

УДК 629.4.01:629.463.65.001.76

В.І. Мороз, О.В. Фомін, В.В. Фомін, К.В Сидоренко, В.П. Білаш

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВІТЧИЗНЯНИХ НАПІВВАГОНІВ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ПІДХОДІВ ДО ЇХ ПРОЕКТУВАННЯ

Постановка проблеми і аналіз результатів останніх досліджень.

Відповідно до концепції Державної програми реформування залізничного транспорту, схваленою розпорядженням Кабінету Міністрів України від 27 грудня 2006 року N 651-р однією з пріоритетних задач розвитку залізниць є удосконалення конструкції рухомого складу, підвищення рентабельності його роботи та конкурентоспроможності, в основному за рахунок зниження собівартості перевезень. Важливим напрямком оперативного вирішення вищезазначеної задачі є ефективне використання вантажного парку вагонів. В межах якого найбільш чисельна частка належить напіввагонам, на долю яких приходиться понад 50% загального вантажобігу залізниць країн СНД (www.ukrstat.gov.ua, www.gks.ru). Наприклад тільки на Україні за січень-грудень 2008-го року залізничним транспортом було відправлено 399,7 млн. т вантажів, з яких найбільшу частину було перевезено напіввагонами (кам'яного вугілля 102 млн. т, руди залізної і марганцевої 68,7 млн. т, чорних металів 36,1 млн. т і т.д.). Це в свою чергу визначає високі вимоги по забезпеченню економічної ефективності до конструкції напіввагонів вітчизняного виробництва.

При цьому за оцінками фахівців [1,2, www.pg-online.ru] на сьогоднішній день має місце дефіцит напіввагонів, що визначає необхідність поповнення їх парку. В останній час поповнення парку напіввагонів відбувається за рахунок їх виготовлення на вагонобудівних підприємствах України та країн СНД, а також перепрофільованих вагоноремонтних заводах (ВРЗ) Укрзалізниці.

Поряд із зазначеним, суттєве подорожчання кредитних ресурсів та збільшення тарифних ставок на перевезення вантажів мережею залізниць, в умовах глобальної економічної та фінансової кризи, призвело до скорочення замовлень на побудову напіввагонів. Також ця ситуація призводить до того, що замовники більш ретельно аналізують техніко-економічні показники (ТЕП) існуючих конструкцій та замовляють новий рухомий склад у підприємств, які виготовляють моделі з найкращими ТЕП. Це обґрунтовує актуальність подальшого розгортання науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт з метою створення моделей вітчизняних напіввагонів з поліпшеними ТЕП, напіввагонів нового покоління.

Мета статті та викладення основного матеріалу. В статті наведені розроблені в Українській державній академії залізничного транспорту (УкрДАЗТ) у співдружності зі спеціалістами державного підприємства «Український державний центр по експлуатації спеціалізованих вагонів» (ДП«Укрспецвагон») перспективні підходи до удосконалення конструкції вітчизняних напіввагонів за рахунок використання при їх проектуванні сучасних методів теорії оптимізації.

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

На протязі останніх 20 років на кафедрі “Механіка і проектування машин” УкрДАЗТ виконуються науково-дослідні роботи у напрямку розробки нових підходів, стратегій, методів і математичних моделей для удосконалення конструкції транспортних технічних засобів (наукові керівники - д.т.н. проф. академік ТАУ Мороз В.І., д.т.н. проф. академік інженерної академії України Кудряш А.П., к.т.н. доц. академік ТАУ Ліньков В.В., к.т.н. доц. Братченко О.В.). В рамках зазначених робіт на протязі останніх 3 у співдружності зі спеціалістами ДП«Укрспецвагон» (Фомінін В.В., Новиковим В.Р., Сидоренко К.В., Білашом В.П. і інш.) проводяться роботи по удосконаленню конструкції вітчизняних напіввагонів.

