

І.Г.Узлов, К.І.Узлов, Т.Є.Суровцева,
О.В.Кутішенко*, М.В.Худецький*

АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ВИМОГ НОРМАТИВНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ ДО КОЛІСНОЇ ПРОДУКЦІЇ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ

*ІЧМ НАН України, *Головне управління вагонного господарства «Укрзалізниця»*

Метою роботи є дослідження тенденції розвитку нормативних вимог до здавальних характеристик. Проаналізовано стандарти, починаючи з ДСТУ 6362-59. Показано, що за останні 50 років безперервно зростали вимоги до твердості ободу коліс. Встановлено, що промислове рішення цього завдання може бути досягнуто тільки за рахунок підвищення якості колісної сталі і коригування технологічних процесів. Ці положення легітимізуються у ДСТУ 10791-2011.

залізничні колеса, нормативні вимоги, міцність, твердість, пластичність

Сучасний стан питання. Проблеми удосконалення колісних пар вагонів для рухомого складу залізниць з метою поліпшення їх працездатності розглядають багато країн. Багаторічні спостереження та дослідження виявили, що залізничні колеса слід аналізувати не тільки як виріб, в якому працює поверхня кочення, але як конструкцію, що має високу надійність та тривкість до спрацювання, стійкість до теплового впливу. Такі властивості визначаються насамперед матеріалом коліс, який повинен володіти комплексом механічних властивостей для забезпечення необхідних експлуатаційних характеристик.

Метою роботи є дослідження тенденції розвитку нормативних вимог до здавальних характеристик.

Аналіз розвитку вимог нормативної документації до колісної продукції рухомого складу залізниць. Невідворотна динаміка жорсткішання експлуатаційних вимог поступово знаходила своє закономірне відображення у нормативній документації на колісну продукцію металургійного виробництва. У якості яскравого прикладу, у цьому розділі роботи проаналізовані нормативні положення стандартів за останні півсторіччя на колеса суцільнокатані для вантажних вагонів рухомого складу залізниць (табл.1,2). Табл.1 свідчить про те, що, починаючи з 1959 року, з метою підвищення експлуатаційної довговічності колісної продукції, вимоги до тимчасового опору руйнуванню безперервно підвищувалися від нижньої границі $\sigma_B = 830$ МПа в ГОСТ 6362 у 1959 році до $\sigma_B = 911$ МПа у ГОСТ 10791 в 1981 та 1989 роках і далі до $\sigma_B = 980$ МПа у ДСТУ ГОСТ 10791 2006 року. Разом з тим, у тому ж 2006 році, авторами наявного дослідження були розробленими і набули чинності технічні умови України ТУ У 35.2-23365425-600:2006 на «Колеса суцільнокатані діаметром 957мм підвищеної міцності та тривкі до спрацювання» марки «Т», для яких обговорюємий показник встановлений $\sigma_B \geq 1078$ МПа.

Таблиця 1. Механічні властивості суцільнокатаних коліс вантажних вагонів за вимогами нормативних документів.

