

3. Коноплянченко, Е. В. Метод синтеза рациональных структур технологических процессов [Текст] / Е. В. Коноплянченко // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. — 2000. — № 110. — С. 235–250.
4. Коноплянченко, Е. В. Влияние временного допуска на параметрическую надежность автоматизированной сборки [Текст] / Е. В. Коноплянченко // Вестник СумДУ. — 1999. — № 2(13). — С. 85–89.
5. Богданова, Л. М. Підвищення ефективності технологічного процесу обробки деталей за рахунок забезпечення надійності відновлення технологічної системи [Текст]: автореф. дис. техн. наук: 05.02.08 / Л. М. Богданова; Донецький нац. техн. ун-т. — Донецьк, 2009. — 21 с.
6. Базовая система микроэлементных нормативов времени (БСМ-1) [Текст]: метод. и нормат. материалы. — 2-е изд., доп. и перераб. — М.: Экономика, 1989. — 125 с.
7. Деревянко, Е. А. Интегральная оценка работоспособности при умственном и физическом труде [Текст]: методические рекомендации / Е. А. Деревянко, О. А. Лихачева, Л. П. Степанова. — 2-е изд. — Москва: Экономика, 1990. — 108 с.
8. Рузметов, А. Р. Определение оптимально потенциальной микроструктуры технологических переходов [Текст]: сб. науч. тр. / А. Р. Рузметов // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». Тематический выпуск: Технологии в машиностроении. — Харьков: НТУ «ХПИ», 2007. — № 1. — С. 44–49.
9. Шелковой, А. Н. Методика адаптации типового вспомогательного технологического перехода к условиям рабочей среды [Текст]: сб. науч. тр. / А. Н. Шелковой, О. Ю. Приходько, А. Р. Рузметов // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». Тематический выпуск: Технологии в машиностроении. — Харьков: НТУ «ХПИ», 2008. — № 4. — С. 156–160.
10. Рузметов, А. Р. Классификация задач формализации перемещений рабочего на основе анализа его психофизиологических характеристик [Текст]: сб. науч. тр. / А. Р. Рузметов // Высокие технологии в машиностроении. — Харьков: НТУ «ХПИ», 2004. — Вып. 2(9). — С. 270–275.

ОПТИМІЗАЦІЯ ДОПОМІЖНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ РІЗАННЯМ З УРАХУВАННЯМ ОРГАНІЗАЦІЙНО ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВИТРАТ

В статті представлена методика рішення задачі підвищення ефективності технологічних операцій механічної обробки різанням при врахуванні зміни працездатності основних робітників. Можливість точного прогнозування витрат допоміжного часу має на меті підвищення рівня потоковості виготовлення деталей в умовах дрібносерійного виробництва.

Ключові слова: обробка різанням, допоміжний час, машинно-ручна робота, багатроверстатний виробничий комплекс.

Рузметов Андрій Русланович, асистент, кафедра технології машиностроєння і металорежущих станків, Національний технічний університет «Харьковский политехнический институт», Україна, e-mail: arnzet@rambler.ru.

Рузметов Андрій Русланович, асистент, кафедра технології машинобудування і металорізальних верстатів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна.

Ruzmetov Andrey, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: arnzet@rambler.ru

УДК 629.463.65

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.47863

Фомін О. В.

ВПРОВАДЖЕННЯ КРУГЛИХ ТРУБ В НЕСУЧІ СИСТЕМИ НАПІВВАГОНІВ З ЗАБЕЗПЕЧЕННЯМ РАЦІОНАЛЬНИХ ПОКАЗНИКІВ МІЦНОСТІ

В статті представлено особливості та результати проведеного дослідження з впровадження круглих труб у несучі системи напіввагонів на основі запропонованого автором методу. Застосування такого методу дозволяє забезпечити мінімальну матеріалоемність впроваджуваних елементів при виконанні умов міцності та експлуатаційної надійності за рахунок забезпечення раціональних показників міцності.

Ключові слова: напіввагон, удосконалення несучої конструкції, впровадження круглих труб, раціональні показники міцності.

1. Вступ

Відомо, що одним із потенційних шляхів поліпшення техніко-економічних показників (ТЕП) вантажних вагонів (ВВ), що безпосередньо впливає на їх ефективність, є удосконалення їх складових. У зв'язку з тим, що модулі ходової частини, автоцепного устаткування та гальмового обладнання в сучасному вагонобудуванні мають типовий характер, можна сказати, що основною

відмінною рисою ВВ, від конструкції якого залежить його тип та призначення є модуль кузова.

