного Т-клина повинна була не тільки забезпечувати необхідний зазор δ між корпусом та башмаком, але і передавати діючі між ними зусилля під час руху вагона. Після виконання розрахунків на жорсткість та міцність було виготовлено чотири варіанти вставок, що відрізнялись марками поліуретану та деякими геометричними розмірами. Після випробувань на пресі був відібраний кращий варіант. Матеріал – **Адипрен L-167**, що має модуль пружності при стиску 35...45 МПа, межу міцності на розтягування 40...45 МПа, динамічний коефіцієнт поглинання енергії 25...30 %.

Лабораторні випробування Т-клинів проводились на стенді, що дозволяє навантажувати електродомкратом натурний візок моделі 18-100. Ці випробування підтвердили очікувану зміну статичного прогину вагона після обладнання візків Т-клинами. Одержані при стендових випробуваннях результати показані на графіку рис. 3. Верхня лінія на графіку побудована при навантаженні візка з Т-клинами, а нижня для існуючого комплекту з серійними клинами. Статичний прогин комплекту порожнього вагона (розрахункове навантаження на візок 70 кН) на удосконалених візках склав 15 мм проти 8 мм на існуючих візках, тобто зріс на 85 %. У завантаженому стані без урахування динамічних зусиль (навантаження 437,5 кН) прогини відповідно склали 65,0 мм та 50,0 мм. При максимальному навантаженні візка 656,35 кН статичні прогини комплектів досягли відповідно 89,5 мм та 75 мм, але при цьому прогини пружин під надресорною балкою та під клинами стали однаковими – 81,5 мм. Саме цим визначається рівномірність усіх пружин удосконаленого комплекту.

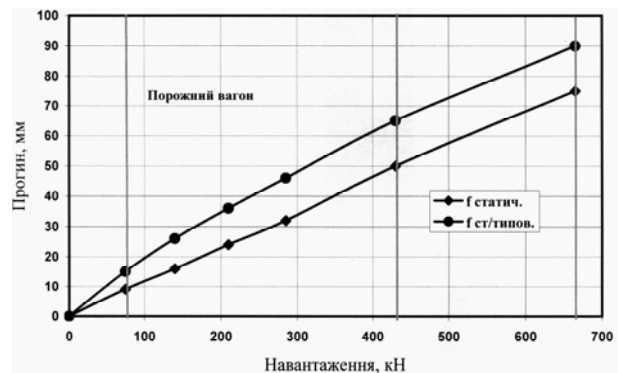


Рис. 3. Залежність статичного прогину комплекту від навантаження

Крім того, десятикратне навантаження на стенді візка силою, еквівалентною дії завантаженого вагона з максимальною динамічною добавкою, не привело до будь-яких помітних пошкоджень макетних Т-клинів. Цей результат приймався до уваги при плануванні і проведенні ходових динамічних випробувань.

За наказом Укрзалізниці при побудові на ДП «Укрспецвагон» хопера-обкотишевоза № 91218677 його візки моделі 18-100 були удосконалені за технологією ДПТ-ТАУС з пружними ковзунами та макетними Т-клинами. Цей дослідний обкотишевоз був включений у спеціальний зчеп для проведення ходових динамічних випробувань на полігоні Новомосковськ–Балівка Придніпровської залізниці. Випробування були проведені в жовтні 2006 р. галузевою випробувальною лабораторією вагонів університету.

Програмою та методикою випробувань передбачалась можливість руху вагонів з швидкістю до 132 км/год (120 + 10 %) з метою визначення критичної швидкості дослідного вагона.

Крім обкотишевоза, в дослідний зчеп включався піввагон-еталон на візках моделі 18-100. Цей піввагон побудови 1974 р. уже відпрацював свій початковий ресурс і був відремонтований КР з подовженням строку служби. Під час деповського ремонту (ДР) у ВЧД Нижньодніпровськ-Вузол у 2005 р. візки були обладнані пружними ковзунами за технологією ДПТ-ТАУС але клини гасителів коливальні залишені серійні із значними зносами поверхонь тертя. Таким чином, піввагон-еталон відрізнявся від дослідного обкотишевоза відсутністю Т-клинів та значними зносами ходових частин (після ДР його пробіг в експлуатації до випробувань перевищив 60 тис. км).