Нормативний документ	Марка сталі	Тимчасовий опір, σ_b , МПа		Відносне видовження, δ , %		Відносне звуження, Ψ , %		Ударна в'язкість, КСУ, Дж/см ²			Твердість, НВ	
		Обод	Диск	Обод	Диск	Обод	Диск	Обод, +20°C	Диск		Обод, 30мм	Інше
ГОСТ 6362-59	2	830-1020	-	≥ 10	-	≥ 13	-	-	-	-	≥ 241	-
ГОСТ 10791-64	Б	850-1050	-	≥ 10	-	≥ 16	-	≥ 30 факул.	-20°C ≥ 15 факул.	≥ 245	-	-
ГОСТ 10791-81	2	911-1107	-60°C факул.	≥ 8	-60°C факул.	≥ 14	-60°C факул.	≥ 20	-60°C факул.	≥ 255	50мм факул.	-
ГОСТ 10791-89	2	911-1107	факул.	≥ 8	факул.	≥ 14	факул.	≥ 20	-60°C факул.	≥ 255	50мм факул.	-
ДСТУ ГОСТ 10791:2006	2	910-1110	$\leq 80\%$ ободу. факул.	≥ 8	-	≥ 14	-	≥ 20 факул.	-60°C ≥ 15	≥ 255	т.А НВ ₃₀ -15	-
	3	980-1130	$\leq 80\%$ ободу. факул.	≥ 8	-	≥ 14	-	≥ 16 факул.	-60°C ≥ 15	≥ 285	т.А НВ ₃₀ -15	-
ТУ У 35.2-23365425-600:2006	Т	≥ 1078	$\leq 80\%$ ободу. факул.	≥ 8	-	≥ 14	-	≥ 16 факул.	-60°C факул. ≥ 15	≥ 320	т.А НВ ₃₀ -15	-
ГОСТ 10791:2011	2	910-1110	$\leq 90\%$ ободу.	≥ 8	-	≥ 14	-	≥ 20	-60°C ≥ 15	≥ 255	НВ ₃₀ -15	-
	Т	≥ 1020	$\leq 90\%$ ободу.	≥ 9	-	≥ 16	-	≥ 18	-60°C ≥ 15	≥ 320	НВ ₃₀ -30. Магочна 10мм ≤ 290 НВ	-

Таблиця 2. Вимоги нормативних документів до хімічного складу сталей для коліс вантажних вагонів.

Нормативний документ	Марка сталі	Вміст елементів, мас.доля, %												
		C	Mn	Si	V	S	P	Cr	Ni	Cu	Mo	Ti	Nb	Al
ГОСТ 6362-59	2	0,57-	0,50-	0,17-	-	0,00-	0,00-	0,00-	0,00-	0,00-	-	-	-	-
		0,65	0,80	0,37		0,04	0,04	0,25	0,25	0,25				
ГОСТ 10791-64	Б	0,52-	0,50-	0,17-	-	0,00-	0,00-	0,00-	0,00-	0,00-	-	-	-	-
		0,63	0,90	0,37		0,04	0,04	0,25	0,25	0,25				
ГОСТ 10791-81	2	0,55-	0,50-	0,20-	-	0,00-	0,00-	0,00-	0,00-	0,00-	-	-	-	-
		0,65	0,90	0,42		0,04	0,035	0,25	0,25	0,25				
ГОСТ 10791-89	2	0,55-	0,50-	0,22-	-	0,00-	0,00-	0,00-	0,00-	0,00-	-	-	-	-
		0,65	0,90	0,45		0,04	0,035	0,25	0,25	0,25				
ДСТУ ГОСТ 10791:2006	2	0,55-	0,50-	0,22-	0,00-	0,00-	0,00-	0,00-	0,00-	0,00-	0,00-	-	-	-
		0,65	0,90	0,45	0,10	0,03	0,035	0,30	0,30	0,30	0,08			
ТУ У 35.2-2336425-600:2006	3	0,58-	0,50-	0,22-	0,08-	0,00-	0,00-	0,00-	0,00-	0,00-	0,00-	-	-	-
		0,67	0,90	0,45	0,15	0,02	0,03	0,30	0,30	0,30	0,08			
ТУ У 35.2-2336425-600:2006	Т	0,61-	0,70-	0,00-	0,08-	0,00-	0,00-	0,00-	0,00-	0,00-	0,00-	-	-	0,013-
		0,69	0,90	0,40	0,15	0,02	0,025	0,40	0,25	0,30	0,08			0,030
ГОСТ 10791:2011	2	0,55-	0,50-	0,22-	0,00-	0,005-	0,00-	0,00-	0,00-	0,00-	0,00-	0,00-	0,00	-
		0,63	0,90	0,45	0,10	0,025	0,03	0,30	0,30	0,30	0,08	0,03	-	0,05
ГОСТ 10791:2011	Т	0,62-	0,50-	0,22-	0,00-	0,005-	0,00-	0,00-	0,00-	0,00-	0,00-	0,00	0,00	-
		0,70	1,00	0,65	0,15	0,025	0,03	0,40	0,30	0,30	0,08	-0,03	-	0,05

