

І.Г.Узлов, К.І.Узлов*, А.М.Хулін

КОМПЛЕКСНА ПРОГРАМА СТВОРЕННЯ ВИСОКОМІЩНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ МЕТАЛОПРОДУКЦІЇ ДЛЯ ВАГОНОБУДУВАННЯ

*Институт черной металлургии НАН Украины
Национальная металлургическая академия Украины*

Представлено «Комплексну програму по створенню високоміщної металопродукції для вантажних вагонів нового покоління з підвищеними експлуатаційними характеристиками». В складі програми представлено десять розділів та сорок чотири проекти, спрямовані на створення нових науково-технологічних рішень, що забезпечують суттєве підвищення експлуатаційних характеристик всіх деталей вагону. Авторами розробок є наукові установи, вищі навчальні заклади, конструкторсько-технологічні організації та промислові підприємства України. Програма була розглянута в Головному управлінні вагонного господарства Укрзалізниці і затверджена для виконання.

Ключові слова: комплексна програма, високоміщна металопродукція, вантажний вагон, експлуатаційні характеристики

Стан питання та завдання дослідження. Україна має одну з найбільш розвинених у Європі мережу залізниць, експлуатаційна довжина якої складає понад 22 тис. км. За густотою вона займає провідне місце серед країн СНД і наближається за цим показником до Європейських країн: Франції та Італії. За обсягами вантажних перевезень залізниці України посідають четверте місце в світі, поступаючись лише залізницям Китаю, Росії та Індії. Вантажонапруженість українських залізниць (річний обсяг перевезень на 1 км), у 3 – 5 разів перевищує відповідний показник розвинених європейських країн. Тобто, залізниці є базовою галуззю економіки України. На них припадає 88% вантажообігу (без урахування трубопровідного транспорту) та 50% пасажирообігу на відміну від країн ЄС, де частка залізниць становить біля 8%.

Заплановані позитивні зрушення в економіці України, постійна робота щодо залучення залізниць України до міжнародних транзитних перевезень починаючи з 2000 року забезпечили стійке зростання обсягів перевезень. Вантажообіг 2007 року досяг 262,8 млрд. ткм, що складає 109,7% до рівня 2006 року. У 2007 році залізницями України перевезено 512,5 млн. тонн вантажів, що складає 107,1% до рівня 2006 року. Однак, ситуація ускладнюється тим, що знос рухомого складу, термін експлуатації якого складає 25 – 30 років, досягає понад 70%. Це призводить до збільшення витрат на його ремонт та на забезпечення безпеки руху проти нормативних, більш ніж у 2 рази. Подальше збільшення вантажних перевезень, якого потребує економіка, вимагає формування нового рівня транспортного забезпечення потреб суспільства, який повинен базуватися на якісно новому здійсненні всього комплексу технологічних операцій. Новий рівень транспортного забезпечення вимагає впровадження рухомого складу

нового покоління з більш високим рівнем якісних, технічних та економічних показників експлуатації, збільшеними термінами служби та безпеки, з його відповідністю новим сучасним вимогам, у тому числі і світовим.

Прийнятою Укрзалізницею «Комплексною програмою оновлення залізничного рухомого складу України на 2008 – 2020 роки», пріоритетом в оновленні рухомого складу встановлено забезпечення залізниць України рухомим складом переважно нового покоління. Це дозволить покращити техніку – економічні показники діяльності залізничного транспорту, поліпшити безпеку та зручність перевезень, підвищити конкурентоспроможність залізниць України, зробити ривок у підвищенні роботи галузі. При цьому, очікується, що за рахунок впровадження передбачених заходів скоротиться час перебування пасажирів у дорозі з 6 – 10 до 3 – 5 годин, підвищиться в 1,5 рази «населеність» пасажирських вагонів та зменшаться потреби в пасажирському рухомому складі за рахунок скорочення обороту поїздів. Для забезпечення більш вагомих обсягів вантажних перевезень планується модернізація більшої частини інвентарного парку з підвищенням його продуктивності, надійності та скороченням витрат на ремонт, оновлення парку за рахунок використання вагонів з підвищеними експлуатаційними характеристиками. Поповнення інвентарного парку вантажних вагонів планується, в першу чергу, вагонами нового покоління з навантаженням на вісь 25-30 тонн, продуктивністю 112% до наявних, пробігом до 1 млн. км.

