

УКРАЇНСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Фомін Олексій Вікторович

УДК 629.4.02.001.76:629.463.65

**УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПІВВАГОНІВ З
МЕТОЮ ЗНИЖЕННЯ МАТЕРІАЛОЄМНОСТІ**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2010

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі «Механіка і проектування машин» в Українській державній академії залізничного транспорту Міністерства транспорту та зв'язку України

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор
Мороз Володимир Ілліч,
Українська державна академія залізничного транспорту,
проректор з науково-педагогічної роботи.

Офіційні опоненти - доктор технічних наук, професор
Кельріх Михайло Борисович
Державний економіко-технологічний університет
транспорту, кафедра Вагони, завідувач кафедри;

- кандидат технічних наук, доцент
Горбенко Анатолій Петрович
Українська державна академія залізничного транспорту,
кафедра Вагони, доцент кафедри.

Захист відбудеться «28» січня 2011 р. о 12³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.820.04 Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха,7.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха,7.

Автореферат розісланий «17» грудня 2010р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

А.В. Прохорченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Вступ. Відповідно до Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року, яка схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 року за № 1555-р, однією з пріоритетних задач розвитку залізниць є удосконалення конструкції рухомого складу для підвищення його рентабельності та конкурентоспроможності. Важливим напрямком вирішення цієї задачі є ефективне використання резервів конструкції вантажних вагонів, більшу частину інвентарного парку яких складають піввагони.

За оцінками фахівців на теперішній час на залізницях країн СНД та Балтії біля 50% парку піввагонів експлуатується понад 20 років (нормативний термін - 22 роки). Це визначає необхідність оперативного їх поповнення, що може здійснюватись за рахунок виготовлення піввагонів на вагонобудівних підприємствах України та країн СНД, а також перепрофільованих вагоноремонтних заводах (ВРЗ) Укрзалізниці. При цьому найбільшим попитом користуються моделі піввагонів з найкращими техніко-економічними показниками (ТЕП) і найбільшу кількість замовлень на виробництво нового рухомого складу отримують підприємства, які їх виготовляють. Це обґрунтовує актуальність науково-дослідних робіт в напрямку створення вітчизняних моделей піввагонів нового покоління з поліпшеними ТЕП, які можуть виготовлятися на профільних підприємствах Укрзалізниці.

Актуальність теми дисертації. Результати порівняльного аналізу базових моделей піввагонів вітчизняних та закордонних вагонобудівників, який було проведено в Українській державній академії залізничного транспорту, засвідчили наявність значних резервів подальшого удосконалення конструкції піввагонів (КП) вітчизняного виробництва за одним із основних ТЕП – матеріалоємністю (масою тари). Недосконалість моделей піввагонів вітчизняного виробництва головним чином пояснюється застосуванням застарілих підходів та методів для їх проектування.

Вищезазначена ситуація обумовила актуальність та важливість проведення наукових досліджень, спрямованих на зниження матеріалоємності піввагонів вітчизняного виробництва за рахунок удосконалення їх конструкції на основі нових підходів та методів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Тема дисертації відповідає Комплексній програмі оновлення залізничного рухомого складу України на 2006-2010 роки, яку затверджено Наказом міністерства транспорту та зв'язку від 5 червня 2006 р. №535, Державній цільовій програмі реформування залізничного транспорту на 2010-2015 роки, затвердженій розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 року №1390 та Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року, яку схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 року №1555-р. Наукові результати дисертаційної роботи отримані при виконанні планів

госпдоговірних науково-дослідних робіт «Удосконалення конструкції напіввагонів виробництва ДП «Укрспецвагон» з метою поліпшення їх техніко-економічних показників» (ДР 0109U001186) та «Удосконалення конструкції рами та кузова напіввагонів виробництва ДП«Укрспецвагон» з метою зниження їх матеріалоємності» (ДР 0110U000732).

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є вирішення науково-практичної задачі – поліпшення техніко-економічних показників піввагонів вітчизняного виробництва за рахунок удосконалення їх конструкції на основі використання нових підходів та методів для їх проектування.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити ряд задач, основними з яких є:

- обґрунтування перспективних напрямків поліпшення ТЕП піввагонів вітчизняного виробництва;
- складання формалізованого описання конструкції сучасних піввагонів;
- розробка методу для визначення структури матеріалоємності піввагонів;
- формулювання математичного описання задачі удосконалення КП з метою зниження матеріалоємності;
- розробка та перевірка на адекватність розрахункової скінчено-елементної моделі (РСЕМ) кузова сучасних піввагонів;
- розробка методу визначення розрахункових резервів міцності (РРМ) конструктивних елементів кузова піввагону і обґрунтування їх раціонального використання;
- удосконалення конструкції кузова піввагонів виробництва ДП«Укрспецвагон» з метою зниження матеріалоємності;
- оцінка економічної ефективності від впровадження запропонованих технічних рішень з удосконалення КП виробництва ДП«Укрспецвагон».

Об'єкт дослідження – процес удосконалення конструкції піввагонів з метою зниження матеріалоємності.

Предмет дослідження – нові методи описання та дослідження конструкції піввагонів.

Методи дослідження. При виконанні дисертаційних досліджень використовувались такі методи: методи проектування сучасного рухомого складу та теорії багаторівневих ієрархічних систем при розробці формалізованих описань сучасних КП; методи динаміки та міцності машин для дослідження напружено-деформованого стану РСЕМ кузова піввагону; методи теорії оптимізації при розробці формалізованого описання задачі удосконалення КП за критерієм мінімальної матеріалоємності; методи математичного планування експерименту при удосконаленні конструкції елементів кузова піввагонів моделі 12-9745; сучасні методи експериментальних досліджень при визначенні деформацій в елементах КП від дії екстремальних експлуатаційних навантажень.

Наукова новизна отриманих результатів. Вирішено науково-практичну задачу поліпшення техніко-економічних показників піввагонів вітчизняного виробництва за рахунок удосконалення їх конструкції на основі використання нових підходів та методів для їх проектування.