Саме під тиском цих обставин, авторами нового Проекту ГОСТ 10791 у поточному 2009 році (у співавторстві з фахівцями ІЧМ НАНУ) межа міцності для коліс марки «Т» прийнята як $\sigma_B \geq 1020$ МПа. При цьому, для забезпечення необхідного опору проти зносу, безперервно зростали вимоги до твердості ободу коліс – від ≥ 241 НВ у 1959 році, до ≥ 245 НВ у 1964 році і далі до ≥ 285 НВ (для марки сталі 3 ДСТУ ГОСТ 10791). Але, і в цьому випадку, в нормативному документі ТУ У 35.2-23365425-600:2006 ця нижня межа була нормативно прийнятою як ≥ 320 НВ, що спонукало авторський колектив під час переглядання ГОСТ 10791 у 2009 році встановити твердість коліс марки «Т» на тому самому рівні ≥ 320 НВ.

Стрімке зростання нормативних вимог до твердості (від ≥ 241 НВ до ≥ 320 НВ) та тимчасового опору руйнуванню ($\sigma_B = 830$ МПа $\rightarrow \sigma_B = 1020/1078$ МПа) примусило, водночас, звернути особливу увагу на таку експлуатаційну характеристику, як в'язкість руйнування виробу, віддзеркаленням якої на приймально-здавальному етапі виробництва є ударна в'язкість. Системний аналіз даної властивості диску колеса, ободу колеса і бандажу та відповідних показників при кімнатній та негативних температурах до -60°C узагальнені в публікаціях [1–3]. Результатом цих досліджень стала така еволюція нормативних положень:

1959 р.: Вимоги до ударної в'язкості диску та ободу – відсутні.

1964 р.: Вимоги до ударної в'язкості диску та ободу – факультативні.

1981 р.: Вимоги до ударної в'язкості диску при $+20^\circ\text{C}$ – обов'язкові; диску при -60°C – факультативні; ободу – відсутні.

2006 р.: Вимоги до ударної в'язкості диску при $+20^\circ\text{C}$ та при -60°C – обов'язкові; ободу – факультативні.

2009 р.: Всі вимоги до ударної в'язкості диску при $+20^\circ\text{C}$ та -60°C , а також ободу – обов'язкові.

Розгляд даних табл.2 наявно свідчить про те, що, з метою підвищення показників твердості та міцності колісних виробів, верхнє обмеження за вмістом вуглецю в аналізованому періоді часу безперервно підвищувалося від 0.65% до 0.70% мас. Тому, починаючи з 2006 року, для коліс вантажних вагонів нормативно була передумовлена процедура мікролегування сталі ванадієм в оптимальній кількості (табл.2), що, спільно з використанням оптимізованих технологічних режимів виробництва, дозволяє досягти розв'язання поставленого завдання [4]. Подальший розвиток залізничного транспорту передбачає збільшення швидкості руху до 140–200 км/год, збільшення маси та вантажопід'ємності потягів, і водночас, підвищення жорсткості залізничних колій за рахунок застосування бетонних шпал і термозміцнених рейок. До цього додаються вимоги безпеки руху залізничного транспорту, які обумовлені рівнем показників якості окремих вузлів та елементів.

Тобто, за кінцевим рахунком, науковці та промислові технологи опинилися перед необхідністю «поєднання не поєднуемого», а саме - забезпе-

чення у виробках колісної номенклатури, водночас, найжорсткіших вимог до твердості (≥ 320 НВ) та міцності ($\sigma_B \geq 1020$ МПа) з підвищеним показником ударної в'язкості диску і ободу ($KCU_{+20^\circ C} \geq 20$ Дж/см²; $KCU_{-60^\circ C} \geq 15$ Дж/см²).