В роботі [3] наведено результати порівняльного аналізу техніко-економічних показників базових моделей напіввагонів вітчизняних та закордонних вагонобудівників. Визначено, що одним із перспективних напрямків удосконалення напіввагонів виробництва ДП«Укрспецвагон» є розробка та впровадження технічних рішень, які спрямовані на зниження їх матеріалоемності (маси тари).

За своєю суттю вирішення вищезазначеної задачі на сучасному рівні може здійснюватись з використанням підходів та методів теорії оптимізації [4,5] - оптимізаційного проектування за критерієм мінімальної матеріалоемності. При цьому одна з головних ролей відводиться її математичному запису. Тому авторами у роботі [6] запропонован узагальнений математичний запис задачі оптимізаційного проектування вітчизняних напіввагонів за критерієм мінімальної матеріалоемності, визначенні: головний критерій оптимізації, параметричні та функціональні обмеження.

Особливістю розробленого математичного запису є те, що його орієнтовано на комплексне удосконалення конструкції напіввагону шляхом модернізації її окремих складових. Це доцільно робити на основі структурного аналізу матеріалоемності конструкції відповідних напіввагонів.

При вирішенні зазначеної задачі особлива роль відводиться розробці та використанню формалізованих описань конструкції напіввагонів. В той же час, актуальні питання створення таких описань не отримали достатнього висвітлення в літературних джерелах присвячених проблемам вагонобудування. Тому у роботі [7] був запропонован новий підхід до формалізованого описання конструкції залізничних вантажних вагонів, розроблений на основі використання принципів ієрархічності та декомпозиції. Використання принципу ієрархічності передбачає структурування опису конструкції вагону за ступенем детальності з виділенням окремих ієрархічних рівнів. Застосування принципу декомпозиції забезпечує розділення описів конструкції вагона на кожному ієрархічному рівні на ряд відповідних блоків (конструкційних модулів) з можливостями їхнього роздільного проектування та дослідження. Вищезазначені принципи в повній мірі віддзеркалюються у блочно-ієрархічній моделі залізничного вантажного вагона, яка найбільш часто представляється у вигляді відповідної схеми. Результати проведених робіт по розробці блочно-ієрархічної схеми напіввагонів виробництва ДП«Укрспецвагон» були висвітлені у роботі [8].

В якості прикладу на рис. 1 наведено фрагмент блочно-ієрархічної схеми модуля кузова B_{11} моделі 12-9745. При цьому деталізовано декомпозиційний склад стіни торцевої B_{112} .

