

Оцінка міцності надресорних балок візків вантажних вагонів

Ключові слова: вантажні вагони, візки, надресорні балки, тверdotільні моделі, напружено-деформований стан.

Згідно з програмними завданнями оновлення рухомого складу, передбачається технічне переоснащення вагонного господарства як за рахунок модернізації існуючих вагонів, так і виготовлення вагонів нового покоління. При цьому головною метою є підвищення швидкісних показників вантажних вагонів за умов забезпечення безпеки руху поїздів і схоронності вантажів. Розраховується досягти поліпшення техніко-експлуатаційних характеристик вагонів за рахунок їх конструкційних удосконалень. Успіх у досягненні поставлених цілей значною мірою залежить від динаміко-міцносних властивостей вагонів, які, в свою чергу, визначаються параметрами ресорної підвіски та інших пружно-дисипативних зв'язків, а також характеристиками несучих елементів як надвізкових, так і ходових частин.

Шляхи вдосконалення несучих конструкцій візків

При комплексній модернізації візків моделі 18-100 та створенні візків нових типів розробники приділяють більшу увагу їх динамічним (ходовим) якостям [1, 2]. З точки зору експлуатаційної безпеки важливо забезпечити також необхідні міцносні характеристики складових частин рам візків, а саме бокових рам та надресорних балок.

У зв'язку з поширенням спеціалізації вантажних вагонів на часі стає вирішення питань спеціалізації візків за призначенням того чи іншого вагона. Так, у разі вагонів-платформ для контрейлерних перевезень виникає питання доцільності використання ходових частин конструкцій з надлишковим запасом міцності.

На сьогодні названі елементи ходових частин виготовляються литтям. Разом з тим, останніми роками спостерігаються спроби запровадити у виробництво бокових рам і надресорних балок зварних конструкцій. Попередні розробки надресорних балок (в одиничних та дослідних зразках) за цією технологією було виконано на вагонобудівних заводах України і РФ.

Привабливість цього напрямку виробництва несучих елементів ходових частин визначається високотехнологічністю зварювання, можливістю швидкого переходу до нових технічних рішень, полегшенням умов праці тощо. Широки можливості технології зварювання щодо модифікації дозволяють виготовляти конструкційні елементи за своїми характеристиками, близькими до оптимальних. Це, в свою чергу, надає змогу наближення до раціональних техніко-експлуатаційних характеристик вагонних конструкцій, пов'язаних зі зменшенням їх маси і одночасним підвищенням міцності та надійності. Очевидно, що перед застосуванням технології зварювання в серійному виробництві елементів складених рам візків, слід ретельно провести всебічні дослідження, приділяючи особливу увагу питанням

міцності цих вузлів у відповідності до нормативних вимог [3].

Дотепер поглиблені дослідження міцносних характеристик стосувалися лише литих надресорних балок [4, 5], а напружено-деформований стан балок зварних конструкцій залишається недостатньо дослідженим.

Мета даної роботи полягає у порівняльному розрахунковому аналізі напружено-деформованого стану надресорних балок різних конструкцій, виготовлених як литтям, так і зварюванням. Для дослідження показників міцності надресорних балок, що розглядаються, застосовано методи комп'ютерного моделювання.

Розрахункові моделі

Розглядаються надресорні балки трьох конструкційних варіантів: литої типової конструкції, яку використовують у візках серійного виробництва моделі 18-100, та двох штампозварних, одна з яких має плоский під'ятник, а друга — сферичний.

Штампозварна надресорна балка з плоским під'ятником взаємозамінна з литою надресорною балкою. Так само, як і балка типової конструкції, вона виготовляється у вигляді бруса рівного опору згину по всій довжині. Ця балка складається з верхнього, нижнього та вертикального листів, має кишені для розміщення клинових гасителів коливань. Усередині балки розміщені поперечні та поздовжні ребра жорсткості. Загальний вигляд штампозварної надресорної балки показано на рис. 1.

Штампозварна надресорна балка зі сферичним під'ятником, модель якої представлено на рис. 2, призначається для візків типу ДК2000 вагонів «Схід-Захід», тобто вагонів, котрі можуть безперешкодно курсувати як залізницями колії 1520 мм, так і залізницями колії 1435 мм [6]. Конструк-



Рис. 1. Штампозварна надресорна балка з плоским під'ятником.



Рис. 2. Штамповарна надресорна балка зі сферичним під'ятником.

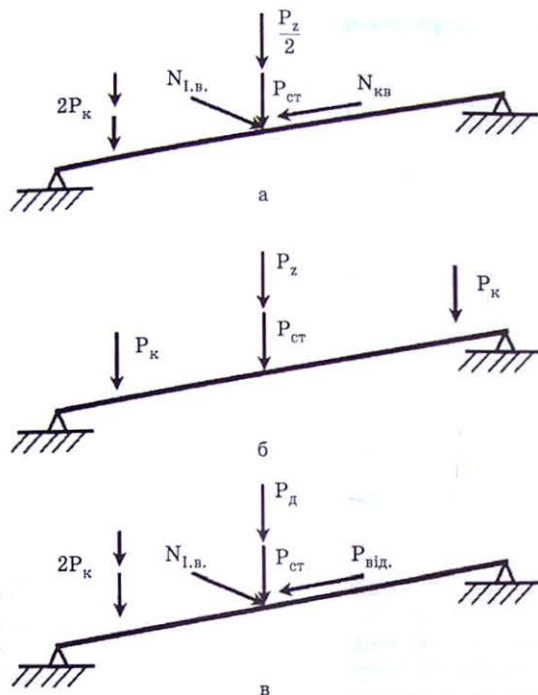


Рис. 3. Схеми розрахункового навантаження надресорних балок.