Порівняльний аналіз нормативних вимог ДСТУ ГОСТ 10791:2006 та ГОСТ 10791:2011. Наявні технологічні можливості виробництва колісної продукції в Україні такі, що вирішення вищенаведених проблем можливо тільки за умов поліпшення якості сталі, а це в остаточному підсумку залежить від використання високоякісної вихідної заготовки коліс. Такий стан речей змусив Міждержавний авторський колектив розробників (від України – ІЧМ НАНУ) ГОСТ 10791:2011 «Колеса цельнокатаные. Технические условия» звернути увагу на зміст в нормативному документі вимог щодо способу виробництва і якості сталевий заготовки окрім звичайних вимог щодо приймально-здавальних характеристик виробів (табл.3). ГОСТ 10791:2011 введений в дію з січня 2012 року. Встановлені раніше наукові положення, одержані промислові та експлуатаційні результати були включені до технічних вимог нового міждержавного стандарту щодо високосносостійких і безпечних в експлуатації колісних виробів із низьколегованих сталей з застосуванням їх ефективного мікролегування та термічного зміцнення.

В таблиці 3 наведений порівняльний аналіз нормативних вимог приймально-здавальних характеристик виробів за новим стандартом та попереднім ДСТУ ГОСТ 10791:2006. Слід зазначити, що в новій редакції ГОСТ 10791-2011 вперше включена високоміцна колісна сталь марки «Т» для вантажного рухомого складу залізниць (табл.3,п.1). Водночас, при збереженні попередньої норми на оптимальний вміст мікролегуючої домішки (ванадію – до 0.15%мас.), верхнє обмеження за вмістом вуглецю за новими вимогами підвищено від 0.67%мас. до 0.70% мас. (табл.3,п.2), що добре співвідноситься з межею за вмістом вуглецю, передбаченою ТУ У 35.2-23365425-600:2006 для марки сталі «Т» (табл.2). В новий стандарт включені нові вимоги щодо способу виробництва сталі.

В ГОСТ 10791:2011 позапічна обробка та вакуумування, на відміну від попереднього стандарту, є обов'язковими технологічними процедурами (табл.3,п.3). Це дозволило конкретизувати норми невідповідності за ультразвуковим методом контролю з використанням еталонних відбивачів до 1мм для категорії «А», яка відповідає найвищим показникам Європейського стандарту EN 13262:2006 (табл.3,п.4). Водночас таке нове технічне рішення сприяло поліпшенню якості колісної сталі з точки зору її забрудненості неметалевими включеннями. Табл.3,п.5 свідчить про те, що в новому ГОСТ 10791:2011 норми щодо балу за вмістом неметалевих включень встановлені жорсткішими у 1.5–2 рази у порівнянні з попереднім за ДСТУ ГОСТ 10791:2006 (табл.3, п. 5).

Таблиця 3 - Порівняльний аналіз найважливіших нормативних вимог щодо приймально - здавальних характеристик сучільнокатаних коліс для вантажного рухомого складу за ДСТУ ГОСТ 10791:2006 та ГОСТ 10791:2011