Програмою передбачається забезпечення прогнозованих обсягів перевезень вантажів і пасажирів на період 2008 – 2020 років за рахунок наявного парку тягового рухомого складу шляхом подовження терміну його служби і модернізації, а також використання нового рухомого складу, переважно вітчизняного виробництва. Планується, що новий рухомий склад буде більш продуктивний та економічний.

Для створення та освоєння виробництва вантажного рухомого складу нового покоління та його складових частин Програмою були висунуті базові принципи, зокрема, такі:

- * Розробка типових технічних вимог до вантажних вагонів нового покоління.

- * Розробка та переробка нормативної документації, яка стосується подовження термінів служби рухомого складу.

- * Застосування при виробництві вантажних вагонів нових матеріалів з більш високими технічними характеристиками, а також комплектуючих підвищеної надійності.

- * Підвищення продуктивності на 18 – 20%.

- * Можливість збільшення осьового навантаження до 25,0-30,0 тс та швидкості руху поїздів до 120-140 км/год.

- * Збільшення терміну служби вагону, основних його деталей та вузлів в 1,5 – 2,0 рази.

* Збільшення міжремонтного пробігу основних деталей і вузлів зі 100 тис. до 1 млн. км.

* Технічні вимоги до литих деталей візків нового покоління повинні мати більш жорсткі вимоги за рахунок розроблення оптимального складу, структури і властивостей сталей та чавунів.

* Екіпажна частина тягового рухомого складу повинна забезпечувати пробіг бандажів колісних пар до 1 млн. км.

* Поверхня кочення колеса повинна мати твердість не менше 320 НВ.

Поставлені заходи спрямовані на досягнення завдання роботи щодо створення обґрунтованої системи технологічних рішень, прогнозованої промислової реалізації оптимальних параметрів виробництва високоміцних, економічних, довговічних, безпечних та надійних в експлуатації елементів вагонів нового покоління для залізничних шляхів України.

Розглядаючи цю проблему, слід вказати на те, що найбільш великі споживачі масових видів металопродукції (машинобудування, будівництво, залізничний транспорт та інші) не готові в належній мірі до широкого застосування широкого асортименту нових видів металовиробів. Для компенсації низьких значень експлуатаційних характеристик металопродукції підприємства цих галузей при створенні машин, механізмів і будівельних конструкцій застосовують металеві профілі та ливарні вироби більш великих перетинів, що збільшує металоємність готових виробів. Внаслідок цього, наприклад, питома металоємність залізничного рухомого складу України вище зарубіжного на 50 відсотків, що суттєво знижує конкурентну спроможність цих виробів.

Результати досліджень та їх обговорення. Світовий досвід використання металопродукції характеризується стійкою тенденцією зростання частки застосування високоміцних сталей. У нашій країні (і в інших країнах СНД) також накопичений певний досвід застосування високоміцного сталевого прокату для виготовлення металевих виробів (табл.1). Виходячи з цих положень, питання докорінного підвищення якості металопродукції та забезпечення їй високої конкурентної спроможності на внутрішньому і зовнішньому ринках є найважливішими пріоритетними напрямками розвитку прогресивних видів металопродукції чорної металургії та її використання в металоспоживчих галузях. Вирішення цього завдання визначається головним чином суттєвим підвищенням рівня фізико-механічних властивостей та експлуатаційних характеристик сталевого прокату та литих деталей (в першу чергу його міцностних властивостей) на металургійних підприємствах, а також створенням нових конструкторських рішень і прогресивних технологій їх застосування у будівництві, машинобудуванні, в гірничо-видобувній промисловості, на транспорті та інших галузях, що дозволить істотно знизити металоємність виробів, що виготовляються.