Рис. 4. Дослідний зчеп під час проведення ходових випробувань

Таке розміщення дозволяло постійно слідкувати за динамікою вагонів не тільки на моніторах, але і візуально, щоб своєчасно зафіксувати досягнення критичної швидкості руху і не допустити можливого сходу. Оскільки піввагон обмежував швидкість зчепу, під час поїздок приходилось його періодично відчіплювати і залишати на станції.

Сигнали динамічних процесів спочатку перетворювались з аналогової у цифрову форму, після чого реєструвались у пам'яті комп'ютера. Математична обробка цих даних теж виконувалась за комп'ютерними програмами, тому приведені нижче результати достовірні у межах точності датчиків.

Залежність динамічних зусиль на необресорені частини візка від швидкості руху порожнього хопера-обкотишевоза показана на рис. 5. Дані зареєстровані у досліді з відчепленим піввагоном, максимальна швидкість досягла 137 км/год. На верхньому графіку показані вертикальні динамічні зусилля P_d . Із збільшенням швидкості ці зусилля монотонно зростають.

Візки дослідних обкотишевоза та піввагона були обладнані датчиками для реєстрації таких динамічних величин:

- поперечних переміщень колісної пари у колійному зазорі для визначення критичної швидкості руху вагона (збурення автоколивальних виляння);
- вертикальних динамічних зусиль, діючих на бокові рами візків;
- горизонтальних (рамних) динамічних зусиль на колісну пару;
- динамічних напружень у надресорних балках;
- вертикальних та поперечних динамічних прискорень п'ятникових вузлів;
- швидкості руху.

Дослідний зчеп (рис. 4) складався з електровоза ЧС6, обкотишевоза, вагона-лабораторії та піввагона-еталона.

При $v = 80$ км/год середнє значення зусиль $P_{дсер} = 10$ кН (на рис. 5 сили у т), а найбільше – $P_{дмах} = 16$ кН. Відповідні коефіцієнти вертикальної динаміки $K_{двс} = 0,22$; $K_{двт} = 0,35$.

При $v = 120$ км/год середнє значення – $P_{дсер} = 13$ кН, а найбільше – $P_{дмах} = 17,5$ кН. Відповідні коефіцієнти вертикальної динаміки $K_{двс} = 0,29$; $K_{двт} = 0,39$.

Нижній графік на рис. 5 побудований для динамічних рамних сил H_r . Ці сили до $v = 100$ км/год теж змінюються монотонно, далі інтенсивність росту збільшується. При $v = 80$ км/год середнє значення $H_{рс} = 6,5$ кН, найбільше – $H_{ртах} = 8$ кН. Відповідні коефіцієнти горизонтальної динаміки $K_{дгс} = 0,112$; $K_{дгтах} = 0,12$. При $v = 120$ км/год середнє значення $H_{рс} = 15$ кН, найбільше – $H_{ртах} = 20$ кН. Відповідні коефіцієнти горизонтальної динаміки $K_{дгс} = 0,26$; $K_{дгтах} = 0,34$.