2. Аналіз останніх публікацій і постановка проблеми

В сучасних умовах господарювання, конкуренції зі сторін інших видів транспорту та закордонних залізничних компаній перед залізницями гостро стоїть

проблема з постійного підвищення ефективності використання їх рухомого складу, переважна більшість якого приходить на вантажний вагонний парк. Тому підвищення ефективності використання вантажних ВВ відіграє значну роль у технічній політиці держав. Особливо гостро сказане відноситься до України, для якої ВВ є не тільки ключовим засобом залізничних вантажних перевезень (рис. 1, а) збільшення об'ємів яких і надалі прогнозується (рис. 1, б), а і кінцевим продуктом важкого машинобудування [1].

На сьогоднішній день більшу половину парку ВВ України сформовано на піввагонах (НВ). При цьому, за оцінками фахівців, понад ніж на 85 % нинішній парк НВ складається із фізично застарілих зразків, що обумовлює їх дефіцит (рис. 1, в). Слід зазначити, що і в інших країнах пострадянського простору спостерігається схожа ситуація, тому НВ, як інші ВВ, будуть користуватися попитом. Проте замовники нових вагонів будуть віддавати перевагу їх зразкам з найкращими техніко-економічними показниками.

На сьогоднішній день в Україні організовано біля 20 вагонобудівних підприємств, які сумарно можуть будувати біля 80 тис. ВВ на рік (приклад для НВ на рис. 1, з), та біля 30 супутніх організацій, які виготовляють відповідні комплектуючі, розробляють обладнання та оснащення, готують фахівців, до того ж функціонує біля 50 вагоноремонтних підприємств (заводи та депо). Всі зазначені підприємства додатково позитивно впливають на економіку України тим, що створюють внутрішній пакет заказів для інших суміжних галузей [2]. Так наприклад вагонобудування та вагоноремонт ВВ можуть споживати біля 10...15 % металургійної продукції України (рис. 1, д)

Підсумовуючи все вищесказане можна зробити висновок, що виготовлення ВВ та їх експлуатація забезпечують значну (біля 1 млн.) працездатного населення України роботою та відповідно формують істотну частину внесків до її бюджету. Тому забезпечення конкурентоспроможності вагонобудівного та вагоноексплуатуючого комплексів України на світовому ринку транспортних перевезень та машинобудування є стратегічно важливим та актуальним напрямком розвитку її науки та техніки, що підтверджується в основних положеннях ряду Державних програм. Конкурентоспроможність вітчизняних вагонобудівного та вагоноексплуатуючого комплексів безпосередньо залежить від ТЕП ВВ, які пропонуються для купівлі чи перевезень. Тому поліпшення ТЕП є важливим напрямком життєзабезпечення залізничного транспорту та транспортного машинобудування України. Проте поліпшення характеристик ВВ є складною науково-прикладною проблемою, що пояснюється існуванням значних протиріч між вимогами, які висувають до їх конструкцій учасники різних етапів їх життєвого циклу. Успішне розв'язання зазначеної проблеми можливо лише на основі розроблення та застосування нової методології їх проектування, що дозволить розробити та впровадити до їх конструкцій перспективні технічні рішення, проте аналіз чисельної наукової та довідкової літератури з досліджуваних питань засвідчив відсутність відповідних змістовних розробок. Тому автором було запропоновано нову методологію [5, 6] їх проектування та комп'ютерні засоби для автоматизації включених процедур, перевірки ефективності роботи яких, на прикладі впровадження круглих труб до несучих систем НВ, і присвячено дану роботу.