У світовій практиці розроблені і використовуються два основні напрямки підвищення комплексу властивостей (в т.ч. і характеристик міцності) сталі і виробів з неї:

- а) виробництво металопродукції з легованих сталей;
 б) застосування процесів термічного зміцнення виробів з вуглецевих та економнолегованих сталей.

Таблиця 1. Приклади ефективного застосування термозміцненого прокату замість гарячекатаного

Найменування виробів	Властивості термозміцненого прокату	Ефективність застосування
Стріла автокрану КС-2561Д вантажопідйомністю 6,3 т. Виробництво Балашихінського заводу	$\sigma_T = 600 \text{ Н/мм}^2$	Економія металу 30% (340 кг замість 480 кг)
Лонжерони і рама автомобіля МАЗ	$\sigma_T = 650 \text{ Н/мм}^2$	Підвищення циклічної міцності в 3-4 рази. Зниження маси на 12%
Ковш екскаватора Э-302А	$\sigma_T = 600 \text{ Н/мм}^2$	Економія металу 40%
Опори технологічних трубопроводів (серія 3015-1/77, ип II У)	$\sigma_T = 390 \text{ Н/мм}^2$	Економія металу 18-20%
Покриття одноповерхових промбудівель з прокатних профілів типу "Москва"	$\sigma_T = 390 \text{ Н/мм}^2$	Підвищення несучої здатності на 15%. Забезпечення роботи при -65°C
Підкранові ферми прольотом 12 м (розрахунок ПДАБА, виготовлення Дніпропетровського заводу металокопункцій ім. І.В. Бабуршкіна)	$\sigma_T = 470-780 \text{ Н/мм}^2$	Підвищення несучої здатності в 1,35-2,05 рази

Виходячи з дорожнечі і дефіцитності легуючих елементів (для України, яка не має достатніх ресурсів хрому, нікелю, ванадію, молібдену, ніобію, які широко використовуються для виробництва високоміцних сталей, це завдання стоїть дуже гостро), слід по новому розглядати питання використання гарячекатаних легованих марок сталі в таких високометалоємких галузях як машинобудування, будівництво, транспорт, гірничодобувна промисловість. Як показує досвід ефективного застосування легуючих елементів для виготовлення прокату масового призначення технічно і економічно виправдане лише у випадку використання цього матеріалу в термічно зміцненому стані. Тільки в цьому випадку більш повно використовуються потенційні можливості легуючих елементів - підвищуються на 30-40 відсотків міцнісні властивості, істотно знижується температура крихкого руйнування, зменшується схильність до старіння. Підтвердженням цьому можуть служити дані табл.2 (ГОСТ 19281-89).

Відповідно до рішення Міністерства транспорту та зв'язку України створена «Комплексна програма оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки» і в Укрзалізниці розпочаті роботи по створенню вантажних вагонів нового покоління, призначених для експлуатації

з підвищеними до 25-30 т осьовими навантаженнями і збільшеними до 120-140 км/год швидкостями руху вантажних поїздів. Аналогічна Державна програма здійснюється також у Російській Федерації, яка визначена головною по Єдиному залізничному транспорту держав СНД та Балтії. Для цієї мети для вагонного парку залізничного транспорту України необхідні нові високоміцні марки сталі з використанням вітчизняних сировинних ресурсів.

Таблиця 2. Властивості сталевого прокату в гарячекатаному (г.к.) і термозміцненому (т.з.) станах

Марка сталі	Стан прокату	Вид додаткової обробки	Клас міцності	Механічні властивості			
				σ_T , Н/мм ²	σ_B , Н/мм ²	δ_5 , %	KCU, Дж/см ² (-40 °C)
10Г2С1	Г.К.	-	295	295	430	21	29
14Г2	Г.К.	-	325	325	450	21	39
17Г1С1	Г.К.	-	325	325	450	21	39
10Г2С1		Т.З.	390	390	510	19	44
14Г2		Т.З.	390	390	510	19	44
17Г1С1		Т.З.	375	375	510	20	39

З урахуванням цих положень Інститутом чорної металургії НАНУ та Національною металургійною академією України розпочаті роботи по створенню високоміцного листового, сортового і фасонного прокату з використанням низьковуглецевих сталей (типу СтЗпс), модифікованих нетрадиційними феросплавами і лігатурами (наприклад, азотомістними лігатурами) [1]. У результаті отриманий в термічно зміцненому стані високий комплекс міцностних і в'язких характеристик (табл.3).

