

где h_1 – изменение сближения поверхности обрабатываемой детали и инструмента; R_z – параметр шероховатости; E – модуль упругости более мягкого материала.

Исследованиями установлено, что C изменяется от 1 до 6. При вибрационном деформировании $C = 7 \dots 10$.

На величину изнашивания оказывает влияние продолжительность контакта отдельных участков.

При перемещении трущихся поверхностей с малыми скоростями скольжения возникают механические релаксационные колебания, обусловленные трением.

Вибрационное деформирование способствует уплотнению обрабатываемой поверхности и увеличению износостойкости восстанавливаемых (изготавливаемых) деталей.

В интервале давлений и скоростей, при которых металл в тонком поверхностном слое упрочняется, изнашивание деталей происходит за счет разрушения металла на отдельных, наиболее сближенных участках контакта, а также за счет абразивного изнашивания. Основной причиной, вызывающей снижение износа, является упрочнение металла при обработке давлением.

Выводы

Для увеличения долговечности деталей необходимо назначать такие режимы обработки, при которых в активном поверхностном слое происходило бы дальнейшее упрочнение металла в результате структурных изменений, вызванных пластическим деформированием. Для этого необходимо проведение дальнейших исследований для определения влияния основных факторов на протекание процесса изнашивания деталей определенной номенклатуры.

Список літератури: 1.Березкин В.Г. Формоизменение металлов при обработке давлением / В.Г. Березкин. – М.: Машиностроение, 1973. – 154 с.2.Сулима А.М. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей машин / А.М. Сулима, В.А. Шулов, Ю.Д. Ягодкин. – М.: Машиностроение, 1988. – 240 с.3.Крагельский И.В. Трение, изнашивание и смазка / И.В. Крагельский, В.В. Алисин. – М.: Машиностроение, 1978. – 400 с.4.Павлов Н.М. Теория прокатки / Н.М. Павлов. – М.: Металлургия, 1965. – 610 с.5.Губкин С.Н. Пластическая деформация деталей. – М.: Металлургиздат, 1970. – 400 с.

Поступила в редколлегию 11.05.2011

УДК 629.463.65+629.463.66

В.В. ФОМІН, заст. дир. ЗАО «Донецксталь»- металлургический завод»

ОПТИМІЗАЦІЙНЕ ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СТІНИ БОКОВОЇ ОКАТИШЕВОЗІВ 20-9749 ЗА КРИТЕРІЄМ МІНІМАЛЬНОЇ МАТЕРІАЛОЄМНОСТІ

В статті представлені особливості та результати оптимізаційного проектування елементів стіни бокової окатишевозів моделі 20-9749 за критерієм мінімальної матеріалоемності.

Ключові слова: оптимізаційне проектування, елементи стіни бокової.

В статье представлены особенности и результаты оптимизационного проектирования элементов стены боковой окатышевозов модели 20-9749 по критерию минимальной материалоемкости.

Ключевые слова: оптимизационное проектирование, элементы стены боковой.

In the article the represented features and results of the optimization planning tying elements wall of lateral gondola for okatyshey model a 20-9749 after the criterion of minimum materyaloemkosty.

Keywords: optimization planning, elements wall lateral.

Постановка проблеми і аналіз результатів останніх досліджень

У відповідності до Комплексної програми оновлення залізничного рухомого складу України на 2008-2020 роки, яку затверджено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14 жовтня 2008 року №1259 одним з пріоритетних напрямків розвитку залізничної галузі є оновлення вантажного вагонного парку Укрзалізниці конкурентоспроможними моделями вагонів вітчизняного виробництва.

Вирішення вищезазначеної задачі потребує удосконалення базових конструкцій вантажних вагонів вітчизняного виробництва за найважливішими технічними, економічними, інтегральними критеріями, які відповідають сучасному рівню техніко-економічних показників (ТЕП). Одним із найважливіших ТЕП є – матеріалоемність (тара) вагонів, зниження якої є одним із пріоритетних напрямків удосконалення їх конструкції [1, 2].