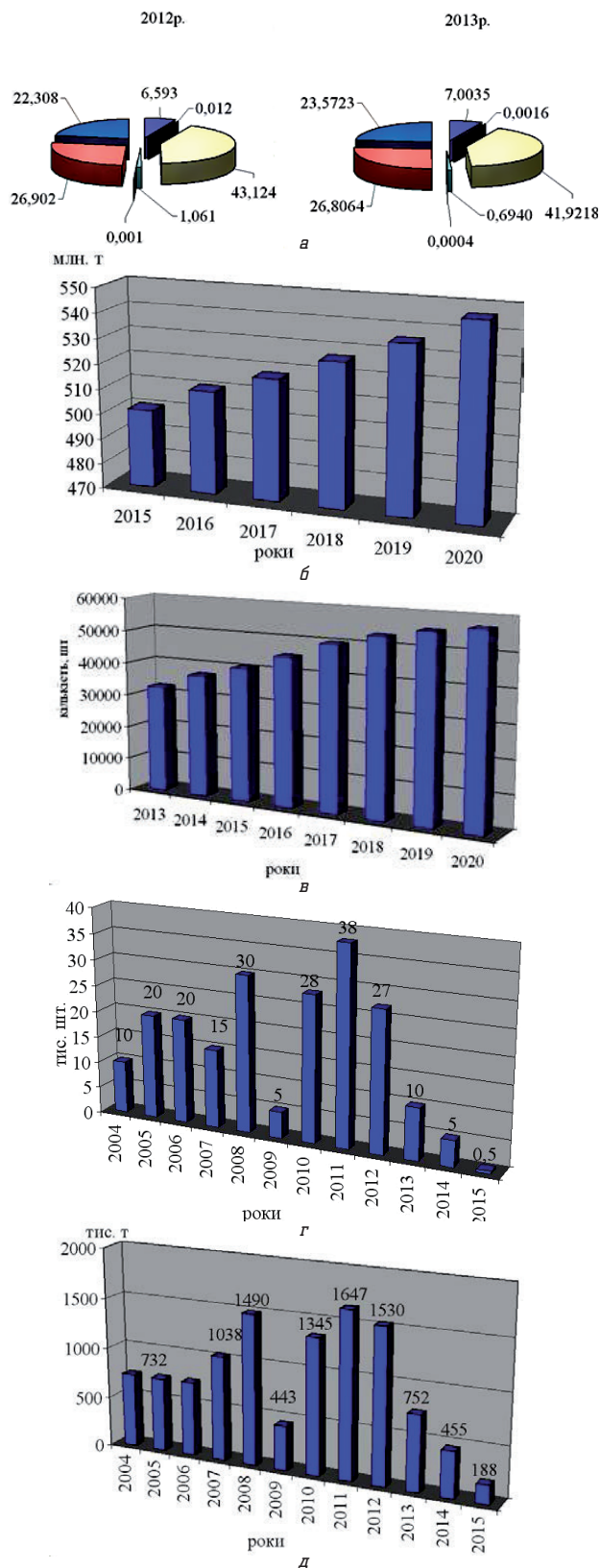


Рис. 1. Матеріали до обґрунтування актуальності та важливості проведення робіт з підвищення ефективності вантажних вагонів: а — експорт, імпорт і транзит вантажів за видами транспорту в Україні за 2012–2013 р.р. у %: ■ — автомобільний; ■ — річковий; ■ — залізничний; ■ — морський; ■ — авіаційний; ■ — трубопровідний; ■ — інші (невизначений); б — прогноз вантажоперевезень залізничним транспортом; в — дефіцит НВ на Україні; г — виготовлення НВ вітчизняними вагонобудівниками; д — використання металопродукції на вагонобудування та вагоноремонт ВВ [3, 4]

3. Об'єкт, ціль та задачі дослідження

Об'єкт дослідження — несучі системи напіввагонів, методологія їх проектування.

Метою статті є висвітлення особливостей та результатів проведеного дослідження з впровадження круглих труб у несучі системи НВ на основі запропонованого автором методу, який дозволяє забезпечити мінімальну матеріалоемність впроваджуваних елементів, за рахунок відшукування раціональних геометричних параметрів профілю, при виконанні умов міцності та експлуатаційної надійності.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

1. Проаналізована несуча конструкція напіввагонів моделі 12-757 з метою виявлення надлишкових запасів міцності.

2. Запропоновано нову методологію впровадження перспективних профілів у несучі системи вантажних вагонів.

3. Розроблено просторову комп'ютерну модель напіввагону із круглих труб.

4. Проведено розрахункові дослідження нової конструкції напіввагонів із круглих труб на міцність, втомну міцність, розрахунковий строк служби а також перевірено зварювальні з'єднання.

4. Звіт про проведені дослідження

В роботі представлено результати робіт з удосконалення несучої системи НВ моделі 12-757 за рахунок впровадження круглих труб, що дозволило істотно підвищити один із ключових ТЕП, який безпосередньо впливає на їх ефективності використання — матеріалоемність. Також у статті наведено результати робіт із перевірки працездатності нової конструкції НВ.

Основними етапами розробленого запропонованого методу є:

1. Комплексне дослідження несучої системи ВВ аналогу. В рамках цього етапу проводять: теоретичні та експериментальні дослідження конструкції, або аналізують відповідні звіти. На основі отриманих результатів розроблюють розрахункову скінчено-елементу модель (СЕМ) [7] та перевіряють її адекватність; у разі забезпечення необхідної адекватності моделюють відповідно до розрахункових режимів Норм [8] експлуатаційні випадки.

2. Визначаються допустимі значення напружень $[\sigma]_C^M$ для досліджуваних елементів (їх ділянок), де M — відповідає номеру розрахункового режиму ($M \in [I; III]$), а $C \in [1; 28]$ — розрахунковому експлуатаційному випадку ($C \in [1; 28]$).

3. Визначаються максимальні експлуатаційні значення напружень $\max \sigma_C^M$ шляхом аналізу результатів моделювання експлуатаційних випадків.

4. Розраховуються початкові запаси міцності — $\gamma_{\text{експл. випадок}}^{lk}$ — у кожному розрахунковому випадку за наступною формулою:

$$\gamma_C^M = \frac{[\sigma]_C^M - \max \sigma_C^M}{[\sigma]_C^M} \cdot 100 \% \quad (1)$$

5. Визначаються найменші запаси міцності для досліджуваної складової ($\gamma^{\text{експл.}}$) серед всіх розрахункових

випадків, що можна представити наступним математичним виразом:

$$\gamma^{\text{експл.}} = \min \{ \gamma_C^M, M \in [I; III], C \in [1; 28] \}. \quad (2)$$

6. Визначаються моменти опору $W_X^{\text{АН}}, W_Y^{\text{АН}}$ складової ВВ, обраної для дослідження у конструкції вагону-аналогу.