Вперше:

- науково обґрунтовані перспективні напрямки удосконалення конструкції сучасних залізничних піввагонів вітчизняного виробництва і сформульована задача удосконалення їх конструкції;

- запропоновано формалізоване описання конструкції сучасних піввагонів у вигляді блочно-ієрархічної схеми (БІС) і його використання для визначення структури матеріалоємності;

- розроблено математичне описання задачі оптимізаційного проектування (ОП) за критерієм мінімальної матеріалоємності КП нового покоління та використано його для удосконалення конструкції кузова;

- запропоновано метод зниження матеріалоємності окремих елементів та вузлів КП за рахунок раціонального забезпечення запасів міцності.

Дістали подальшого розвитку:

- теорія оптимізаційного проектування елементів конструкції кузовів сучасних піввагонів;

- моделі для оцінювання напружено-деформованого стану піввагонів вітчизняного виробництва.

Практичне значення одержаних результатів. До основних практичних результатів дисертаційної роботи можна віднести:

- визначення загальної та модульних структур матеріалоємності конструкції піввагонів моделі 12-9745, що дозволило виявити складові, за рахунок модернізації яких доцільно знижувати масу тари цих піввагонів;

- науково обґрунтований варіант удосконалення КП моделі 12-9745, який прийнятий до впровадження в ДП «Укрспецвагон»;

- нові патенто захищені конструкції сучасних залізничних піввагонів з поліпшеними техніко-економічними показниками.

Матеріали дисертаційної роботи використовуються при проектуванні нових та модернізації існуючих КП, а також у навчальному процесі Української державної академії залізничного транспорту при підготовці спеціалістів і магістрів за спеціальністю «Рухомий склад та спеціальна техніка залізничного транспорту».

Впровадження результатів роботи підтверджується відповідними документами, які наведено у додатках до дисертації.

Особистий внесок здобувача. Усі результати дисертаційної роботи отримано особисто автором або при його безпосередній участі. У основних працях, які написані у співавторстві, дисертантом: [1]—проаналізовано базові моделі піввагонів закордонного та вітчизняного виробництва за основними ТЕП, запропоновано перспективні напрямки удосконалення КП вітчизняного виробництва; [2]—розроблено формалізоване описання КП, яке базується на

використанні в дослідженнях механічних систем принципів ієрархічності та декомпозиції; [3]–визначено основний критерій, параметричні та функціональні обмеження задачі ОП елементів КП з метою зниження матеріалоемності; [4]–запропоновано метод для визначення і аналізу структури матеріалоемності КП на основі її блочно-ієрархічного описання; [5]–запропоновано розрахунково-експериментальний метод визначення резервів зниження матеріалоемності елементів конструкції стіни торцевої піввагону моделі 12-9745; [6]–проведено дослідження з удосконалення елементів конструкції стіни торцевої піввагонів моделі 12-9745 за критерієм мінімальної матеріалоемності; [8]–запропоновано технічні рішення з модернізації обв'язування верхнього, силових елементів бокових і торцевих стін конструкції піввагонів, впровадження яких суттєво знизить собівартість їх виготовлення. У *додаткових* працях, які написані у співавторстві, дисертантом: [1]–запропоновано виготовлення вертикальних стійок бокових стін з профілю змінного перетину; [2]– розроблено блочно-ієрархічну схему конструкції кузова піввагону моделі 12-9745; [3]–визначено резерви удосконалення конструкції піввагонів вітчизняного виробництва; [4]–запропоновано напрямки використання блочно-ієрархічних схем КП вітчизняного виробництва; [5]–проаналізовано сучасні КП вітчизняного та закордонного виготовлення для вантажів з низькою щільністю; [6]– визначено основний критерій, параметричні та функціональні обмеження задачі ОП елементів кузова КП з метою зниження матеріалоемності; [7]–визначено особливості моделювання несучих елементів кузова піввагонів моделі 12-9745; [8]– проведено ОП елементів стін торцевих та бокових піввагонів моделі 12-9745; [9]– запропоновано технічні рішення з модернізації конструкційних елементів кузова піввагонів моделі 12-9745.

Апробація результатів дисертації. Основні матеріали результатів дисертаційної роботи доповідались, обговорювались та отримали схвалення на 9 міжнародних науково-технічних конференціях:

- 17-й та 18-й міжнародних науково-практичних конференціях «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я», Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», 2009, 2010 р.р. (Україна, м. Харків);

- 70-й, 71-й та 72-й міжнародних науково-технічних конференціях кафедр Української державної академії залізничного транспорту, інженерно-технічних працівників залізниць, підприємств та організацій України та інших країн 2008-2010 рр. (Україна, м. Харків,);

- 5 –й міжнародній науково-практичній конференції «Перспективные разработки науки и техники», 2009 р. (Польща, м. Перемишль);

- 5-й міжнародній науково-практичній конференції «Новейшие научные достижения», 2009 р. (Болгарія, м. Софія);

- 69-й та 70-й міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені В.Лазаряна, 2009, 2010 р.р. (Україна, м. Дніпропетровськ).

Основні положення дисертації доповідались на кафедрі з 2008 по 2010 р.р., повністю дисертація доповідалась в 2010р. на науково-практичній конференції «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту», що проводилась в Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені В. Лазаряна та 03 червня 2010р. на об'єднаному засіданні кафедр «Механіки і проектування машин», «Експлуатація та ремонт рухомого складу», «Вагони» Української державної академії залізничного транспорту за участю членів спеціалізованої вченої ради Д64.820.04.

Публікації. Результати дослідження опубліковані в 7 статтях (одна без співавторів) у фахових виданнях, затверджених ВАК України, одному патенті України на винахід та 9 додаткових публікаціях, які вказані у списку опублікованих праць за темою дисертації.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота має вступ, три розділи, висновки, список використаних джерел з 124 найменувань та 7 додатків.

Повний обсяг дисертації складає 185 сторінок, в тому числі 141 сторінка основного тексту, 16 таблиць, 34 рисунка, 44 сторінки додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету роботи, задачі дослідження, відображено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, особистий внесок автора, подано інформацію про апробації роботи і публікації основних результатів.