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

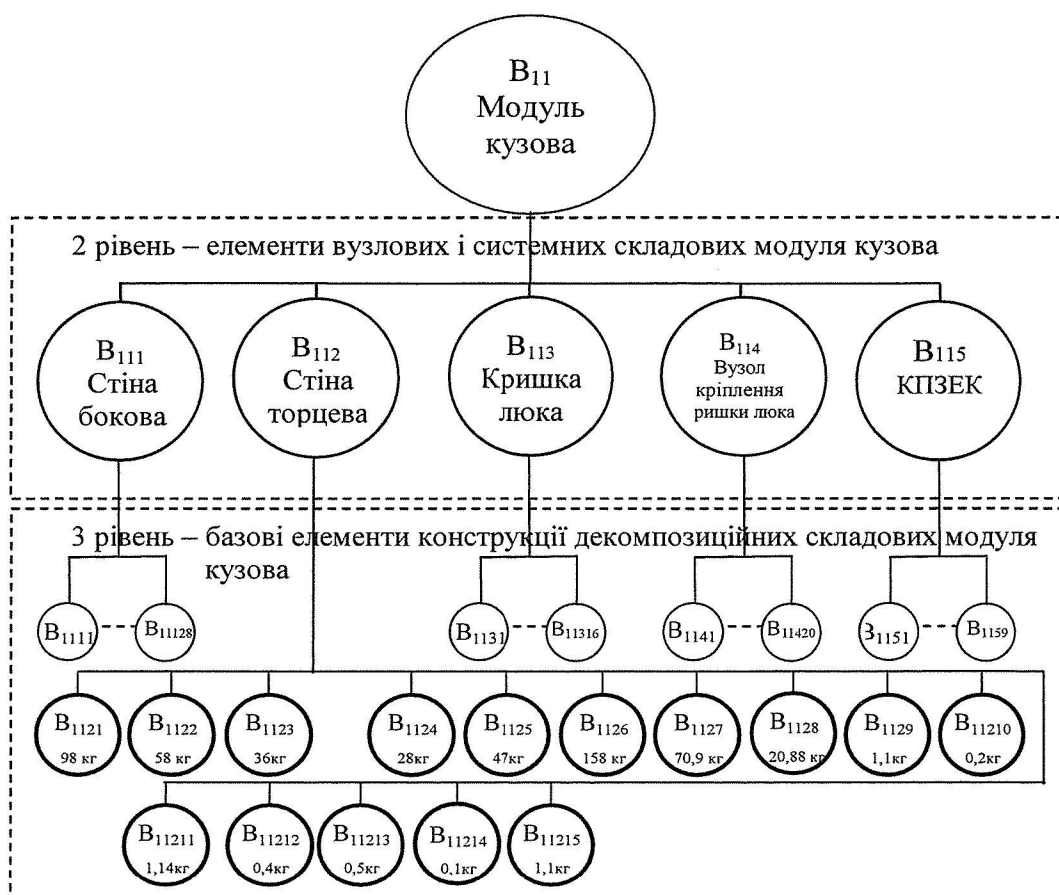


Рис. 1. Загальна схема модуля кузова V_{11} напіввагонів моделі 12-9745

Модуль кузова V_{11} належить до першого ієрархічного рівня формалізованого описання загальної конструкції напіввагонів, його складові відносяться до другого ієрархічного рівня, це: стіна бокова V_{111} , стіна торцева V_{112} , кришка люка V_{113} , вузол кріплення кришки люка V_{114} , комплекс посилення та з'єднання елементів кузова (КПЗЕК) V_{115} . Складові кожного з цих елементів утворюють третій ієрархічний рівень, прийнятий за рівень базових елементів. На рис.1 більш розгорнуто висвітлені базові елементи стіни торцевої V_{112} , для кожного з яких наведені значення відповідних мас, це: обв'язування верхнє V_{1121} , кутник V_{1122} , бокова V_{1123} та вертикальна V_{1124} стійки, горизонтальний пояс V_{1125} , верхній лист обшиви V_{1126} , нижній лист обшиви V_{1127} , драбина V_{1128} , планка V_{1129} , державка V_{11210} , скоба V_{11211} , ребро V_{11212} , кільце у'в'язочне V_{11213} , косинець V_{11214} , ступінь внутрішня V_{11215} .

Наведений фрагмент блочно-ієрархічної схеми використовувався при дослідженні варіантів зменшення матеріалоемності стіни торцевої V_{112} напіввагонів моделі 12-9745. Для цього був розроблений математичний запис задачі її оптимізаційного проектування за критерієм мінімальної матеріалоемності. В якості головного (першорядного) критерію оптимальності обрано очікувану величину зниження матеріалоемності стіни торцевої $\Delta m_{V_{112}}$:

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

$$\Delta m_{B_{112}} = \Delta m_{B_{П112}} - \Delta m_{B_{M112}} \quad (1)$$

де $\Delta m_{B_{П112}}$ – матеріалоемність стіни торцевої напіввагону, конструкція якого приймається за базову для удосконалення;

$\Delta m_{B_{M112}}$ – матеріалоемність удосконаленої стіни торцевої.