7. Далі визначаються раціональні значення моментів опору досліджуваної складової, які в подальшому будуть використовуватися як допустимі $[W_X^{\text{РПМ}}], [W_Y^{\text{РПМ}}]$:

$$[W_X^{\text{РПМ}}] = W_X^{\text{АН}} \cdot (100 - \gamma^{\text{експл.}}); \quad (3)$$

$$[W_Y^{\text{РПМ}}] = W_Y^{\text{АН}} \cdot (100 - \gamma^{\text{експл.}}). \quad (4)$$

8. Знаходяться існуючі чи розроблюються нові математичні залежності основного (матеріалоемність) та другорядних (моменти опору) критеріїв оптимізації, від змінних геометричних параметрів.

9. Проводиться пошук раціональних геометричних параметрів впроваджуваного профілю за наступним математичним описанням:

$$\begin{cases} \text{ЦФ: } m = f(S_n, n \in [1; 6]) \rightarrow \min; \\ \text{ОДР: } W_X = f(S_n, n \in [1; 6]) \geq [W_X^{\text{РПМ}}], \\ \quad W_Y = f(S_n, n \in [1; 6]) \geq [W_Y^{\text{РПМ}}]; \\ \text{ОМР: } S_{1\min} \leq S_1 \leq S_{1\max}, S_{2\min} \leq S_2 \leq S_{2\max}, \\ \quad \dots, S_{6\min} \leq S_6 \leq S_{6\max}. \end{cases} \quad (5)$$

де цільова функція (ЦФ): $m = f(S_n, n \in [1; 6]) \rightarrow \min$, і її основний критерій раціоналізації — матеріалоемність (m) впроваджуваного профілю, яка залежить від одного до шести змінюваних геометричних параметрів (факторів), прагне до мінімуму. При цьому вторинними критеріями раціоналізації є моменти опору (W_X, W_Y) впроваджуваного профілю, які також залежать від одного до шести змінюваних геометричних параметрів, та значення яких не повинні бути меншими за допустимі значення ($[W_X^{\text{РПМ}}], [W_Y^{\text{РПМ}}]$), що формує область допустимих рішень (ОДР), яка виділяється із області можливих рішень (ОМР) границями варіювання змінюваних факторів ($S_1, S_2, S_3, \dots, S_6$).

10. На наступному етапі у відповідності до математичного описання 5 проводяться пошукові роботи з визначення раціональних параметрів ($S_1^*, S_2^*, S_3^*, \dots, S_6^*$). Для цього використовується один з варіантів рішень описаних у [1, 2]. При необхідності обираються геометричні параметри профілів із існуючого сортаменту [9]. Та із них будується нова конструкція.

11. І на заключному етапі проводиться перевірка працездатності удосконаленої несучої системи ВВ, для чого: розроблюється просторова комп'ютерна модель, перевіряється наявність інтерполяцій, проводяться комплексні розрахунки/моделювання на міцність [1–6], розрахунки на втомну міцність, визначається проектний строк служби [10], а також за необхідності і інші розрахунки.

Для проведення дослідження була використана одна із найпоширеніших моделей НВ — модель 12-757. Особливості проведених робіт представлено нижче. Для цього була розроблена просторова комп'ютерна модель (рис. 2, а).