Загальновідомими шляхами зниження тари вагонів є: здійснення заходів, що забезпечують зменшення зусиль, які діють на вагон і його частини; надання вагонам і їх частинам оптимальних конструктивних форм; раціональний вибір матеріалів; удосконалення технології виготовлення і ремонту вагонів. При цьому на нинішній час одним з перспективних методів зниження матеріалоемності конструкцій вітчизняних вантажних вагонів є здійснення заходів, які спрямовані на забезпечення раціональних перерізів їх складових.

На сьогоднішній день одними з дефіцитних вантажних вагонів парку Укрзалізниці є спеціалізовані напіввагони-хопери для гарячих окатишів та агломерату (окатишевози), що обґрунтовується необхідністю вивода із експлуатації близько 90% їх парку по причині досягнення призначеного терміну служби. Це обумовлює потребу у їх поповненні. Вагомий внесок у поповнення парку окатишевозів Укрзалізниці вносить Державне підприємство «Укрспецвагон». При цьому базовою моделлю окатишевозів, які виготовляє це підприємство є модель 20-9749. Разом з цим проведені дослідження структури матеріалоемності цієї моделі вагонів [3, 4] засвідчили наявність значних резервів зниження маси складових стіни бокової модуля кузова. Вирішення зазначеної задачі на сучасному рівні потребує проведення оптимізаційного проектування елементів стіни бокової за критерієм мінімальної матеріалоемності. Але аналіз науково-технічної літератури з профілю досліджуваного питання засвідчив про відсутність проведення таких досліджень.

Мета статті та викладення основного матеріалу

В статті представлено особливості та результати оптимізаційного проектування конструктивних елементів стіни бокової окатишевозів моделі 20-9749 з метою зниження їх тари.

Конструкція стіни бокової окатишевозу моделі 20-9749 [5, 6] представлена на рис.1. Дослідження спрямоване на обґрунтований вибір форми профілів поперечних перерізів і їх відповідних геометричних параметрів для окремих конструктивних елементів (при їх незмінній довжині).

В якості об'єктів оптимізаційного проектування розглядались обв'язування верхнє (переріз А-А) та нижнє (переріз В-В), розкоси (переріз Б-Б), які виконані відповідно - з двох

зварювальних між собою швелерів 14В ГОСТ 5267.1, двох зварювальних між собою швелерів 16 ДСТУ 3436, швелеру 14В ГОСТ 5267.1 зі сталей марки 09Г2. Такий вибір обґрунтовується наявністю для вказаних елементів суттєвих розрахункових резервів міцності, які характеризуються співвідношенням діючих максимальних експлуатаційних еквівалентних напружень з їх допустимими значеннями (табл.1).

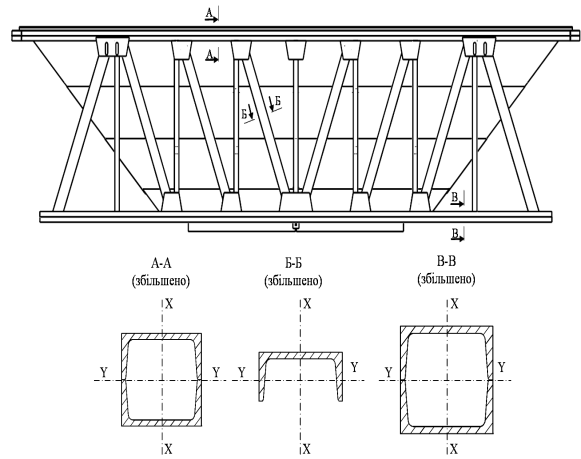


Рис.1. Конструкції стіни бокової окатишевозу моделі 20-9749

Таблиця 1. Співвідношення діючих максимальних експлуатаційних еквівалентних напружень з їх допустимими значеннями