Фізико-технологічним інститутом НАНУ розроблені високоміцні конструкційні сталі на основі їх зміцнення нітридною фазою [2], відомі також розробки в цьому напрямку інших наукових організацій.

Таблиця 3. Властивості сталей для вагонобудування

Марки сталі	σ_T , Н/мм ²	δ_5 , %	KCU, Дж/см ²			
			+20°C	-20°C	-40°C	-70°C
Застосовувана сьогодні 09Г2Д	295	21,0	98,0	-	29,0	-
10ХСНД	390	18,0	-	-	34,0	29,0
Нова мікролегована високоміцна (розробка ІЧМ НАНУ та НМетАУ)	550-600	21,0	-	-	-	75,0-85,0

ІЧМ НАНУ та ВАТ «ІНТЕРПАЙП НТЗ» виконані розробки по створенню високоміцних залізничних коліс, які завершені впровадженням нової сталі та технології виробництва цих коліс. Експлуатація високоміц-

них коліс показала підвищення строку роботи більш як на 30 відсотків. Нові колеса включені до складу Міждержавного стандарту ГОСТ 10791-2011 [3]. ІЧМ НАНУ разом з підприємством «Амстед-рейл» (Україна) розроблена та впроваджена в виробництво технологія термічного зміцнення чавунних деталей для візків вантажного вагона [4]. Багатьма науковими організаціями та вищими навчальними закладами України виконані важливі науково-дослідні роботи, проведені їх дослідні та дослідно-промислові випробування по створенню високоефективної металопродукції, яка може бути використана на залізничному транспорті України. Відомі також дані про розробки інших наукових організацій, які використовують принципи мікролегування сталей для одержання високих експлуатаційних властивостей з одночасним зменшенням металоемкості широкого сортаменту виробів та забезпеченням їм належної конкурентної здатності. Цьому завданню присвячена комплексна програма по створенню високоміцної економічної металопродукції для вантажних вагонів нового покоління.

Виходячи з приведених положень завдання розробки комплексної програми по створенню високоміцної економічної металопродукції для вантажних вагонів нового покоління було розглянуто на технічній нараді спільної координаційної науково-технічної комісії Укрзалізниці 10.06.2010 року [4], а також на засіданні науково-технічної ради по вагонному господарству Укрзалізниці 28.04.2011 року [5]. На основі цих рішень керівництвом Укрзалізниці було направлено звернення в наукові установи, вищі навчальні заклади, конструкторські організації та промислові підприємства України звернення прийняти участь в розробці та реалізації цієї комплексної програми (всього 22 організації та підприємств). Головною організацією по створенню нової металопродукції для вантажних вагонів був визначений Інститут чорної металургії НАНУ. В цих зверненнях були сформульовані вимоги до нової металопродукції для вантажних вагонів нового покоління.

1. Для вагонів нового покоління металопродукція повинна мати високу собівартість, оскільки вона буде споживатися на залізничному транспорті в дуже великих об'ємах.

2. Металопродукція повинна мати підвищену корозійну стійкість.

3. Сталеві матеріали повинні зварюватися без обмежень в умовах проведення ремонтних робіт в депо.

4. Високоміцні колеса мають впевнено забезпечувати вимоги нового ГОСТ 10791-2011 щодо марки «Т».

5. Литі сталеві деталі повинні мати: границю плинності $\sigma_T \geq 380$ Н/мм²; відносне видовження $\delta_5 \geq 18\%$; ударна в'язкість при негативних температурах КСУ_{-60°C} $\geq 24,5$ Дж/см²; коефіцієнт запасу опору втомі повинен бути $(n) \geq 1,8$.