кузова на візок припадає на пружні ковзуни (P_k), котрі застосовуються в модернізованих і нових візках. Даними схемами передбачено наступні навантаження надресорних балок:

за першим нормативним режимом з урахуванням інших навантажень (50 % вертикальна добавка від поздовжньої сили інерції кузова) (рис. 3, а);

за першим режимом, урахуваючи тільки навантаження при масі бруто та 100 % вертикальної добавки від поздовжньої сили інерції кузова (рис. 3, б);

за третім режимом (рис. 3, в).

Позначення та чисельні значення розрахункових сил наведено в табл. 1.

Граничні умови (нульові переміщення) вибрано відповідно до норм [3], експериментальних досліджень та експлуатаційних умов роботи — по середині опорних поверхонь балок на відстані між ними 2036 мм. Щоб провести розрахунки твердотільних моделей найбільш наближеними до реальних умов, на поверхнях балок були розміщені додаткові опори, які сприймають концентрацію напружень і розподіляють її рівномірно по опорній поверхні, де розміщується ресорний комплект. Закріплення з однієї сторони на спеціальних опорах здійснено за трьома напрямками. Це було зроблено таким чином, щоб забезпечити переміщення балки в поздовжній площині (вздовж осі надресорної балки) і тим самим надати можливість для поперечного переміщення балки на ресорному комплекті. Навантаження до під'ятника прикладалося рівномірно розподілене по всій його горизонтальній площині.

Результати розрахунків

Розрахунки проводились з використанням методу кінцевих елементів (МКЕ) за допомогою програмного комплексу Nastran for Windows [7]. Перший етап розрахунків — це вибір оптимального розміру кінцевого елемента. Розміри кінцевих елементів вибиралися таким чином, щоб співвідношення сторін було не більше 1:2. Загалом розмір елемента вибирався таким, щоб при розрахунках не виникало явище збільшення напруження на одному з кінців (довшому). Прийнятий тип елемента — тетраедр. Для аналізу було вибрано найбільш небезпечні зони в надресорних балках — це зона під самим під'ятником (зона нижнього листа та вертикального) та зона переходу нижнього листа в горизонтальну площину (зона переходу для ресорного комплексу). Аналіз на-

Таблиця 1

| Найменування розрахункового навантаження | Величина навантаження, кН | |
|---|---------------------------|-----------------|
| | Розрахункові режими | |
| | I | III |
| Поздовжнє навантаження: | | |
| сила інерції маси візка ($N_{l.v.}$) | 175,3 | 50,0 |
| Вертикальні навантаження: | | |
| сила ваги бруто ($P_{ст}$) | 418,9 | 418,9 |
| навантаження на ковзуни (P_k) | 24,5 | 24,5 |
| вертикальна динамічна сила (P_z) | не враховується | 118,5 |
| вертикальна добавка від поздовжньої сили інерції кузова (P_v) | 499,0 | не враховується |
| Бокові навантаження: | | |
| відцентрова сила ($P_{від}$) | не враховується | 31,4 |
| поперечна складова поздовжньої квазістатичної сили (N_{kv}) | 211,4 | не враховується |

ція цієї балки принципово не відрізняється від попередньої. Характерною особливістю цієї надресорної балки є нижній лист, випущений за вертикальні листи та нахил вертикальних листів від верхнього до нижнього.

Розрахунки виконано стосовно стандартного чотирирівневого піввагона з осьовим навантаженням $P_0=228,5$ кН. Згідно норм [3], розглянуто три основні схеми завантаження надресорних балок (рис. 3). При цьому враховано те, що частина навантаження від

пружено-деформованого стану надресорних балок проводився для під'ятничкової зони, зона переходу в даному випадку не враховувалась, так як значення напружень повторювались.

За результатами розрахунків визначено залежності розрахункових напружень від розміру кінцевого елемента. На рис. 4 представлено графік такої залежності для найбільш навантаженої зони балки. З рис. 4 видно, що при зменшенні розміру кінцевого елемента з 40 мм до 25 мм і менше, напруження в зоні дослідження практично не змінюється. Таким чином, елементи з розміром 25 мм забезпечують достатню точність розрахунків. Усі подальші розрахунки проводились при розмірі елемента 25 мм для всіх трьох типів надресорних балок.

У табл. 2 приведено максимальні значення розрахункових еквівалентних напружень в області нижнього та вертикальних листів у зоні переходу до ресорного комплекту. Результати розрахунків кореспондуються з даними випробувань [5, 6].