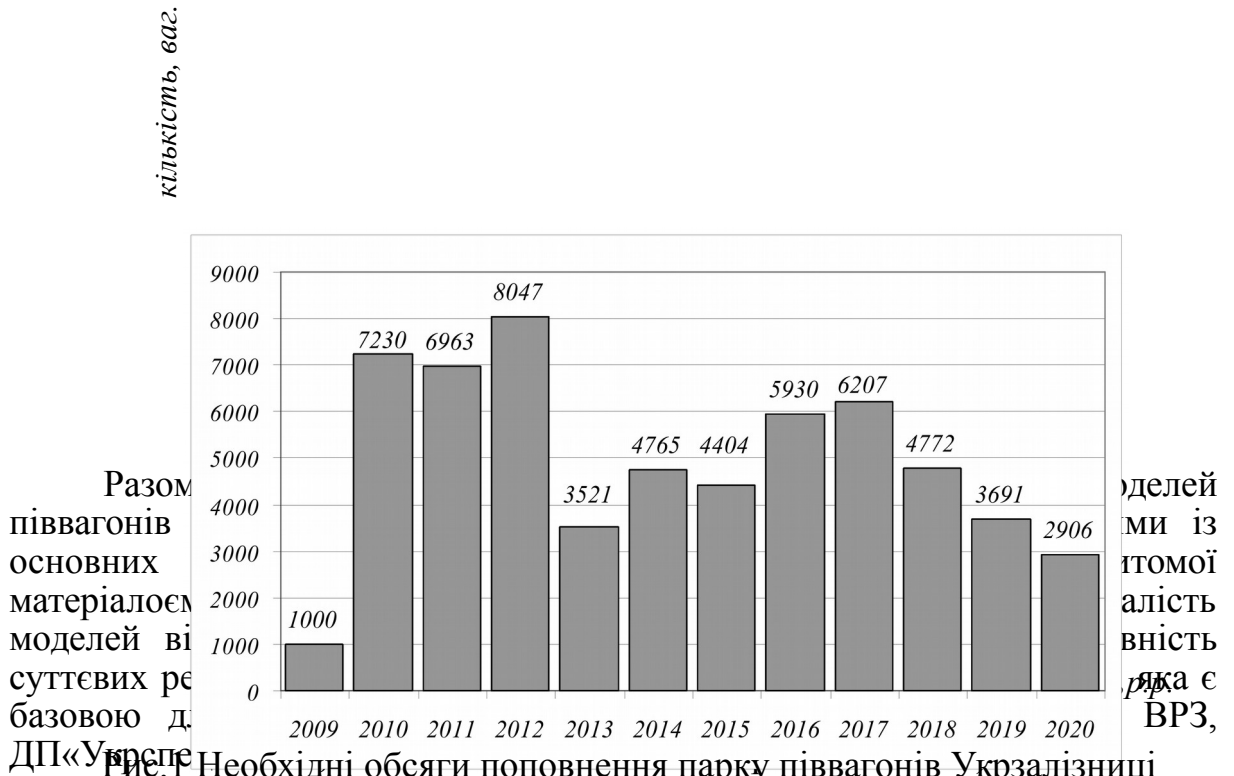
Перший розділ присвячений обґрунтуванню перспективних напрямків удосконалення КП вітчизняного виробництва та аналізу існуючих підходів та методів для їх проектування, сформульовано комплекс вимог, що пред'являються до конструкції сучасних піввагонів, визначено вузлові питання удосконалення КП з метою зниження матеріалоемності.

Задачам удосконалення КП та поліпшенню методів їх проектування присвячена велика кількість наукових праць. Найбільший внесок в цьому напрямку зробили: Анофрієв В.Г., Боднар Б.Є., Борзилов І.Д., Бубнов В.М., Власов В.З., Головка В.Ф., Горбенко А.П., Донченко А.В., Дьомін Ю.В., Кельріх М.Б., Котуранов В.М., Кузьміч Л.Д., Лазарян В.А., Мартинов І.Е., Мямлін С.В., Мороз В.І., Нікольський Є.М., Тартаковський Е.Д., Устич П.А., Шадур Л.А., Шевченко В.В., Шевченко П.В. та інші.

На сьогоднішній день інвентарний парк піввагонів Укрзалізниці налічує близько *68 тисяч одиниць*, при цьому за оцінками фахівців біля *50%* парку піввагонів експлуатується понад *20 років* (при нормативному строку служби в *22 роки*). Для забезпечення обсягів перевезень на 01.01.2020 р. необхідний парк піввагонів за оцінками фахівців повинен налічувати біля *103 тисяч вагонів*, що обґрунтовує необхідність його поповнення (рис.1).

У відповідності до Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року, одним із стратегічних напрямків розвитку залізничного транспорту є поповнення парку вантажних вагонів піввагонами вітчизняного виробництва з поліпшеними ТЕП.

Для вирішення цієї задачі розгорнуті науково-дослідні та дослідно-конструкторські роботи, спрямовані на зменшення маси тари, збільшення погонного та осьового навантажень, габариту, міжремонтних строків, загального терміну служби, підвищення швидкості руху та маси вантажних поїздів і інш.



Необхідні обсяги поповнення парку піввагонів Укрзалізниці. З'ясовано, що вирішення вищезазначеної задачі на сучасному рівні доцільно здійснювати на основі використання підходів та методів теорії оптимізації – ОП залізничних піввагонів з метою зниження матеріалоємності. Разом з цим аналіз численної науково-технічної літератури присвяченої проблемам вагонобудування засвідчив про відсутність змістовної інформації з таких важливих питань. Визначено, що вузловими питаннями вирішення вищенаведеної задачі є розробка формалізованих описань сучасних КП; дослідження структури їх матеріалоємності; розробка нових підходів та методів для ОП КП, які будуть орієнтовані на використання сучасних програмних засобів. Вищевказане обґрунтувало задачі досліджень другого розділу дисертаційної роботи.