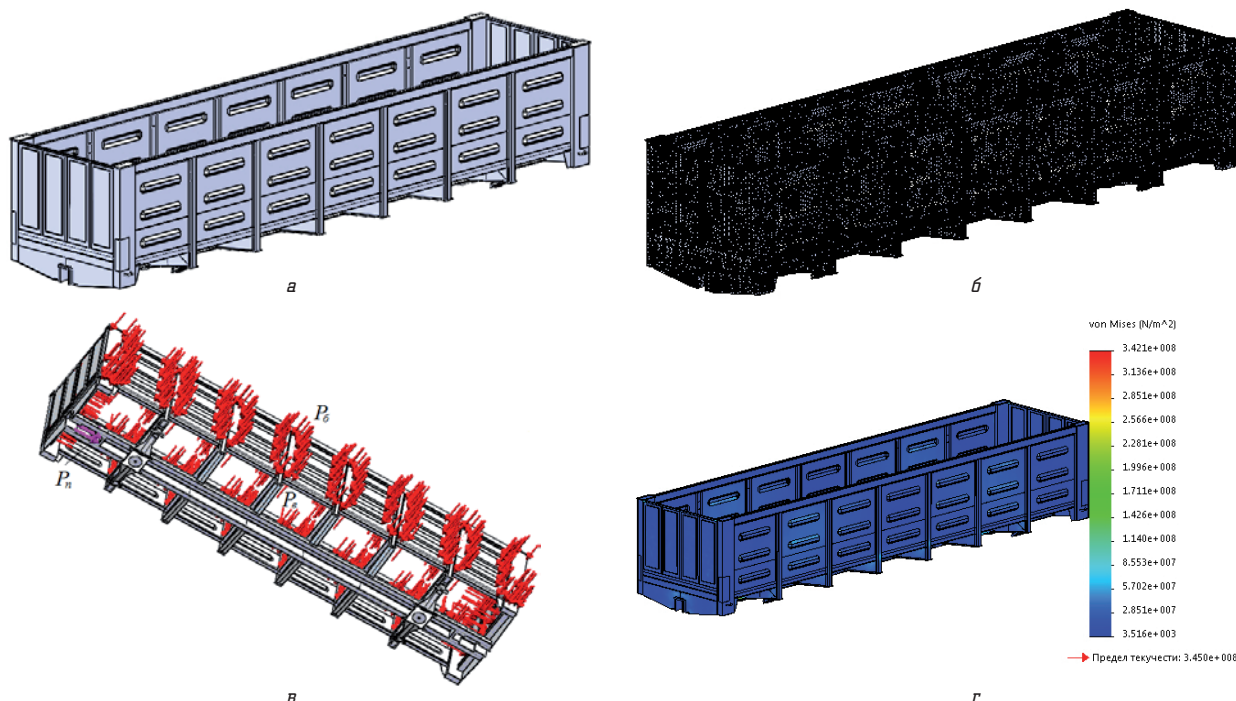


Рис. 2. Комп'ютерне моделювання конструкції напіввагону моделі 12-757: а — просторова модель; б — скінченно-елементна модель; в — прикладання зусиль; г — напружений стан при I розрахунковому режимі (удар)

СЕМ НВ наведено на рис. 2, б. Оптимальна кількість елементів сітки визначена з використанням графоаналітичного методу. При цьому кількість елементів сітки склала 473652, вузлів — 154365. Максимальний розмір елемента сітки дорівнює 80 мм, мінімальний — 16 мм, максимальне співвідношення боків елементів — 566,7 відсоток елементів з співвідношенням боків менше трьох — 25, більше десяти — 27,4.

Закріплення моделі здійснювалося за п'ятники та ковзуни шворневих балок несучої конструкції вагона. При дослідженні міцності НВ в умовах навантаження, яке відповідає режиму «удар-стиснення» повздовжнє зусилля прикладалося до заднього упору автозчепу, а з іншого боку здійснювалося закріплення за цей же елемент автозчепного обладнання. При моделюванні міцності НВ в умовах режиму «розтягнення-ривок» повздовжнє зусилля прикладалося до передніх упорів з одного кінця, а з іншого здійснювалося закріплення за передні упори.

Максимальні еквівалентні напруження при цьому виникають в нижній зоні взаємодії шворневої балки з хребтовою та складають близько 340 МПа, максимальні переміщення в вузлах конструкції зафіксовані у середній частині рами НВ та складають 3,6 мм. З проведених досліджень можна зробити висновок, що максимальні еквівалентні напруження в несучій конструкції НВ виникають при I розрахунковому режимі в умовах удару. Важливо зазначити, що в складових елементах кузова максимальні еквівалентні напруження менші за допустимі та мають значний запас міцності. У зв'язку з цим пропонується проведення оптимізаційних досліджень несучої конструкції кузова НВ з метою зменшення його матеріалоемності. Результати розрахунку в табл. 1.

З урахуванням даних, наведених у табл. 1, побудовано несучу конструкцію кузова універсального НВ із труб. При цьому до уваги прийняті два варіанти конструкції рами (рис. 3, а): виконання хребтової балки

рама з однієї труби та двох труб. З метою забезпечення можливості монтажу-демонтажу упряжного пристрою автозчепу, діаметр труби хребтової балки за умови її виконання з одного профілю, збільшений до 530 мм. З урахуванням запропонованої конструкції кузова НВ необхідним є забезпечення її додатковими елементами для утримання кришок розвантажувальних люків.

У зв'язку з тим, що в моделі змінено омега-подібний профіль вертикальної стійки на круглу трубу, притерпіло зміни і розташування вертикальних листів шворневої балки. Пропонується здійснювати їх віялоподібне розміщення, тобто в зоні взаємодії шворневої балки з хребтовою відстань між вертикальними листами залишилася такою, як і у вагона-аналогу, а в зоні взаємодії її з вертикальною стійкою відстань між вертикальними листами зменшено до 164 мм. Важливо зазначити, що відомі конструкції шворневих балок НВ, які мають подібне розташування вертикальних листів. Вертикальна стійка кузова в зоні взаємодії з поперечною балкою має збільшений діаметр у порівнянні з основною її частиною. Таке технічне рішення обумовлене тим, що значну долю навантаження, яке діє на стійку, сприймає вузол її защемлення з поперечною балкою.