З аналізу результатів розрахунків випливає, що напруження, які виникають у штампозварній надресорній балці з плоским під'ятником, перевищують напруження, що виникають у надресорній балці литої конструкції, а напруження, які виникають у надресорній балці зі сферичним під'ятником, нижчі за максимальні напруження в литій балці для всіх розрахункових режимів. Це пов'язано з тим, що балка зі сферичним під'ятником має більш оптимальну конструкцію — нахилени вертикальні листи з верхнього листа до нижнього листа та випущений нижній лист.

Проведено також розрахунок напружено-деформованого стану штампозварної надресорної балки для вагонів «Схід-Захід» при зміні конструкції, а саме ширини нижнього листа. Цей розрахунок проведено для наступних варіантів:

- а) початкова конструкція;
- б) нижній лист звужено до вертикальних листів;
- в) нижній лист розширено до величини, на яку він був звужений у попередньому випадку (б) у порівнянні з початковим (а).

У табл. 3 приведені максимальні напруження, розраховані при різній конструкції надресорної балки. Тут у чисельнику розміщено дані для під'ятничкової зони, а в знаменнику — для зони переходу нижнього листа з нахиленої площини в горизонтальну площину (зона розміщення ресорного комплекту).

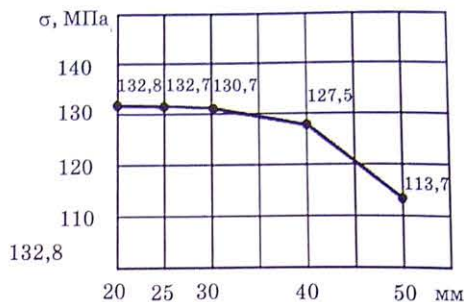


Рис. 4. Графік залежності напружень від розміру елемента.

Таблиця 2

| Величина, розмірність | Лита надресорна балка | Штампозварна надресорна балка з плоским під'ятником | Штампозварна надресорна балка зі сферичним під'ятником |
|--|-----------------------|---|--|
| Напруження при першому розрахунковому режимі, МПа | 189,6 | 195,4 | 175,7 |
| Напруження при першому додатковому режимі, МПа | 231,7 | 270,5 | 203 |
| Напруження при третьому розрахунковому режимі, МПа | 135,8 | 144,8 | 124,9 |

Таблиця 3

| Розрахункові режими | Напруження σ_E , МПа для варіантів конструкції нижнього листа | | |
|---|--|---------|---------|
| | а | б | в |
| Перший розрахунковий режим | 137/234 | 179/198 | 128/153 |
| Другий (додатковий) розрахунковий режим | 159/368 | 186/237 | 148/156 |
| Третій розрахунковий режим | 105/230 | 116/182 | 94/150 |

З розрахункових даних видно, що більш напруженою зоною є зона розміщення ресорного комплекту. Порівнюючи між собою розглянуті конструктивні рішення, можна виділити варіант «в» як такий, що забезпечує нижчий рівень напружень.

Висновки

За результатами проведених досліджень з оцінки міцності розглянутих конструкційних рішень надресорних балок візків вантажних вагонів можна зробити наступні висновки:

- 1) при побудові твердотільної моделі досліджуваних несучих елементів рекомендується вибирати кінцевий елемент розміром порядку 25 мм;
- 2) незалежно від конструкції надресорної балки найбільш небезпечною зоною є зона переходу нижнього листа до місця розміщення ресорного комплекту;
- 3) за показниками напружено-деформованого стану більш раціональною є штампозварна надресорна балка зі сферичним під'ятником і розширеним нижнім листом;
- 4) для подальшого удосконалення конструкції надресорних балок необхідно проведення експериментальних досліджень, включаючи ресурсні випробування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Демин Ю.В., Кочмала Г.Д. Улучшение технических характеристик тележек грузовых вагонов // *Залізнич. транспорт України*. — 1999. — № 3. — С. 26—29.
2. Модернізація ходових частин вантажних вагонів. / В.Ф. Ушкалов, Т.Ф. Мокрій, М.М. Жечев, І.О. Серебряний, І.Ю. Малишева // *Залізнич. транспорт України*. — 2003. — № 5. — С. 33—36.
3. *Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных)*. — М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. — 319 с.
4. Северинова Т.П., Грачева Л.О. Экспериментальные исследования напряженного состояния надресорной балки тележки грузового вагона // *Вестник ВНИИЖТ*. — 1988. — № 5. — С. 33—36.
5. Северинова Т.П., Попов О.Н. Увеличение долговечности надресорной балки вагона за счет установки упругих скользунов // *Вестник ВНИИЖТ*. — 2005. — № 3. — С. 23—29.
6. Дьомін Ю.В. Залізнична техніка міжнародних транспортних систем (вантажні перевезення). — К.: «Юнікон-Прес», 2001. — 342 с.
7. Шимкович Д.Г. Расчет конструкций в MSC/NASTRAN for Windows. — М.: ДМК Пресс, 2003. — 448 с.

Надійшла до редакції 07.11.06.