У другому розділі представлені результати досліджень з розробки нових підходів і методів удосконалення КП з метою зниження матеріалоємності.

Запропоновано новий підхід до формалізованого описання КП, розроблений на основі використання принципів ієрархічності та декомпозиції (блочності) в дослідженні механічних систем сучасних технічних засобів. Використання принципу ієрархічності передбачає структурування опису КП за ступенем детальності з виділенням окремих ієрархічних рівнів. Застосування принципу декомпозиції забезпечує

розділення описів КП на кожному ієрархічному рівні на ряд відповідних блоків з можливостями їхнього роздільного проектування та дослідження. Вищезазначені принципи повністю віддзеркалені у запропонованій блочно-ієрархічній схемі залізничного піввагону, яка є основою формалізованого описання його конструкції. Для прикладу на рис.2 представлено трьохрівневу БІС, яка описує КП моделі 12-9745 виробництва ДП«Укрспецвагон». Видно, що таке описання передбачає

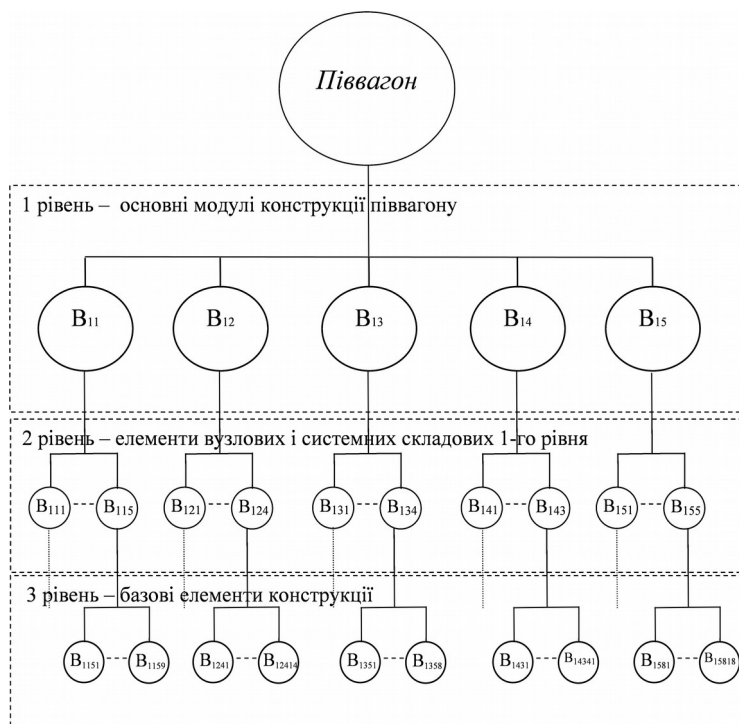


Рис.2 Блочно - ієрархічна схема КП моделі 12-9745

виділення трьох ієрархічних рівнів: Рівень 1 – містить основні модулі КП, які позначені рівнево - позиційними індексами V_{1x} (для даної схеми $x \in [1; 5]$, це модулі: кузова V_{11} , рами V_{12} , автозчепного пристрою V_{13} , гальмівного обладнання V_{14} , ходової частини V_{15}).

Рівень 2 – представлений декомпозиційними елементами складових модулів конструкції першого рівня, які позначені рівнево -

позиційними індексами $V_{1,xk}$ (де k змінюється в залежності від кількості вузлів, які входять до складу відповідного модуля, так наприклад модуль кузова V_{11} піввагону моделі 12-9745 включає п'ять декомпозиційних елементів $k \in [1; 5]$, до яких віднесено: стіну бокову V_{111} , стіну торцеву V_{112} , кришку люка V_{113} , устаткування кріплення кришки люка V_{114} , комплекс посилення та з'єднання елементів кузова V_{115}).

Рівень 3 – містить декомпозиційні складові другого ієрархічного рівня, які розглядаються як базові елементи конструкції (описи яких умовно не підлягають подальшому розподілу) і позначені індексами $V_{1,xkm}$. Величина індексу m змінюється в залежності від кількості базових елементів, які входять до складу відповідної декомпозиційної складової другого ієрархічного рівня. Наприклад, балка хребтова V_{121} включає 54 базових елемента, тому на третьому ієрархічному рівні для V_{121m} $m \in [1; 54]$. Загальна кількість базових елементів цієї КП налічує 2787 од., але багато з них повторюються, наприклад – чотири колісні пари, тому у БІС такі елементи представлені одноразово, що обов'язково необхідно враховувати при подальшому її дослідженні. Тому третій рівень даної БІС представлений 356 базовими елементами.

За допомогою розробленого формалізованого описання запропоновано метод визначення структури матеріалоемності КП, який передбачає дослідження

структури матеріалоемності конструкції конкретної моделі піввагонів на основі інформації про маси її складових (визначаються з використанням відповідних креслень та натурних досліджень). При наявності зазначених даних визначення структури матеріалоемності КП складається з двох основних етапів: етап I - розробка блочно-ієрархічного описання формування матеріалоемності КП; етап II - дослідження структури матеріалоемності на відповідних ієрархічних рівнях створеного описання.

За своєю суттю описання формування матеріалоемності віддзеркалює БІС піввагону, на якій вказані відповідні значення мас для всіх її елементів. Це дозволяє визначити сумарну матеріалоемність на кожному ієрархічному рівні, а також використовуючи висхідний метод визначити масу тари піввагону як додаток матеріалоемностей усіх ієрархічних рівнів (від найнижчого рівня базових елементів до найвищого). Слід зауважити, що при визначенні матеріалоемностей окремих ієрархічних рівнів та загальної матеріалоемності піввагону додатково необхідно враховувати масу зварювального матеріалу який накладається для з'єднання елементів КП. Отримані на етапі I значення матеріалоемності окремих модулів конструкції і виділення найбільших з них дозволить перейти до II етапу, де на основі аналізу структури матеріалоемності елементів сформованого описання приймається рішення про можливість удосконалення КП від вищих ієрархічних рівнів до рівня базових елементів.