З метою перевірки на міцність оптимізованої несучої конструкції за першим варіантом виконання хребтової балки, проведений розрахунок за методом скінчених елементів. СЕМ кузова НВ наведено на рис. 3, б. Кількість елементів сітки визначена з використанням графоаналітичного методу та склала 633837, вузлів — 201679. Максимальний розмір елемента сітки дорівнює 85 мм, мінімальний — 17 мм, максимальне співвідношення боків елементів — 695,86, відсоток елементів з співвідношенням боків менше трьох — 28,1, більше десяти — 12. При утворенні сітки використане спрощення моделі в зонах розташування отворів та отворів, коефіцієнт спрощення моделі склав 0,2 з кількістю ітерацій розбиття сітки, яке дорівнює двом.

Таблиця 1

Визначення раціональних параметрів перерізів елементів несучої конструкції кузову напіввагону моделі 12-757 із круглих труб

Елементи рами	Маса 1 м, кг	Довжина, м	γ	секв, МПа	$I_x, \text{см}^4$	$I_y, \text{см}^4$	$W_x, \text{см}^3$	$W_y, \text{см}^3$	$[W_x], \text{см}^3$	$[W_y], \text{см}^3$	Оптимальні параметри труби			Маса 1 м круглої труби, кг
											$W, \text{см}^3$	$D, \text{мм}$	$S, \text{мм}$	
Балка хребтова	154,05	12,8	1,1	312,4	41512,19	62884,88	1317,95	2566,7	1186,1	2310,03	2330,12/ 2400,39	406,4/ 630	21,0/ 8,0	199,6/ 122,72
Балка проміжна поперечна	37,2	25,4	2,8	70,7	1274,0	22954,96	124,9	1010,12	44,6	360,8	378,15/ 384,05	244,5/ 355,6	9,0/ 4,0	52,27/ 34,68
Нижня обв'язка	19,48	33,2	1,12	308	784,0	239,0	156,8	30	140,0	26,8	153,57/ 169,9	168,0/ 273,3	8,0/ 3,0	31,57/ 19,98
Верхня обв'язка	24,7	33,2	3,2	107,8	1090,49	3063,89	99,14	523,74	30,98	163,7	173,39/ 169,9	177,8/ 273,0	8,0/ 3,0	33,5/ 19,98
Стойка кутова	85	9,6	8,4	41,3	6179,3	23983,45	294,95	2694,8	35,1	320,81	328,15/ 328,72	219,0/ 273,0	10,0/ 6,0	51,54/ 39,51
Стойка	28,7	48,4	6,0	57,6	347,44	868,18	118,2	119,3	19,7	19,8	20,04/ 20,49	76,0/ 95,0	5,5/ 3,2	9,56/ 7,24
Проміжна стойка торцевої двері	28,7	8,1	7,32	47,1	228,88	625,9	54,2	145,6	7,4	19,89	20,04	76,0	5,5	9,56
Середня стойка торцевої двері	28,7	4,0	4,1	84,2	460,83	1934,4	69,3	154,4	16,9	37,66	38,18	102,0	5,5	13,09
Верхня обв'язка торцевої двері	31,45	5,72	3,7	94,01	745,19	1397,15	240,89	248,4	65,1	67,14	74,69	152,0	4,5	16,37
Нижня обв'язка торцевої двері	15,15	5,72	1,8	189,1	278,29	333,82	51,54	69,55	28,63	38,64	40,77	114,0	4,5	12,15
Кінцевий стоек	56,32	11,0	3,42	100,9	2067,2	11958,88	99,38	1272,22	29,1	372,0	383,0	219,0	12,0	61,26