Назва i -го елемента конструкції стіни бокової	Погонна маса \bar{m}_i^c , кг/м	Умовно загальна довжина l_i , м	Розрахунковий резерв міцності елемента γ , %	Осьовий момент опору W_i , см ³	Допустимий осьовий момент опору $[W_i]$, см ³
Обв'язування верхнє ($i=1$)	33,4	18,5	38	153,9	95,5
Обв'язування нижнє ($i=2$)	29,8	16,7	40	142,9	85,8
Розкос ($i=3$)	16,7	24,3	52	14,7	7,1

Для вирішення поставленої задачі були проведені пошукові дослідження в ході яких варіювались різні геометричні форми та матеріали для виготовлення розглядаємих елементів конструкції. Було встановлено, що для виготовлення обв'язувань верхнього та нижнього доцільно використовувати прямокутний замкнутий профіль (рис.2а), який може бути виконаний із труби прямокутного перерізу або вигнутий з листа відповідної товщини, а в якості розкосів доцільно використовувати гнучий швелер з рівними полицями (рис.2б) зі сталей марки 09Г2. Разом з тим використання таких профілів обґрунтувало необхідність проведення досліджень з вибору оптимальних геометричних параметрів їх перерізів.

На рис.2 показано поперечні перерізи запропонованих профілів, основними геометричними параметрами яких є: δ – товщина стінки (листа, який використовується при виготовленні), h – зовнішня висота, b – зовнішня ширина.

Метою робіт є отримання оптимальних значень параметрів $(\delta_i^*, h_i^*, b_i^*)$, при яких

буде забезпечена мінімальна маса стіни бокової $m_{\min}^{cm.б.}$ при виконанні умови міцності $(\sigma_{e\max i} \leq [\sigma])$.

В такій постановці оптимізаційне проектування стіни бокової окатишевозу моделі 20-9749 за критерієм мінімальної матеріаломісткості може розглядатися як задача багатомірної оптимізації з обмеженнями [7]:

$$m^{cm.б.}(\bar{X}) \rightarrow \min, \quad \bar{X} \in D_x \in D, \quad (1)$$

де $m^{cm.б.}$ – маса стіни бокової (основний критеріальний показник);

\bar{X} – вектор керованих змінних параметрів, складовими якого розглядаються – δ_i , b_i і h_i , інтервали варіювання яких визначають область можливих рішень D , в якій функціональними обмеженнями $[\sigma_i]$ виділяється область допустимих рішень D_x .

З урахуванням того, що величина $m^{cm.б.}$ визначається з урахуванням погонних мас кожного з виділених елементів нової конструкції $(m^{cm.б.} = \bar{m}_1^n + \bar{m}_2^n + \bar{m}_3^n)$, при проведенні відповідних етапів дослідження їх доцільно розглядати як критеріальні показники. При цьому для полегшення виконання розрахунків в якості функціональних обмежень приймалися значення допустимих осьових моментів опору $[W_1], [W_2], [W_3]$ (див. табл.1). В результаті проведених попередніх досліджень були встановлені наступні інтервали варіювання керованих змінних: обв'язування верхне – $h=8...10\text{см}$; $\delta=0,6...1\text{см}$, $b=const=14\text{см}$; розкос – $h=8...10\text{см}$; $\delta=0,5...1\text{см}$, $b=const=16\text{см}$; обв'язування нижне – $h=4...8\text{см}$; $\delta=0,5...1\text{см}$, $b=const=12\text{см}$.

Тоді для кожного з розглянутих елементів конструкції стіни бокової загальний математичний запис задачі оптимізаційного проектування буде мати вид:

$$\bar{m}_i^n(h_i^*, \delta_i^*) = \bar{m}_{i\min}^n, \quad b_i^*, \delta_i^* \in D_{xi} \in D \quad (2)$$

де h_i^*, δ_i^* – оптимальні значення параметрів h_i, δ_i , при яких забезпечується мінімальна погонна маса i -го елемента; вибираються в зоні допустимих рішень D_{xi} , яка належить загальній області можливих рішень D . Загальна область