Загальне математичне описання для визначення матеріалоемності КП на основі трьохрівневої БІС має наступний вид:

$$m_{B_i} = \sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^b \sum_{m=1}^a V_{ijkm} \rho_m + \sum_{m=1}^{\tilde{a}} S_{ijkm} \rho_m + \sum_{k=1}^{\tilde{b}} S_{ijk} \rho_k + \sum_{j=1}^{\tilde{c}} S_{ij} \rho_j, \quad (1)$$

де m_{B_i} – маса тари досліджуваного піввагону;

$$\sum_{j=1}^c \sum_{i=1}^b \sum_{m=1}^a V_{ijkm} \rho_m + \sum_{m=1}^{\tilde{a}} S_{ijkm} \rho_m + \sum_{k=1}^{\tilde{b}} S_{ijk} \rho_k + \sum_{j=1}^{\tilde{c}} S_{ij} \rho_j$$

– сумарна матеріалоемність модулів КП, де c змінюється в залежності від кількості основних модулів;

$$\sum_{k=1}^{\tilde{b}} S_{ijk} \rho_k + \sum_{m=1}^{\tilde{a}} S_{ijkm} \rho_m$$

– сумарна матеріалоемність вузлів, які входять до складу досліджуваного модуля, де b змінюється в залежності від кількості вузлів, які входять до складу модуля;

d_k – кількість k -их однойменних вузлів, які входять до досліджуваного модуля;

$\sum_{m=1}^{\tilde{a}} V_{ijkm} \rho_m$ – сумарна матеріалоемність базових елементів, які входять до складу відповідного вузла, де a змінюється від кількості базових елементів, які входять до складу відповідного вузла;

V_{ijkm} – об'єм базової m -ої складової;

ρ – питома вага конструктивного матеріалу, з якого виготовлено складову;

n_m – кількість однойменних m -их базових елементів у вузлі, що досліджується;

$$\sum_{j=1}^{\tilde{c}} S_{ij} \quad \sum_{k=1}^{\tilde{b}} S_{ijk} \quad \sum_{m=1}^{\tilde{a}} S_{ijkm} \quad - \text{ маса металу, що}$$

наплавляється при зварювальних роботах в процесі складання відповідно загальної КП із окремих модулів, досліджуваного модуля із вузлів, досліджуваного вузла із базових елементів;

\tilde{c} , \tilde{b} , \tilde{a} – змінюється в залежності від кількості типів зварювальних швів, які використовуються при складанні відповідно загальної КП, досліджуваного модуля, вузла;

$$S_{ij}, S_{ijk}, S_{ijkm} - \text{ площа відповідно } j\text{-го, } k\text{-го, } m\text{-го типу шву,}$$

$$l_j, l_k, l_m - \text{ довжина відповідно } j\text{-го, } k\text{-го, } m\text{-го шву.}$$

Встановлено, що в якості головного критерію оптимізації задачі ОП КП з метою зниження матеріалоемності доцільно використовувати очікувану величину зниження матеріалоемності Δm_B , яка представляє собою різницю маси тари базової конструкції m_{BP} (маса тари прототипу) та маси тари піввагону удосконаленої (модернізованої) конструкції m_{BM} :

$$\Delta m_B = m_{BP} - m_{BM} . \quad (2)$$

Аналіз блочно-ієрархічного описання КП показав, що величина Δm_B може бути представлена у вигляді додатка очікуваних величин зниження маси основних модулів: $\Delta m_{B_{11}}$ – зниження маси модуля кузова B_{11} ; $\Delta m_{B_{12}}$ – зниження маси модуля рами B_{12} ; $\Delta m_{B_{13}}$ – зниження маси модуля автозчепного пристрою B_{13} ; $\Delta m_{B_{14}}$ – зниження маси модуля гальмівного обладнання B_{14} ; $\Delta m_{B_{15}}$ – зниження маси модуля ходової частини B_{15} , тобто:

$$\Delta m_B = \Delta m_{B_{11}} + \Delta m_{B_{12}} + \Delta m_{B_{13}} + \Delta m_{B_{14}} + \Delta m_{B_{15}} . \quad (3)$$

Зазначене дозволяє вирішувати задачу ОП КП, як в цілому, так і для окремих її складових. З урахуванням обраного головного критерію загальний запис задачі ОП КП з метою зниження матеріалоемності буде мати наступний вигляд:

$$\begin{aligned} & \Delta m_B(\bar{X}) \rightarrow \max \\ & \bar{X} \in D \end{aligned} \quad (4)$$

$$D = \left\{ \bar{X} \left| \begin{array}{l} x_{Ga} \min \leq x_{Ga} \leq x_{Ga} \max ; x_{Md} \max \leq x_{Md} \leq x_{Md} \min ; x_{Ke} \min \leq x_{Ke} \leq x_{Ke} \max ; a \in [1;3], d \in [1e], \dots \\ \sigma_{\max} \leq \sigma \leq \sigma_{\max} ; P_{oc} \max \leq P_{oc} \max ; P_B \leq V_{прот} ; V_B \leq V_{прот} ; B_B \max < B_{прот} ; E_B \leq E_{\min} ; T_B \leq T_{\min} ; C_B \leq C_{\min} ; \\ x_{Ga} \min \leq x_{Ga} \leq x_{Ga} \max ; x_{Md} \max \leq x_{Md} \leq x_{Md} \min ; x_{Ke} \min \leq x_{Ke} \leq x_{Ke} \max ; a \in [1;3], d \in [1e], \dots \end{array} \right. \right\}$$

де D – область можливих рішень, яка формується границями варіювання складових вектора змінних параметрів \bar{X} (x_{Ga} , x_{Md} , x_{Ke}) – параметричними