№ п/п	Технічна характеристика	За вимогою ДСТУ ГОСТ 10791:2006	За вимогою ГОСТ 10791:2011
	Класифікація	Колісна марка сталі «Г»: відсутня.	Марка «Г» - для коліс вантажного рухомого складу.
	Хімічний склад сталі	Для марки «З»: вуглець – 0.58 – 0.67%мас.; вадій – 0.08 – 0.15%мас.	Для марки «Г»: вуглець – 0.62 – 0.70%мас.; вадій – ≤0.15%мас.
	Метод виробництва	Сталь повинна піддаватися позапідній обробці інертним газом. Сталь <i>може</i> піддаватися вакуумуванню.	Сталь <i>піддають</i> позапідній обробці та <i>вакуумуванню</i> .
	Тривалісний контроль щільності ободу	Норми невідповідності затверджуються замовником.	Номинальний діаметр еталонних відбивачів: «А» - 1.0 мм; «В» - 2.0 мм; «С» - 3.0 мм.
	Тривалісність сталі ободів коліс неметалежими включеннями	Середній бал: в'їзди - ≤2/3 в'їзди глобулярні- ≤2.5/3 в'їзди строчечні - ≤1/1 в'їзди крихкі - ≤2/3 в'їзди пластичні - ≤1.5/3 в'їзди, що не деформуються – вимога відсутня.	Середній бал: в'їзди - ≤1.5/2 в'їзди точечні - ≤1.5/2.5 в'їзди строчечні - ≤1/1 в'їзди крихкі - ≤1.5/2 в'їзди пластичні - ≤1.5/1.5 в'їзди, що не деформуються - ≤1.5/2.5.
	Механічні властивості	Для марки «З»: ободу) = 980-1130Н/мм ² ободу) ≥ 8% ободу) ≥ 14% в'їзди ободу (30мм) ≥ 285НВ U _{+20°С} (ободу) ≥ 16Дж/см ² U _{-20°С} (диску) ≥ 16Дж/см ² КСУ _{40°С} (диску) ≥ 15Дж/см ²	Для марки «Г»: ободу) ≥ 1020Н/мм ² ободу) ≥ 9% ободу) ≥ 16% в'їзди ободу (30мм) ≥ 320НВ U _{+20°С} (ободу) ≥ 18Дж/см ² U _{+20°С} (диску) ≥ 18Дж/см ² U _{40°С} (диску) ≥ 15Дж/см ²

Висновок. Поліпшення якості сталі та впровадження нових технологічних заходів термічного зміцнення дозволили встановити в ГОСТ 10791:2011 нові підвищені вимоги до прийнятно-здавальних характеристик твердості, міцності, в'язкості та пластичності високоміцних, високотривких, ефективно мікрولهгованих колісних виробів (табл.3,п.6) марки «Т».

1. Узлов И.Г., Узлов К.И., Лашко А.Д., Мархай В.В. Высокопрочная металлопродукция и эффективное ее использование на железнодорожном транспорте // *Залізничний транспорт України.* - 2003. - № 3. - С. 27-30.
2. Узлов И.Г., Узлов К.И., Перков О.Н. Высокопрочные железнодорожные колеса из микрولهгированной ванадием стали // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 2004. - № 1. - С. 84-88.
3. Узлов И.Г., Узлов К.И. Науково-технічні положення і технологічні рішення щодо створення високоміцних залізничних коліс // В сб.: «Цільова комплексна програма НАН України «Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин»». –Київ : ІЕЗ НАНУ. - 2006.- С. 245-249.
4. Узлов И.Г., Узлов К.И., Перков О.Н., Кныш А.В. Научная разработка и производственная реализация технологии микрولهгирования и термоупрочнения высокоизносостойких железнодорожных цельнокатаных колес // В сб. «Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии». - Киев: Наукова Думка. - Вып. 7. - 2004. - С. 231-243.

*Статья рекомендована к печати
канд.техн.наук А.И.Бабаченко*

***И.Г.Узлов, К.И.Узлов, Т.Е.Суровцева, А.В.Кутишенко,
М.В.Худецкий***

Анализ развития требований нормативной документации к колёсной продукции подвижного состава железных дорог.

Целью работы является исследование тенденции развития нормативных требований к сдаточным характеристикам железнодорожных колёс. Проанализированы стандарты, начиная с ГОСТ 6362-59. Показано, что за последние 50 лет возросли уровни прочности, твёрдости и пластичности изделий одновременно. Установлено, что промышленное решение этого задания может быть достигнуто только за счёт повышения качества слитка и корректировки технологических процессов. Эти положения легитимизованы в ГОСТ 10791-2011.