6. Литі чавунні деталі в термозміцненому стані повинні мати (в залежності від типу металеві матриці): твердість не менше 240...400НВ;

тимчасовий опір руйнуванню (σ_B) – не менше 800...1300МПа; умовна границя плинності ($\sigma_{0,2}$) – не менше 500...1100МПа; відносне видовження (δ_{10}) – не менше 2...7%; ударна в'язкість (КСУ_{+20°C}) – не менше 2...8Дж/см².

7. Металопрокат для кузова вантажного вагону повинен мати границю плинності $\sigma_T \geq 500$ Н/мм²; відносне видовження $\delta_5 \geq 18\%$; ударна в'язкість при негативних температурах КСУ_{-60°C} ≥ 29 Дж/см²;

При визначенні рівня властивостей металопродукції для вантажних вагонів нового покоління були враховані вимоги галузевого ОСТ 32.153-2000 Російської Федерації стосовно кузовів вантажних вагонів аналогічного призначення.

В процесі розробки програми з Укрзалізницею була узгоджена її структура, а також зміст кожного її розділу та проектів. В складі програми представлені десять розділів та сорок чотири проекти, направлених на створення нових науково-технологічних рішень, які забезпечують суттєве підвищення експлуатаційних характеристик всіх деталей вагону.

Розділ перший. Силові навантаження на елементи вагона в нових умовах експлуатації

Розділ другий. Оптимізація конструкції основних типів вантажних вагонів

Розділ третій. Суцільнокатані колеса

Розділ четвертий. Вагонні вісі

Розділ п'ятий. Виробництво сталевих в тому числі литих деталей візка та гальмівної системи

Розділ шостий. Виробництво чавунних деталей візка

Розділ сьомий. Виробництво мікролегованих та модифікованих сталей для виготовлення листового, фасонного, сортового прокату та гнутих профілів

Розділ восьмий. Виробництво спечених порошкових матеріалів для фрикційних та інших елементів вагону

Розділ дев'ятий. Зварювальні процеси високоміцного металопрокату

Розділ десятий. Нові критерії оцінки експлуатаційної безпеки високоміцної металопродукції

Авторами всіх цих розробок є наукові установи, вищі навчальні заклади, конструкторсько-технологічні організації та промислові підприємства України (всього сімнадцять).

В процесі розробки програми було сформульоване завдання орієнтувати виробництво всього сортаменту вантажних вагонів нового покоління максимально на вітчизняних підприємствах.

Виробництво якісних сталей різного хімічного складу є можливість організувати на металургійному комбінаті «Азовсталь» в конвертерному цеху, який має в своєму складі сучасні установки позапічної обробки сталі.

Сталеві литі деталі для візків вантажних вагонів виробляє Кременчукський сталеливарний завод. Чавунні литі деталі для візків вагонів в термо-зміцненому стані виготовляють Рівненський ливарний завод в співпраці з заводом «Амстед-Рейл» (м. Малін Житомирської обл.).

Виробництво суцільнокатаних коліс з виплавою сталей різного хімічного складу, їх деформаційною та термічною обробкою організовано на підприємствах України «ІНТЕРПАЙП СТАЛЬ», та ПАТ «ІНТЕРПАЙП НТЗ» (м. Дніпропетровськ). Вісі катані для колісних пар виготовляє металургійний комбінат ім. Держинського (Дніпропетровська обл.).

Весь сортамент листового, сортового та гнутих профілів для кузова вантажних вагонів може бути виготовлений на комбінаті «Азовсталь» (товстолистовий стан 3600 з можливостями термічного зміцнення та на крупно сортному стані 650), а також на комбінаті «Запоріжсталь» (тонколистовий стан 1680 та цех гнутих профілів).

В заключній частині програми приведені узгоджені та затверджені основні організаційно-технічні пропозиції щодо виконання основних робіт комплексної програми по створенню високоміцної економічної металопродукції для вантажних вагонів нового покоління.