обмеженнями; де x_{Ga} – сумарна складова вектора змінних параметрів, яка характеризує габаритні розміри оптимізуємої конструкції або її складової (висота – x_{G1} , довжина – x_{G2} , ширина – x_{G3}). Причому максимальні значення відповідної змінної $x_{G_{max}}$ визначаються обраним габаритним обрисом рухомого складу (0-ВМ. . . 3-ВМ), а мінімальні значення $x_{G_{min}}$ – обираються в залежності від функціонального призначення моделі піввагонів (наприклад: урахування можливості перевезення спеціальних вантажів - контейнерів, спецтехніки та інш.); x_{Md} – сумарна складова вектора змінних параметрів, яка характеризує показники матеріалу, з якого виготовлено оптимізуєму конструкцію або її складову (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 (сплавів на основі алюмінію, конструкційних сталей та інш.); x_{Ke} – сумарна складова вектора змінних параметрів, яка характеризує конструктивні особливості. Максимальні $x_{Ke_{max}}$ та мінімальні $x_{Ke_{min}}$ значення змінної, що розглядається, будуть визначатись в залежності від пропонуємих конструктивних рішень (наприклад: товщина листа металу обшиви стіни торцевої може змінюватись від 4 до 8 мм, а кількість стійок однієї бокової стіни варіювати від 6 до 16);

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 ОП КП та її складових в якості функціональних обмежень доцільно розглядати:

σ_{max} – еквівалентні напруження для найбільш навантаженого елемента КП, які не повинні перевищувати допустимі напруження $[\sigma]$;

P_{ocmax} – розрахункове статичне навантаження від колісної пари на рейки, яке не повинно перевищувати допустимого значення $[P_{ocmax}]$, що встановлюється нормативно-технічною документацією (НТД);

P_B – вантажопідйомність, яка повинна бути не меншою за вантажопідйомність прототипу $P_{Bпрот}$;

V_B – повний (навантажувальний) об'єм кузова, який повинен бути не менше за повний об'єм кузова для прототипу $V_{прот}$;

B_{Bmax} – максимальні витрати на виробництво, які повинні бути не більше, ніж аналогічні витрати для прототипу $B_{Bпрот}$;

E_B – енергоємність поглинаючого апарату, яка повинна бути не менше мінімально-допустимого значення E_{min} , яке встановлюється НТД;

T_B – характеристики модуля гальмівного обладнання (наприклад: розрахунковий коефіцієнт гальмівного тиску, втрати тиску у гальмівній магістралі за одиницю часу і т.д.), які повинні бути ліпшими за допустимі значення T_{min} , які встановлені НТД;

C_B – характеристики модуля ходової частини (наприклад: гнучкість, статичний прогин ресорного підвішування, конструкційна швидкість і т.д.), повинні бути не менше за мінімально-допустимі значення C_{min} , які встановлені НТД;

можливе урахування інших функціональних вимог та обмежень відповідних вторинних критеріїв, які додаються в залежності від конструктивних особливостей досліджуваної моделі піввагонів.

На наступному етапі досліджень з використанням запропонованого методу визначення структури матеріалоемності КП, встановлюються складові конструкції, на які доцільно спрямувати оптимізаційний пошук. З'ясовано, що зниження

матеріалоемності елементів КП доцільно робити за рахунок часткового використання РРМ. Тому для досліджуваних складових є необхідним визначення РРМ, що доцільно робити з використанням розробленого розрахунково-експериментального методу. Такий метод передбачає виконання досліджень за наступними етапами: розробка за допомогою програмних комплексів РСЕМ; перевірка адекватності РСЕМ на основі порівняння розрахункових напружень з відповідними експериментальними значеннями; моделювання напружено-деформованого стану при дії екстремальних навантажень, які регламентовані нормами розрахунку вагонів на міцність; визначення максимальних експлуатаційних еквівалентних напружень в конструктивних складових; визначення РРМ (γ) для кожного з досліджуваних елементів, які характеризуються співвідношенням допустимих $[\sigma]$ та максимальних експлуатаційних еквівалентних напружень σ_{emax} :

$$\gamma = \frac{[\sigma] - \sigma_{emax}}{[\sigma]} \cdot 100 \% \quad (5)$$

Розроблені теоретичні положення стали основою для розв'язання задач третього розділу дисертації.

Третій розділ присвячений висвітленню результатів досліджень, спрямованих на удосконалення конструкції кузовів піввагонів моделі 12-9745 виробництва ДП «Укрспецвагон» з метою зниження їх матеріалоемності.

На першому етапі робіт на основі розробленої БІС піввагону моделі 12-9745 і відповідних математичних описань здійснювались дослідження, спрямовані на визначення структури матеріалоемності КВ і виявлення складових конструкції, на які доцільно спрямувати оптимізаційний пошук (рис.3, 4). З рис.3 видно, що серед модулів КП моделі 12-9745 найбільш матеріалоемними є модулі ходової частини B_{15} , кузова B_{11} і рами B_{12} .