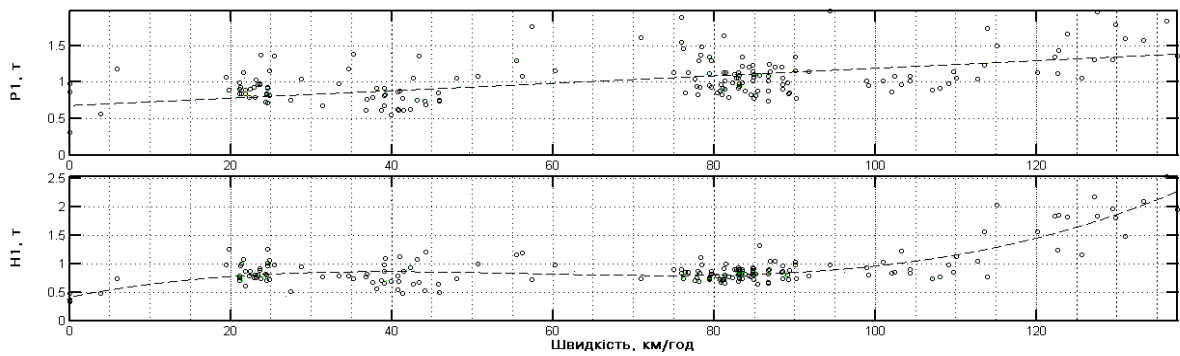


Рис. 5 Динамічні параметри порожнього обкатишевоза:
 P1 – залежність вертикальних динамічних сил на бокову раму візка від швидкості;
 H1 – залежність рамних динамічних сил від швидкості

Порівняємо приведені дані з нормативними показниками [3] для нових вагонів. Задовільним хід порожнього вантажного вагона оцінюється при $K_{ДВ} = 0,6$; $K_{ДГ} = 0,15$, хорошим – при $K_{ДВ} = 0,75$; $K_{ДГ} = 0,20$, відмінним – при $K_{ДВ} = 0,85$; $K_{ДГ} = 0,30$.

Достовірнішою є оцінка шляхом порівняльного аналізу основних динамічних параметрів обкатишевоза та піввагона-еталона, зареєстрованих під час сумісної дослідної поїздки. Таке порівняння зроблене у табл. 1, де у чисельнику наведені середні значення, а у знаменнику – максимальні.

Таблиця 1

Динамічні параметри порожніх вагонів, зареєстровані під час випробувань

Параметр	Вагон	Швидкість руху, км/год				
		50	60	70	80	90
Вертикальні динамічні зусилля на боковину, кН	обкатишевоз	9,5	10	11	12	13
		12	15	16	16	16
	піввагон	16	16	17	18	22
		21	21	22	22	24
Вертикальні прискорення шворневого вузла, долі g	обкатишевоз	0,13	0,16	0,2	0,24	0,27
		0,17	0,19	0,27	0,31	0,31
	піввагон	0,16	0,17	0,18	0,28	0,38
		0,23	0,22	0,29	0,30	0,42
Горизонтальні прискорення шворневого вузла, долі g	обкатишевоз	0,05	0,07	0,07	0,08	0,08
		0,07	0,1	0,1	0,1	0,1
	піввагон	0,09	0,14	0,2	0,23	0,33
		0,1	0,21	0,25	0,26	0,48*

* Збільшення прискорень пов'язане з автоколиваннями виляння.

Аналіз даних табл. 1 показує на те, що наявність Т-клинів привела до покращення динаміки порожнього обкатишевоза порівняно з піввагоном-еталоном. Динамічна навантаженість бокових рам візків зменшилась у середньому на 60 %, а прискорення шворневих вузлів – на 25 %.

Як узагальнюючий показник, розглянемо вплив Т-клинів на стійкість вагона проти сходу з рейок. Коефіцієнти запасу стійкості від сходу хопера-обкатишевоза K1 та піввагона-еталона K2 були розраховані спеціальними

комп'ютерними програмами згідно до зареєстрованих динамічних вертикальних та рамних сил на боковини візка поблизу направляючої колісної пари. Розрахунки велись через короткі інтервали з ймовірністю 0,001 (ОСТ 34.050.37). Тому результати мають вигляд суцільних смуг. Вповзання колеса на рейку вважається можливим тоді, коли мінімальні значення коефіцієнту подовж деякого часу пересікають граничну допустиму межу 1,35.