Загальний вид математичного запису такої задачі, з урахуванням всіх параметричних та функціональних обмежень, має наступний вигляд:

$$\Delta m_{\bar{A}_{112}}(\bar{X}) \rightarrow \max$$

$$\bar{X} \in \bar{A}_x \in \bar{A}$$

$$\bar{A} = \left\{ \bar{X} \mid \begin{array}{l} x_{\bar{A}a} \min \leq x_{\bar{A}a} \leq x_{\bar{A}a} \max; \quad x_j \ d \max \leq x_j \ d \geq x_j \ d \min; \quad x_{\bar{E}e} \min \leq x_{\bar{E}e} \leq x_{\bar{E}e} \max; \quad a \in [1;3], \quad d \in [1;\bar{n}], \quad e \in [1;s] \end{array} \right\} \quad (2)$$

$$\bar{A}_x = \left\{ \bar{X} \mid \begin{array}{l} s \max \leq [s] \quad ; \quad D_{\bar{T}\bar{n}} \max \leq [D_{\bar{T}\bar{n}} \max] \quad ; \quad D_{\bar{A}} \geq D_{\bar{A}} \ \delta \ \delta; \quad V_{\bar{A}} \geq V_{\bar{A}} \ \delta \ \delta; \quad C_{\bar{A}} \max < C_{\bar{A}} \ \delta \ \delta; \\ x_{\bar{A}a} \min \leq x_{\bar{A}a} \leq x_{\bar{A}a} \max; \quad x_j \ d \max \leq x_j \ d \geq x_j \ d \min; \quad x_{\bar{E}e} \min \leq x_{\bar{E}e} \leq x_{\bar{E}e} \max; \quad a \in [1;3], \quad d \in [1;\bar{n}], \quad e \in [1;s] \end{array} \right\}$$

де D – область можливих рішень, яка формується границями варіювання складових вектора змінних параметрів $X^- (x_{Ga}, x_{Md}, x_{Ke})$ – параметричними обмеженнями;

x_{Ga} – сумарна складова вектора змінних параметрів, яка характеризує габаритні розміри стіни торцевої (висота – x_{G1} , довжина – x_{G2} , ширина – x_{G3}). Причому максимальні ($x_{G\max}$) та мінімальні значення ($x_{G\min}$) відповідної змінної визначаються габаритним обрисом рухомого складу (для розглядаємої конструкції напіввагонів використовуємо габаритний обрис – 0-ВМ), можливістю використання засобів механізації при виконанні завантажувальних та розвантажувальних робіт (відповідно до ГОСТ 22235);

x_{Md} – сумарна складова вектора змінних параметрів, яка характеризує показники матеріалу, з якого виготовлено елементи стіни торцевої (наприклад: питома вага, границя текучості і т.д.). Максимальні $x_{Md\max}$ та мінімальні $x_{Md\min}$ значення відповідної змінної визначаються з урахуванням властивостей матеріалів, які можуть бути застосовані для виготовлення елементів стіни торцевої (сплавів на основі алюмінію, конструкційних сталей та інш.). При цьому мінімальні значення $x_{Md\min}$ повинні бути не гірше за характеристики сталі 09Г2;

x_{Ke} – сумарна складова вектора змінних параметрів, яка характеризує конструкційні особливості стіни торцевої. Максимальні $x_{Ke\max}$ та мінімальні $x_{Ke\min}$ значення змінної, що розглядається, будуть визначатись в залежності від пропонуємих конструкційних рішень (наприклад: товщина листа обшиви торцевої стіни може змінюватись від 4 до 8 мм);

D_x – область допустимих рішень, яка визнається функціональними обмеженнями - вторинними критеріями оптимізації, які також змінюються при варіюванні складових вектора X і задаються у вигляді відповідних співвідношень.

При розв'язанні задач оптимізаційного проектування стіни торцевої напіввагонів удосконаленої конструкції в якості функціональних обмежень можуть розглядатися:

РЕЙКОВИЙ РУХОМИЙ СКЛАД

σ_{max} – еквівалентні напруження для найбільш навантаженого елементу стіни торцевої, які, з урахуванням вимог [9], не повинні перевищувати допустимі напруження $[\sigma]$ для обраного матеріалу;

$P_{остax}$ – розрахункове статичне навантаження від колісної пари напіввагону на рейки, яке не повинно перевищувати допустимого значення $[P_{остax}]$, що встановлюється нормативно-технічною документацією, $[P_{остax}] = 230,54 \text{ кН}$;