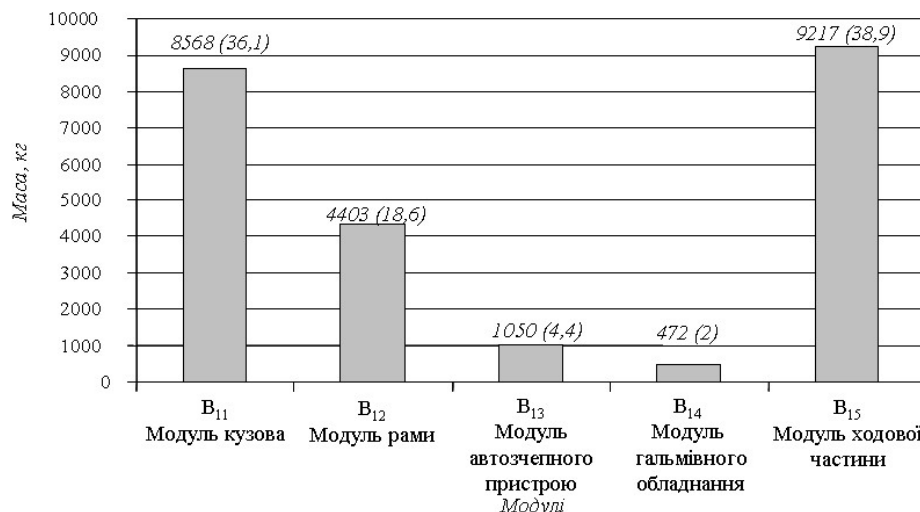
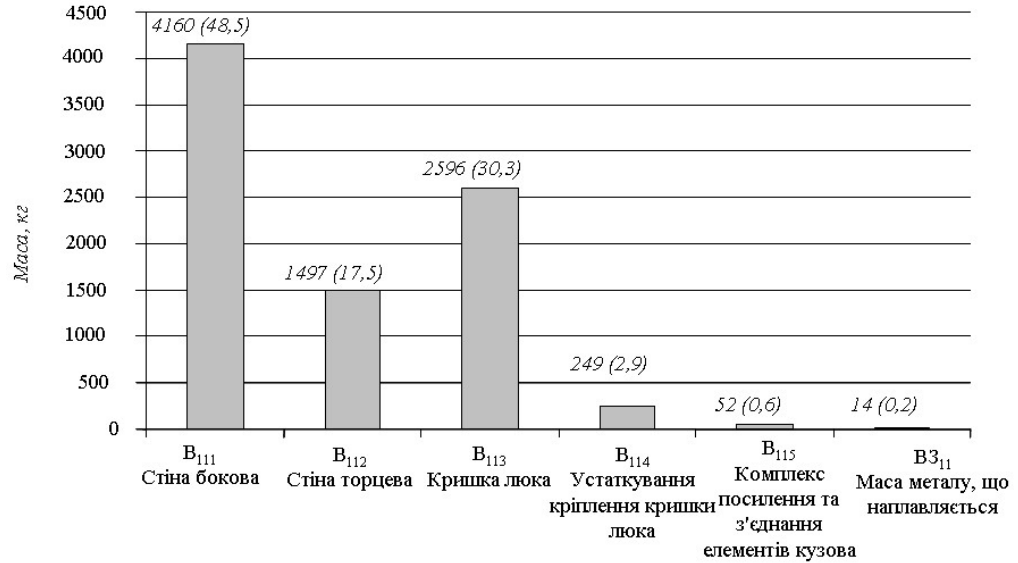


Рис.3 Структура матеріалоемності модулів КП моделі 12-9745

Технічним завданням на удосконалення КП моделі 12-9745 був встановлений напрямок на модернізацію модулів кузова та рами. Тому для удосконалення таких модулів було запропоновано ряд технічних рішень, новизна яких підтверджена двома патентами України на винахід. При цьому у дисертаційній роботі основна увага приділялась питанням обґрунтування основних напрямків удосконалення конструкції модуля кузова B_{11} (рис.4).



Вузлові та системні складові модуля кузова

Рис.4 Структура матеріалоемності вузлових та системних складових модуля кузова V₁₁ КП моделі 12-9745

Рис.5 Стіна торцева КП 12-9745

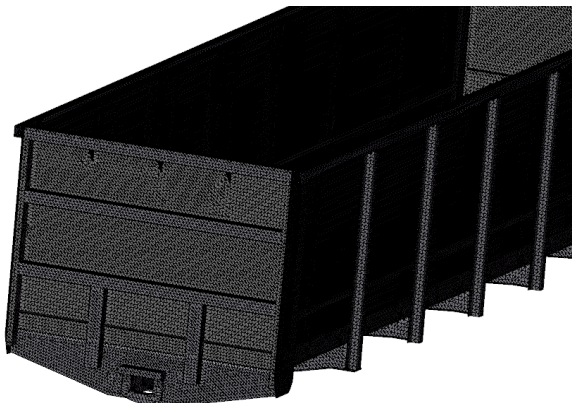


Рис.6 Фрагмент РСЕМ конструкції кузова піввагону моделі 12-9745

горизонтальні пояси №1 та №2, а також вертикальні стійки, які виконані з двох зварених між собою швелерів 14У-В (ГОСТ 5267.1 матеріал – сталь марки 09Г2С). Для визначення їх РРМ було розроблено РСЕМ (елементів 833667, вузлів 265916) кузова

З рис.4 видно, що серед вузлів модуля кузова найбільш матеріалоемними є: стіна бокова $m_{V_{111}} = 4160\text{кг}$, кришка люка $m_{V_{113}} = 2596\text{кг}$ та стіна торцева $m_{V_{112}} = 1497\text{кг}$. Ці результати визначили напрямок подальших робіт з ОП модуля кузова з метою зниження матеріалоемності КП.

Визначено, що найбільш раціональним шляхом зниження матеріалоемності модуля кузова є модернізація вузла стіни торцевої (рис.5). При цьому найбільша питома матеріалоемність у вузлі стіни торцевої припадає на каркас (55,6% від маси вузла), який може розглядатися як група її складових елементів (обв'язка верхня, горизонтальні пояси №1 та №2, вертикальні стійки).

На наступному етапі у якості елементів конструкції стіни торцевої, що модернізуються, було обрано

(рис.6) та експериментально перевірено її адекватність на ДП«Укрспецвагон» з використанням сучасних методик, вимірювальної та реєструючої апаратури ДП«УкрНДІВ». Для розробленої РСЕМ у програмному комплексі COSMOSWorks було змодельоване напружено-деформований стан конструкції при екстремальному випадку роботи стіни торцевої – співударянні вагонів 3,5МН. З'ясовано що максимальні експлуатаційні еквівалентні напруження становлять: для горизонтального поясу №1 $\sigma_{max}=174,8\text{МПа}$, для горизонтального поясу №2 $\sigma_{max}=125,54\text{МПа}$, для вертикальних стійок $\sigma_{max}=103,65\text{МПа}$, при допустимих їх значеннях для сталі 09Г2С $[\sigma]=280\text{МПа}$. Визначено, що величини їх РРМ відповідно складають 38%, 55% і 63%.

В подальших дослідженнях розглядалися різні форми профілів та марки матеріалу для виготовлення вказаних елементів. Було встановлено, що для виготовлення поясів та вертикальних стійок стіни торцевої доцільно використовувати гнучий швелер з рівними полицями (матеріал – сталь марки 09Г2С). При цьому використання таких профілів обґрунтувало необхідність проведення досліджень з вибору геометричних параметрів їх перетину.