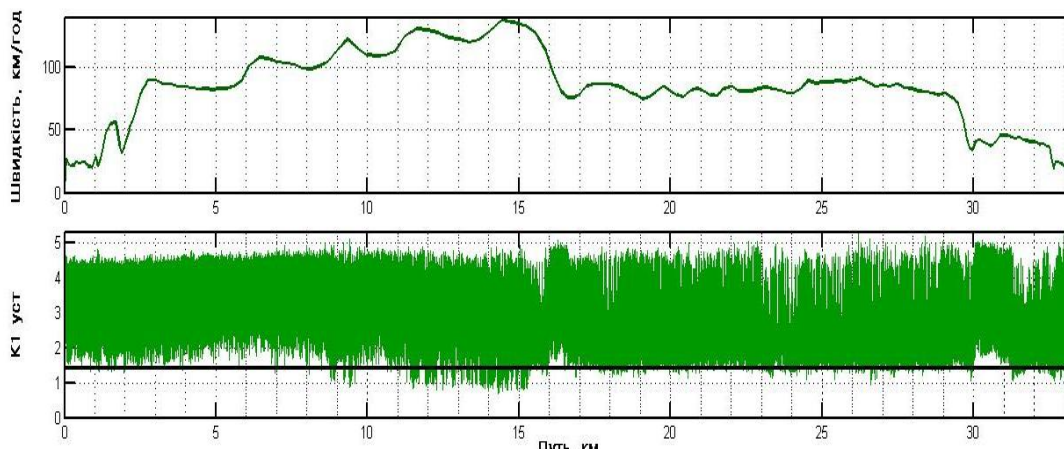


Рис. 6. Швидкість руху порожнього обкотишевоза та результати розрахунку коефіцієнтів стійкості від сходу з рейок

На рис. 6 показані графіки швидкості руху по довжині дослідного перегону та результати обчислень коефіцієнта стійкості K_1 обкотишевоза (піввагон у поїзді був відчеплений).

Смуга коефіцієнтів K_1 верхньою частиною досягає відмітки 5 одиниць (чим більше значення, тим стійкіше рухається колісна пара). Нижня ж частина смуги знаходиться в основному вище граничної лінії, нанесеної на графіку. Незадовільні значення коефіцієнтів (не короточасні пересікання обмежуючої лінії) спостерігаються на 10...15 кілометрах колії, де швидкість руху перевищила 120 км/год. В умовах експлуатації така швидкість заборонена. При меншій швидкості коефіцієнти K_1 задовільні. Це свідчить, що Т-клини у візках активізують роботу пружних ковзунів. Критична швидкість руху

порожнього вагона-обкотишевоза, при якій збурюються автоколивання виляння, виявилась вищою за конструктивну швидкість (120 км/год). Слід сказати, що колісні пари обкотишевоза були обточені за профілем УЗ-ДПТ, при якому критична швидкість порожнього вагона без пружних ковзунів дорівнює 80 км/год.

У піввагоні-еталоні з зношеними типовими клинами пружні ковзуни не виконували свої функції. Розраховані за даними сумісної поїздки коефіцієнти стійкості порожніх обкотишевоза K_1 та піввагона K_2 наведені на графіках рис. 7. При проходженні перших 14 кілометрів траси швидкість руху складала 75...100 км/год (див. графік швидкості). Проявились усі ознаки перевищення критичної швидкості піввагона – виляння візків та інтенсивний звивистий рух.