1. Укрзалізниця повинна визначити головний вагонобудівний завод України, якому будуть доручені виготовлення та випробування головного вантажного вагону нового покоління з використанням нової металопродукції.

2. Конструкторсько-технологічні підрозділи головного вагонобудівного заводу з залученням науковців-розробників нової високоміцної металопродукції визначають оптимальний рівень властивостей кожного елемента вагону для формування заказів металургійним та машинобудівним заводам на виготовлення високоміцних економічних профілів листового, фасонного, сортового прокату та гнутих профілів, а також литих сталевих і чавунних деталей.

3. Разом з підрозділами Міністерства інфраструктури України визначити металургійні та машинобудівні підприємства України - постачальники нової високоміцної металопродукції і організувати на них виробництво всього сортаменту нової металопродукції для вагонів нового покоління.

Висновки.

«Комплексна програма по створенню високоміцної металопродукції для вантажних вагонів нового покоління з підвищеними експлуатаційними характеристиками» була розглянута в Головному управлінні вагонного господарства Укрзалізниці і затверджена нею для виконання. В січні 2014 року програма була розіслана Укрзалізницею всім сімнадцяти її виконавцям для підготовки більш детальних пропозицій по кожному проекту.

1. *Высокопрочная термически упрочненная микролегированная конструкционная сталь для вагоностроения* / Узлов И.Г., Пучиков А.В., Узлов О.В., и др. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2013. – № 2. – С.51-54
2. *Бабаскин Ю.З., Шипицын С.Я., Кирчу И.Ф.* Конструкционные и специальные стали с нитридной фазой / Киев: Наукова думка, 2005. - 372 с.
3. *Промышленное производство высокопрочных железнодорожных колес.* / И.Г.Узлов, К.И.Узлов, А.В.Кныш и др. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2008. – № 1. – С.98-101.
4. *Промышленное освоение технологии аустемперинга чугунов с шаровидным графитом на предприятии «А. Стаки-Рейл».* / К.И.Узлов, А.Н.Хулин, Ж.А.Дементьева и др. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2006. – № 4. – С.79-81.
5. *Технічна нарада спільної координаційної науково-технічної комісії Укрзалізниці 10.06.2010р.* (п.11, стор. 11-12).
6. *Засідання науково-технічної ради по вагонному господарству Укрзалізниці 28.04.2011р.* (п.11, стор. 13-18).

*Статья рекомендована к печати:
докт. техн. наук, проф. Г.В. Левченко,
канд. техн. наук А.И. Бабаченко*

И.Г.Узлов, К.И.Узлов, А.Н.Хулин

Комплексная программа создания высокопрочной экономичной металлопродукции для вагоностроения

В работе разработана «Комплексная программа по созданию высокопрочной металлопродукции для грузовых вагонов нового поколения с повышенными эксплуатационными характеристиками». В составе программы представлены десять разделов и сорок четыре проекта, направленные на создание новых научно-технологических решений, которые обеспечивают существенное повышение эксплуатационных характеристик всех деталей вагона. Авторами всех этих разработок являются научные учреждения, высшие учебные заведения, конструкторско-технологические организации и промышленные предприятия Украины (всего семнадцать). Программа была рассмотрена в Главном управлении вагонного хозяйства Украинской железной дороги и утверждена ею для выполнения.

Ключевые слова: комплексная программа, высокопрочная металлопродукция, грузовой вагон, эксплуатационные характеристики

I.G.Uzlov, K.I.Uzlov, A.N.Hulin

A comprehensive program to create high cost of steel for carriage

In this paper we developed a "comprehensive program to create high-strength steel for the new generation of freight cars with high performance." As part of the program are ten chapters and forty-four projects aimed at creating new scientific and technological solutions that provide a significant increase in performance of all parts of the car. The authors of all these developments are research institutions, universities, design and technological organizations and industrial enterprises of Ukraine (only seventeen). The program was reviewed in the General Directorate of car facilities Ukrainian Railways and approved it for execution.

Keywords: complex program, high-strength metal, freight cars, performance