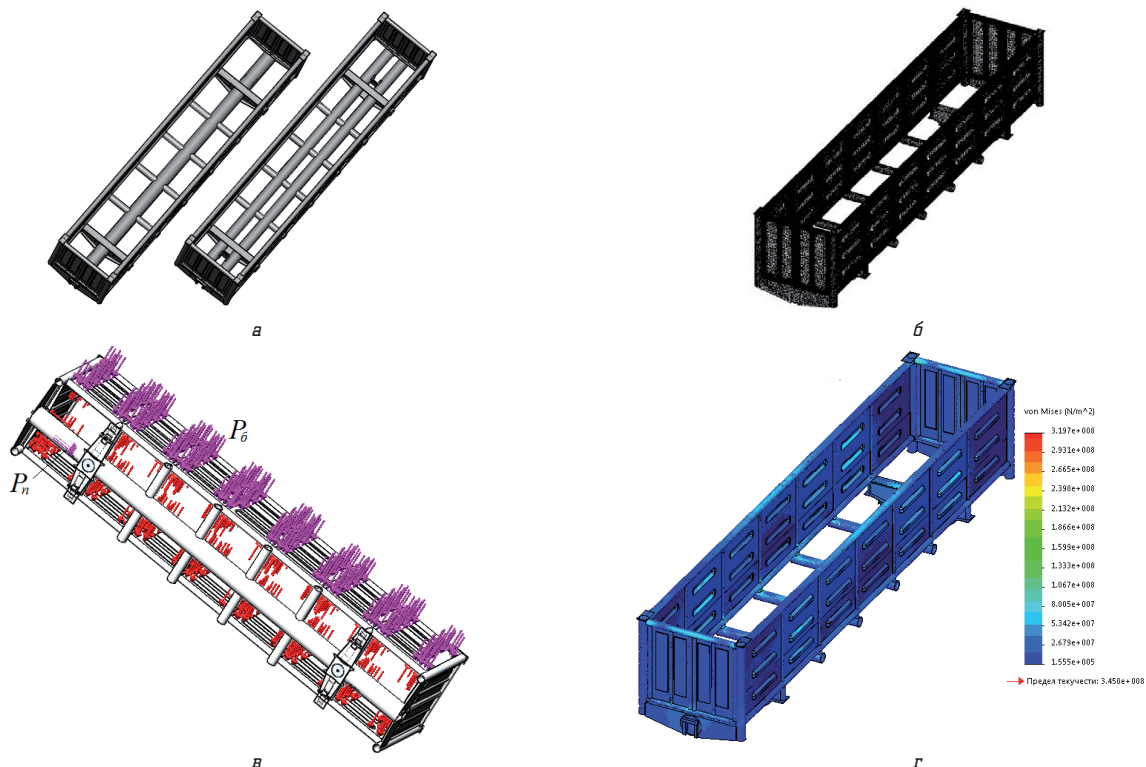


Рис. 3. Комп'ютерне моделювання конструкції напіввагону з несучою системою із круглих труб: а — моделі прототипів НВ (700 кг та 1100 кг); б — скінченно-елементна модель; в — прикладання зусиль; г — напружений стан при I розрахунковому режимі (удар)

Модель міцності кузова НВ, оптимізованої конструкції наведено на рис. 3. Результати розрахунку на міцність несучої конструкції НВ при I розрахунковому режимі (удар) наведені на рис 3, г. При цьому максимальні еквівалентні напруження виникають в зоні взаємодії нижньої частини стійки з поперечною балкою рами та складають близько 320 МПа, максимальні переміщення в вузлах конструкції — 5,72 мм.

Результати розрахунку на міцність в умовах III розрахункового режиму (удар, стиснення) показали, що максимальні еквівалентні напруження складають близько 250 МПа, максимальні переміщення в вузлах конструкції — 15 мм. Максимальні еквівалентні напруження складають близько 260 МПа, максимальні переміщення в вузлах конструкції — 8,3 мм. З проведених досліджень можна зробити висновок, що максимальні еквівалентні напруження в оптимізованій несучій конструкції напіввагона виникають при I розрахунковому режимі в умовах удару, але вони не перевищують допустимі.

З метою перевірки на міцність оптимізованої конструкції кузова напіввагона з урахуванням двох круглих труб в конструкції хребтової балки проведений розрахунок на міцність в середовищі програмного забезпечення CosmosWorks методом скінчених елементів. З'ясовано, що максимальні еквівалентні напруження виникають в зоні взаємодії нижньої частини стійки з поперечною балкою рами та складають близько 335 МПа, максимальні переміщення в вузлах конструкції склали 16,8 мм. Результати розрахунку на міцність несучої конструкції НВ в умовах III розрахункового режиму (удар, стиснення) дозволили з'ясувати, що максимальні еквівалентні напруження складають близько 260 МПа, максимальні переміщення в вузлах конструкції — 15 мм. Проведені дослідження дозволяють зробити висновок, що максимальні еквівалентні напруження в оптимізованій несучій конструкції НВ виникають при I розрахунковому режимі в умовах удару, але вони не перевищують допустимі.

Розроблена конструкція кузова НВ розрахована на втому міцність в середовищі програмного забезпечення CosmosWorks. База випробувань при цьому складала 10^7 циклів. Результати розрахунку дозволили зробити висновок, що втому міцність забезпечується.

З метою визначення проектного строку служби НВ використана методика, наведена в [10]. При проведенні розрахунків прийняті наступні вхідні параметри: середнє значення границі витривалості несучої конструкції склало 245 МПа; час безперервної роботи несучої конструкції склав 6514,37 с; ефективна частота динамічних напружень визначена з урахуванням параметрів ресорного підвішування візка моделі 18-100 та склала 2,7 Гц; допустимий коефіцієнт запасу міцності дорівнює 2; показник ступеня кривої втоми для зварної конструкції прийнятий рівним 4; амплітуда еквівалентних динамічних напружень визначена на підставі проведених розрахунків НДС несучої конструкції вагона та склала близько 50 МПа. На підставі проведених розрахунків встановлено, що проектний строк служби несучої конструкції удосконаленого НВ складає більше 32 років, тобто не є меншим за життєвий цикл вагона.