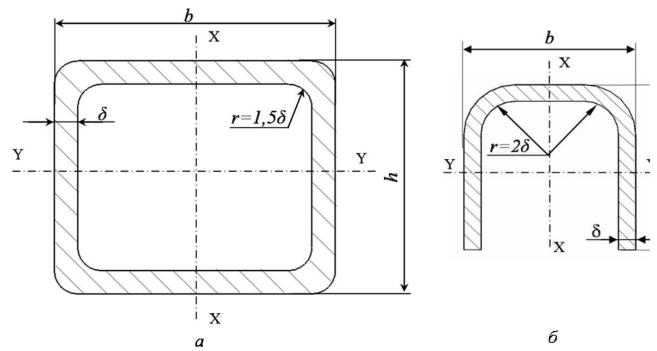


Рис.2. Перерізи запропонованих для модернізації профілів: а) профіль обв'язувань, б) профіль розкосу

можливих рішень визначається інтервалами варіювання змінних параметрів h_i, b_i .

Наприклад область допустимих рішень для обв'язування верхнього з урахуванням функціональних обмежень буде мати вид:

$$D_x = \left\{ h, \delta \left| W_x \geq 95,5 \text{ см}^3, 8 \text{ см} \leq h \leq 10 \text{ см}; 0,6 \text{ см} \leq \delta \leq 1 \text{ см}; b = \text{const} = 14 \text{ см} \right. \right\} \quad (3)$$

Обґрунтований вибір оптимальних значень геометричних параметрів перерізу h_i^*, δ_i^* виконувався на основі сумісного аналізу відповідних узагальнених математичних моделей виду: $m_{\text{ног.}}^h = f(\delta, h)$ і $W_x = f(\delta, h)$, отриманих з використанням методів математичного планування експерименту [8]. Для прикладу нижче наведено отримані математичні моделі для показників обв'язування верхнього:

$$m_{\text{ног.}}^{\text{обв.в.}} = 2,753 \cdot 10^{-13} - 6,217 \cdot 10^{-14} \cdot h + 21,588 \cdot \delta + 3,6 \cdot 10^{-15} \cdot h^2 - 3,084 \cdot \delta^2 + 1,542 \cdot h \cdot \delta; \quad (4)$$

$$W_x = 9,65 - 3,584 \cdot h + 5,465 \cdot \delta + 0,299 \cdot h^2 - 43,365 \cdot \delta^2 + 16,06 \cdot h \cdot \delta. \quad (5)$$

З використанням моделей 4, 5 будувалася допоміжний графік з ізолініями відповідних фіксованих значень контрольованих показників $m_{\text{ног.}}^{\text{обв.в.}}, W_x$, що представлено на рис.3.

Комплексний розгляд ізолій $m_{\text{ног.}}^{\text{обв.в.}}, W_x$ дозволив виділити заштриховану область допустимих рішень D_x , координати якої визначають шукані значення досліджуваних параметрів. З графіку видно, що оптимальними значеннями перерізу будуть $h^* = 10 \text{ см}$, $\delta^* = 0,7 \text{ см}$.

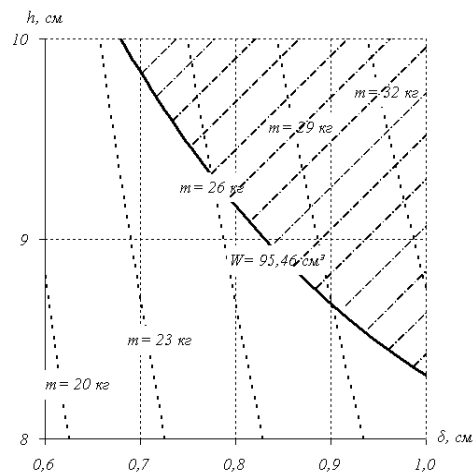


Рис.3. Допоміжний графік до визначення оптимальних параметрів перерізу нового профілю обв'язування верхнього
 - - - - - лінії рівних значень $m_{\text{ног.}}^{\text{обв.в.}} = f(h, \delta)$
 ————— лінія, що відповідає $[W_x]$
 Заштрихована зона графіку відповідає області D_x

Узагальнені результати дослідження для всіх трьох досліджуваних елементів стіни бокової представлено в табл. 2.