P_B – вантажопідйомність напіввагону, яка повинна бути не меншою за вантажопідйомність прототипу $P_{Впрот}$, $P_{Впрот} = 70 \text{ т}$;

V_B – повний (навантажувальний) об'єм кузова напіввагону, який повинен бути більше за повний об'єм кузова для прототипу $V_{прот}$, $V_{прот} = 76 \text{ м}^3$;

$Z_{Вmax}$ – максимальні витрати на виробництво стіни торцевої, які повинні бути меншими, ніж аналогічні витрати для прототипу $Z_{прот}$, $Z_{прот} = 6,667 \text{ грн}$.

Оптимізаційний пошук рішення в області D_x дозволив знайти реальні варіанти удосконалення конструкції стіни торцевої V_{112} . Наприклад тільки за рахунок модернізації її каркасу можна зменшити масу цього вузла на 90 кг, та тим самим збільшити вантажопідйомність розглядаємої моделі напіввагонів на 180 кг. Вже це дозволить перевозити додатково близько 11 т вантажу у складі поїзда з 60 – ти таких напіввагонів.

Висновки і рекомендації щодо подальшого використання.

Наведені у статті матеріали свідчать про доцільність впровадження запропонованих авторами нових підходів та методів до проектування вітчизняних напіввагонів. При їх реалізації досягається суттєве удосконалення конструкції напіввагонів, що дозволить отримати значний економічний ефект при їх виготовленні та експлуатації. Наприклад розповсюдження запропонованих рішень на базову конструкцію напіввагонів ДП «Укрспецвагон» забезпечує зниження собівартості тільки при їх виготовленні на 3...4%.

Запропоновані авторами підходи та методи до удосконалення конструкції вітчизняних напіввагонів можуть бути використані і для інших типів вантажних вагонів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Цыган, Б.Г. Состояние и тенденции развития грузового вагоностроения [Текст] / Б.Г.Цыган, А.Б.Цыган // Вагонный парк. – 2008 - № 9-11.
2. Долматов, А.А. О развитии парка грузовых вагонов [Текст] / А.А. Долматов, В.П. Цюренко, Н.Ф. Кулик, В.В. Новоселов, О.В. Селихова // Железнодорожный транспорт. – 2000 - №4. - С. 70-76.
3. Мороз, В.І. Визначення перспективних напрямків удосконалення конструкції напіввагонів виробництва ДП «Укрспецвагон» [Текст] / В.І. Мороз, В.В. Фомін, О.В. Фомін // Зб. наук. праць.- Харків: УкрДАЗТ, 2008.- Вип. 99.- С. 72-81
4. Мороз, В.І. Основи конструювання і САПР [Текст] / В.І.Мороз, О.В.Братченко, В.В.Ліньков – Харків: Нове слово, 2003. – 194 с.
5. Дитрих, Я. Проектирование и конструирование: Системный подход. [Текст]/ Я.Дитрих.– М.: Мир, 1981. – 456 с.
6. Мороз, В.І. Математичний запис задачі оптимізаційного проектування напіввагонів за критерієм мінімальної матеріалоемності [Текст]/ В.І. Мороз, О.В. Фомін // Зб. наук. праць.- Харків: УкрДАЗТ, 2009.- Вип. 111
7. Мороз, В.І., Формалізоване описання конструкції залізничних вантажних вагонів [Текст]/ В.І. Мороз, О.В. Фомін, // Зб.наук.праць 107. - Харків: УкрДАЗТ, 2009. - Вип. –С. 173-179.
8. Мороз, В.І. Блочно-ієрархічне описання конструкції напіввагонів виробництва ДП «Укрспецвагон» [Текст] / В.І. Мороз, О.В. Фомін / Тези доповідей 69 Міжнародної науково-практичної конференції: «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту» 2009 (21.05.2009-22.05.2009), Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ) 2009г. – С. 35,36.
9. Нормы расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) [Текст]. М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996. – 354с.