5. Висновки

В результаті проведеного дослідження було з'ясовано, що впровадження круглих труб у несучі систе-

ми НВ дозволить знизити їх матеріалоємність від 700 до 2000 кг в залежності від прийнятих конструкційних особливостей при забезпеченні умов міцності та експлуатаційної надійності.

Результати комплексної теоретично-розрахункової перевірки, комп'ютерним моделюванням, міцності та експлуатаційної надійності удосконаленої конструкції НВ вказали на її працездатність та ефективність впроваджених технічних рішень. Так, в результаті її перевірки на міцність за всіма розрахунковими випадками відповідно до розрахункових режимів з'ясовано, що отримані еквівалентні навантаження не перевищують допустимих нормованих їх значень, втому міцність (при базі випробувань у 10^7 циклів) забезпечується, проектний строк служби становить більше 32 років. До того ж додатково результати проведеного аналізу із забезпечення міцності у зварних з'єднаннях також підтвердили її працездатність.

Вищесказане свідчить про доцільність застосування запропонованого автором методу із забезпечення раціональних показників міцності впроваджуваних до несучих систем ВВ профілів, а також використання для таких робіт круглих труб. Запропоновані підходи можуть бути використані для інших типів ВВ та засобів транспортного машинобудування.

Література

1. Фомін, О. В. Оптимізаційне проектування елементів кузовів залізничних напіввагонів та організація їх виробництва [Текст]: монографія / О. В. Фомін. — Донецьк: ДонІЗТ УкрДАЗТ, 2013. — 251 с.
2. Фомін, О. В. Дослідження дефектів та пошкоджень несучих систем залізничних напіввагонів [Текст]: монографія / О. В. Фомін. — Київ: ДЕТУТ, 2014. — 299 с.
3. Fomin, O. Development and application of cataloging in structural design of freight car building [Text] / O. Fomin, O. Burlutsky, Yu. Fomina // Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». — 2015. — № 2. — P. 250–256.
4. Фомін, О. В. Аналіз доцільності застосування шестиграних порожнистих профілів в якості складових елементів несучих систем напіввагонів [Текст] / О. В. Фомін // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна. Наука та прогрес транспорту. — Дніпропетровськ: ДНУЗТ ім. В. Лазаряна, 2014. — Вип. 6(54). — С. 146–153.
5. Фомін, О. В. Теоретичні основи програмного комплексу визначення та використання математичних моделей складових вантажних вагонів [Текст] / О. В. Фомін // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. — Кременчук: КДПУ, 2013. — Вип. 6(83). — С. 87–91.
6. Fomin, O. Modern requirements to carrying systems of railway general-purpose gondola cars [Text] / O. V. Fomin // Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». — 2014. — № 5. — P. 31–40.
7. Алямовский, А. А. SolidWorks/COSMOSWorks 2006–2007. Инженерный анализ методом конечных элементов [Текст] / А. А. Алямовский. — М.: ДМК, 2007. — 784 с.
8. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) [Текст]. — М.: ГосНИИВ; ВНИИЖТ, 1996. — 319 с.
9. ГОСТ Р54157-2010. Трубы стальные профильные для металлоконструкций. Технические условия [Текст]. — Дейст. от 21.12.2010. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2010. — 92 с.

10. Устич, П. А. Надежность рельсового нетягового подвижного состава [Текст] / П. А. Устич, В. А. Карпыч, М. Н. Овечников. — М.: ИГ «Вариант», 1999. — 415 с.

ВНЕДРЕНИЕ КРУГЛЫХ ТРУБ В НЕСУЩИЕ СИСТЕМЫ ПОЛУВАГОНОВ С ОБЕСПЕЧЕНИЕМ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОЧНОСТИ

В статье представлены особенности и результаты проведенного исследования по внедрению круглых труб в несущие системы полувагонов на основе предложенного автором метода. Применение такого метода позволяет обеспечить минимальную материалоемкость внедряемых элементов при выполнении условий прочности и эксплуатационной надежности за счет обеспечения рациональных показателей прочности.

Ключевые слова: полувагон, совершенствование несущей конструкции, внедрение круглых труб, рациональные показатели прочности.

Фомін Олексій Вікторович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра вагонів та вагонного господарства, Державний економіко-технологічний університет транспорту, Київ, Україна, e-mail: fomin1985@list.ru.

Фомин Алексей Викторович, кандидат технических наук, доцент, кафедра вагонов и вагонного хозяйства, Государственный экономико-технологический университет транспорта, Киев, Украина.

Fomin Alexey, State Economy and Technology University of Transport, Kyiv, Ukraine, e-mail: fomin1985@list.ru