Практичне впровадження запропонованих технічних рішень з удосконалення конструкції стіни бокової дозволить знизити тару окатишевозу моделі 20-9749 на 470 кг. Вже це дозволить перевозити додатково близько 30 т вантажу у складі поїзда з 60 – ти таких напіввагонів-хоперів.

Таблиця 2. Узагальнені результати дослідження

Назва <i>i</i> -го елемента конструкції стіни бокової	h_i^* , см	δ_i^* , см	Погонна маса \bar{m}_i , кг/м	Розрахунковий осьовий момент опору W_i , см ³	Допустимий осьовий момент опору $[W_i]$ ($\sigma_{max} = [\sigma]$), см ³
Обв'язування верхнє ($i=1$)	10	0,7	24,4	97,7	95,5
Обв'язування нижнє ($i=2$)	8,5	0,6	24,3	86,3	85,8
Розкос ($i=3$)	5,5	0,5	8,1	7,4	7,1

Висновки і рекомендації щодо подальшого використання

Висвітлені у статті результати впровадження запропонованого підходу до використання конструкційних резервів зниження матеріалоемності складових конструкцій окатишевозів засвідчили його доцільність та ефективність.

Використання запропонованого підходу для модернізації інших елементів конструкції вітчизняних напіввагонів-хоперів для гарячих окатишів та агломерату дозволить суттєво поліпшити їх ТЕП, що позитивно вплине на підвищення показників рентабельності їх експлуатації та конкурентоспроможності залізничного транспорту.

Список літератури: 1.Шадур Л.А. Вагоны [Текст]/. Изд. 2-е, перераб. и доп. Под ред. Л.А. Шадура. М., «Транспорт», 1973. - 440 с. 2.Конструирование и расчет вагонов [Текст]: учебник для вузов ж.-д. трансп./ В.В.Лукин, Л.А.Шадур, В.Н.Котуранов, А.А.Хохлов, П.С.Анисимов.; под общ. ред. В.В.Лукина. - М.: УМК МПС России, 2000. 728с. 3.Мороз, В.І. Формалізоване описання конструкції залізничних напіввагонів-хоперів для гарячих окатишів та агломерату [Текст]/ В.І. Мороз, О.В. Фомін, В.В. Фомін // Зб. наук. праць. – Луганськ: СЛУ ім. В.Даля, 2011. – Вип.№.1(155) Ч.2.- С.150-157 3.Фомін, В.В. Визначення структури матеріалоемності напіввагону-хоперу для гарячих окатишів та агломерату з використанням блочно-ієрархічного описання його конструкції [Текст]/ В.В. Фомін // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2011. – Вип.№.25.- С.115-120 4.Вагон-хопер чотиривісний для гарячих окатишів та агломерату моделі 20-9749 Технічні умови [Текст] ТУ У 35.2.–01124454-035:2005. м. Київ.5.Альбом чертежей К28.04-00.00.00.0-00 «Вагон-хоппер четырехосный для горячих окатышей и агломерата. Модель 20-9749». Киевское ПКТЬ по вагонам 2005г. м. Київ.6.Дитрих, Я. Проектирование и конструирование: Системный подход. [Текст]/ Я.Дитрих.– М.: Мир, 1981. – 456 с.7.Математическая теория планирования эксперимента [Текст]/ Под ред. С.М.Ермакова – М.: Наука, 1983. – 392 с.

Поступила в редколлегию 11.05.2011

УДК 621.757

С.В. РОМАНОВ, канд.техн.наук, ст. викл., УПА, Харків

МОДУЛЬНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ІНДУКЦІЙНИМ НАГРІВОМ

У роботі розглядається задача побудови системи управління індукційними нагрівачами, сконструйованими за модульним принципом. Визначені вимоги до систем живлення модульних індукційних нагрівачів і запропонована узагальнена структурна схема таких систем. Ключові слова: індукційний нагрівач, модульний принцип, система управління.