УДК 629.45/46.075

Канд. техн. наук А.П. Горбенко

Cand. of techn. sciences A.P. Gorbenko

РЕЗЕРВ ЗМЕНШЕННЯ МЕТАЛОЄМНОСТІ КУЗОВІВ ВАГОНІВ

RESERVE DOWN OF METAL CAR BODIES

Представив д-р техн. наук, професор І.Е. Мартинов

Протягом останніх років ціни на металопрокат для вагонобудування суттєво збільшуються. Тому актуальним залишається питання впровадження ресурсозберігаючих технологій як при виготовленні, так і проектуванні вагонів стосовно зменшення їхньої матеріалоємності. Кузов вантажного чи пасажирського вагона – найбільш металоємна його функціональна частина.

Традиційно до складу композиції кузова входять стержневий набір каркаса та листова металева обшивка. Кількість і розміщення стержневих елементів, забезпечуючи кузову необхідну міцність і жорсткість, не повинні бути надлишковими, щоб досягти мінімальної маси кузова.

Такі вимоги потребують використання найбільш прогресивних методів оцінки напружено-деформованого стану кузовів. Багато організацій і спеціалістів для розрахунків несучих вузлів вагонів (у тому числі і кузовів) користуються різними універсальними програмами на базі скінченних елементів (МСЕ).

Основою МСЕ є метод Рітца – Гальоркіна, що широко використовується в різних областях математичного моделювання і наближеного розв’язання інженерних задач. Класична форма методу

Рітца – Гальоркіна передбачає апроксимацію рішення для всієї області модельованої конструкції та вдалий вибір апроксимуючих функцій (поліномів). При квазістатичному навантаженні в задачах дослідження напружено-деформованого стану конструкції розглядається поняття повної потенціальної енергії деформації. Нею називається робота внутрішніх і зовнішніх сил, діючих на об'єкт при поверненні його із деформованого в початковий недеформований стан. У скінченноелементному моделюванні деформації визначають через функції, апроксимуючих поле переміщень у межах підобласті, зайнятої скінченним елементом. Вдалий вибір апроксимуючої функції суттєво обумовлюється простотою форми та меж скінченного елемента. З урахуванням геометрії скінченного елемента приймаються інтерполюючі поліноми, які визначені уже раніше. Вони прості і виражають деформації розтягування – стискування та згинання, рідше вільного кручення. Мають місце і складові потенціальної енергії, відповідні цим видам деформацій. У підсумку програмні комплекси МСЕ передбачають спрощений розрахунок напружень у стержнях виходячи із гіпотези плоских перерізів (недеформованих у їх площинах).

У дійсності ж повна потенціальна енергія стержневого каркаса кузова поповнюється ще одним важливим видом – енергією здавлювального кручення стержнів. Частіше в якості стояків бокових і торцевих стін використовуються технологічні у виготовленні омегоподібні відкриті профілі.

У межах приведеної ширини такі профілі перекриваються металевою обшивкою. Утворюються тонкостінні стержні закритого профілю. Стержневий каркас вантажних вагонів типу хопер (для цементу, зерна, мінеральних добрив, обкотишів, коксу) складають відкриті двотаврові профілі.

При крученні стержня некруглого перерізу його поперечні перерізи не залишаються плоскими: вони викривляються по деякій поверхні, що називається депланацією перерізу. Вона пов'язана з переміщеннями точок із площини поперечного перерізу вздовж осі стержня. Виникає так зване здавлювальне кручення. Воно характерне тим, що в поперечних перерізах виникають, окрім дотичних напружень, нормальні напруження. Вони, як свідчать результати [2, 3], можуть мати великі значення і помітно впливають на міцність і жорсткість стержнів.

Загальна теорія деформації тонкостінних стержнів некруглого перерізу створена видатним російським вченим В.З. Власовим. При здавлювальному крученні стержня виникає новий силовий фактор у перерізі, який називається бімоментом B_w [2].

$$B_w = \ddot{\varphi} EI_w, \qquad (1)$$

де $\ddot{\varphi}$ - кут закручування відносно центра кручення;

EI_w - секторіальна жорсткість перерізу.

Відповідні нормальні напруження σ_w, що виникають при здавлювальному крученні, визначаються за виразом

$$\sigma_w = \frac{B_w}{I_w} \cdot w, \qquad (2)$$

де I_w - секторіальний момент інерції поперечного перерізу, м^2;

w - секторіальна площа перерізу, м^2.

Таким чином, у загальному випадку навантаження кузова, як просторової конструкції, нормальні напруження в стержнях металевого каркаса σ_c визначаються за принципом суперпозиції як алгебраїчна сума напружень, викликаних

окремими складовими деформацій, за тричленною формулою

$$\sigma_c = \frac{N}{F} + \frac{M \cdot z}{I} + \frac{B_w}{I_w} \cdot w, \qquad (3)$$

де перший і другий члени ураховують деформації відповідно розтягування-стискування і згинання, третій – деформацію здавлювального кручення.

Алгоритм розрахунку за допомогою МСЕ в класичній постановці при визначенні напружень враховує тільки два перших члени. Тобто при використанні варіаційного методу Рітца – Гальоркіна повна потенціальна енергія деформацій недораховується важливої складової – енергії деформації здавлювального кручення.

Це означає, що енергія деформації згинання при стаціонарній величині повної потенціальної енергії буде «перевантажена».

Звичайно, зростання величини деформації згинання за умови забезпечення міцності призводить до збільшення геометричних розмірів поперечного перерізу стержня. Інакше кажучи, буде більшою металоємність стержневого каркаса кузова.

І навпаки, урахування всіх складових енергій деформацій, зокрема деформації здавлювального кручення, сприяє створенню більш економічної конструкції кузова з точки зору його металоємності.

Список літератури

1. Власов, В.З. Общая теория оболочек [Текст] / В.З. Власов. – М.: Гостехтеориздат, 1949. – 784 с.

2. Власов, В.З. Тонкостенные упругие стержни [Текст] / В.З. Власов. – М.: Физмат, 1959. – 568 с.

3. Уманский, А.А. Кручение и изгиб тонкостенных авиаконструкций [Текст] / А.А. Уманский. – М.: Оборонгиз, 1939. – 215 с.

4. Протусевич, Я.А. Вариационные методы в строительной механике [Текст] / Я.А. Протусевич. – М.: Гостехиздат, 1948. – 400 с.

5. Лозбинев, В.П. Проектирование и оптимизация несущих систем кузовов вагонов [Текст] : учеб. пособие / В.П. Лозбинев. – Брянск: БГТУ, 1997. – 88 с.

Ключові слова: металоємність, кузов вагона.

Анотації

Розглянуто актуальне питання пошуку резерву зменшення металоємкості кузовів вагонів. Для вирішення його пропонується створення для розрахунку кузова більш уточненого методу.

Рассматривается актуальный вопрос поиска резерва уменьшения металлоемкости кузова вагонов. Для его решения предлагается создание для расчета кузова более точного метода.

The topical question of the search for the provision of reduction of metal consumption of the body of the vagons is discussed. To solve it proposes the creation of the calculation of the body more accurate method.