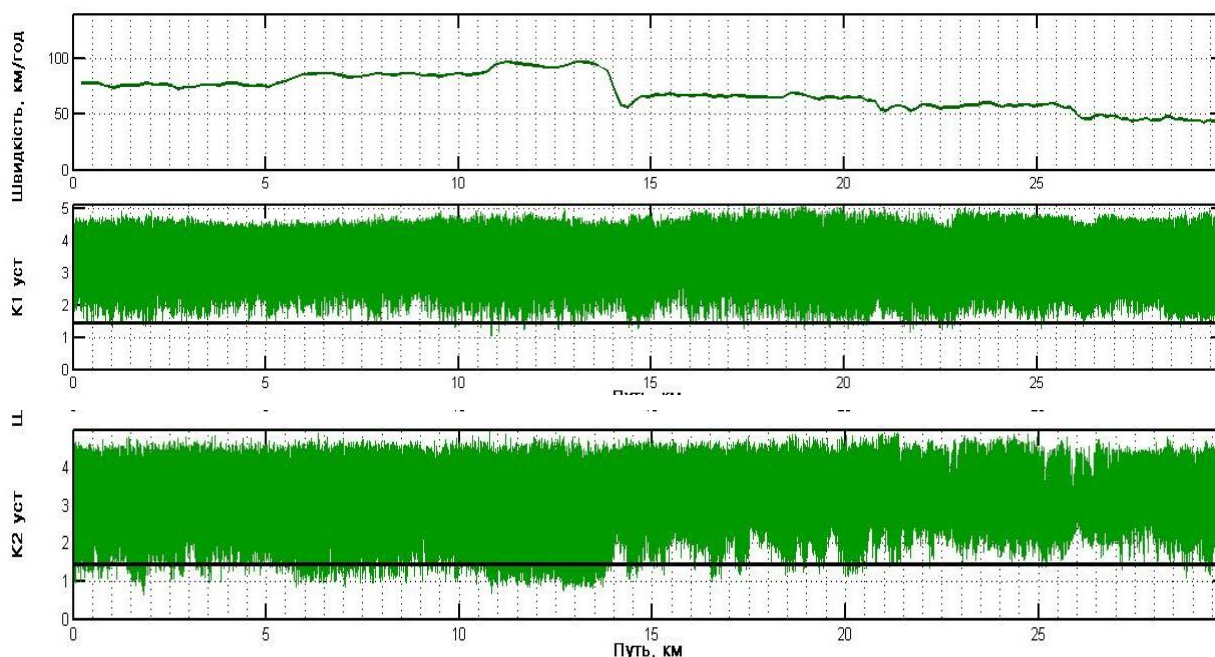


Рис. 7. Сукупність значень коефіцієнтів стійкості від сходу обкотишевоза (K_1) та піввагона (K_2) у дослідній поїздки сцепом

На цій ділянці нижня частина смуги K2 довгостроково виходить за межу допустимих значень, тобто стійкість порожнього піввагона незадовільна. Коефіцієнти стійкості обкотишевоза K1 на вказаній ділянці задовільні. Після проходу 14-го км швидкість руху зчепу була зменшена, коефіцієнти стійкості обох вагонів задовільні.

Після завершення циклу випробувань порожніх вагонів проведено їх завантаження і розпочато другий цикл. Однак, вже після першої поїздки було виявлене місцеве пошкодження вставок макетних Т-клинів, пов'язане з недостатньою міцністю у зонах перекосів башмака відносно корпусу. Це вимусило зняти їх з випробувань.

Висновок. Проведені розробки та випробування щодо використання трьохелементних клинів при удосконаленні візків моделі 18-100 за технологією ДПТ-ТАУС показали:

– покращуються динамічні показники руху порожнього вагона за рахунок збільшення статичного прогину, а саме: динамічна напруженість бокових рам візка зменшується вдвоє, прискорення шворневого вузла вагона зменшуються на 25 %;

– активізується робота пружних ковзунів, що приводить до збільшення критичної швидкості та покращення стійкості руху порожнього вагона (зафіксовано, що критична швидкість обкотишевоза перевищила конструктивну);

– макетні Т-клинки виявились недостатньо міцними у зонах концентрації напружень, що необхідно врахувати при проектуванні промислових зразків.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Савчук О. М. Об интенсивном влиянии тележек / О. М. Савчук, О. В. Шатунов, Н. А. Гричаний. – М. Железнодорожный транспорт. РФ. – № 3, 2003 г. – С. 44–45.
2. Патент України № 10338 (В61F5/06). Ресорный комплект вагонного візка // О. М. Савчук, О. М. Пшінько, В. О. Мельничук, А. Д. Лашко, О. Г. Рейдемейстер, А. А. Міщенко, – К. Держпатент. Бюл. № 11, 2005 г.
3. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М. ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996 г. – 317 с.

Надійшла до редколегії 17.07.2007.