На основі раніше представленого загального описання задачі ОП елементів КП було складено математичний запис задачі ОП досліджуваних елементів стіни торцевої:

$$\begin{aligned} \bar{m}_i(b_i^*, \delta_i^*) &= \bar{m}_{i_{min}} \\ b_i^*, \delta_i^* &\in D_{xi} \in D, \end{aligned} \quad (6)$$

де $\bar{m}_{i_{min}}$ – мінімальна матеріалоемність досліджуваного профілю стіни торцевої, яка залежить від змінних параметрів: $b_i=10\dots14\text{см}$ – ширина полиць пропонуємого швелеру, $\delta_i=0,4\dots0,8\text{см}$ – товщина листа із якого виготовлено швелер;

b_i^*, δ_i^* – оптимальні значення відповідно ширини полиць та товщини листа швелеру, при яких забезпечується мінімальна погонна маса i -го елемента при виконанні умови міцності: $W_i \geq [W_i]$, де W_i – осьовий момент опору досліджуваного елемента, $[W_i]$ – допустимий осьовий момент опору, який обирається відповідно до РРМ. Тобто b_i^*, δ_i^* обираються із зони допустимих рішень D_{xi} , яка належить загальній області можливих рішень D :

$$D = \left\{ b, \delta \mid \begin{array}{l} 10\text{см} \leq b \leq 14\text{см} \\ 0,4\text{см} \leq \delta \leq 0,8\text{см} \end{array} \right\}. \quad (7)$$

Область допустимих рішень D_{xi} :

$$D_{xi} = \left\{ b, \delta \mid \begin{array}{l} W_i \geq [W_i] \\ 10\text{см} \leq b \leq 14\text{см} \\ 0,4\text{см} \leq \delta \leq 0,8\text{см} \end{array} \right\}. \quad (8)$$

Обґрунтований вибір оптимальних значень геометричних параметрів b_i^*, δ_i^* перерізів досліджуваного елемента виконувався на основі сумісного аналізу відповідних узагальнених математичних моделей (УММ) виду: $\bar{m}^n = f(b, \delta)$ і $W = f(b, \delta)$, які було отримано з використанням методів математичного планування експерименту. Нижче представлені УММ для контрольованих показників у дійсних величинах змінних, які отримані для ортогонального математичного плану другого порядку для двох змінних:

$$\bar{m}^n = 3,98 - 0,0325 \cdot b + 9,35 \cdot \delta + 0,00125 \cdot b^2 - 3,25 \cdot \delta^2 + 1,575 \cdot b \cdot \delta, \quad (9)$$

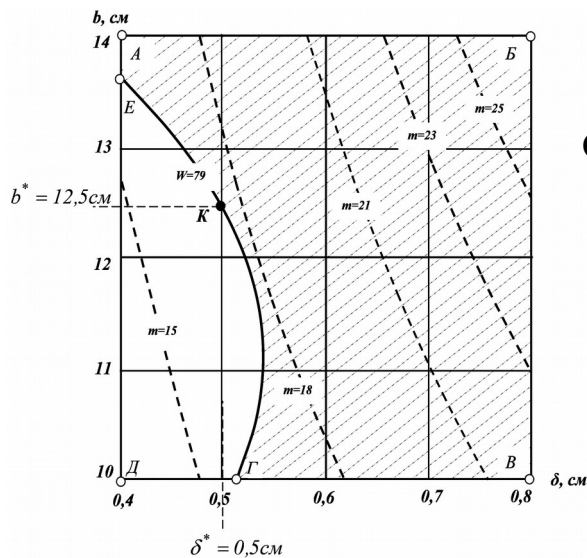
$$\sigma_{\bar{m}''} = 0,023 \text{ кг},$$

$$W = 258,18 - 44,293 \bar{m}'' + 155,43 \bar{m}''^2 + 2,052 \bar{m}''^3 - 37,71 \delta^2 - 2,045 \bar{m}'' \delta,$$

$$\sigma_W = 0,728 \text{ см}^3.$$
(10)

Величини середньоквадратичних відхилень $\sigma_{\bar{m}''}$ і σ_W для отриманих УММ свідчать про їх адекватність і придатність для використання в подальших дослідженнях з визначення раціональних геометричних параметрів перетинів розглянутих елементів КП.

На останньому етапі досліджень будувались допоміжні графіки з ізолініями відповідних фіксованих значень контрольованих показників \bar{m}'' , W . В якості прикладу на рис.7 представлено такий графік, що використовувався для пошуку оптимальних значень параметрів поперечного перетину горизонтального поясу №2 – b_2^* , δ_2^* .



Область допустимих рішень $ABVGE$:

Рис.7 Допоміжний графік до визначення оптимальних параметрів перетину нового профілю горизонтального поясу №2 стіни торцевої

Видно, що область допустимих рішень D_{x2} (заштрихована зона графіку $ABVGE$) належить області можливих рішень D (область $ABVD$) і обмежується ізолінією функціонального обмеження $W = 79 \text{ см}^3$ та відповідними значеннями керуваних змінних.

Пошук, що здійснювався в області D_{x2} , дав можливість в якості оптимальних визначити такі величини розглядаємих параметрів – $b_2^* = 12,5 \text{ см}$, $\delta_2^* = 0,5 \text{ см}$ (відповідають точці K на графіку). Таке рішення обґрунтовується встановленими ГОСТ 19903 нормованими значеннями листового прокату ($\delta = 4 \text{ мм}; 4,5 \text{ мм}; 5 \text{ мм}; 6 \text{ мм}; 7 \text{ мм}; 8 \text{ мм} \dots$) і технологічними особливостями виготовлення стіни торцевої.

Результати проведених розрахунків показали, що для прийнятих величин b_2^* , δ_2^* погонна маса горизонтального поясу №2 нової конструкції буде складати: $\bar{m}_2^H = 17,48 \text{ кг/м}$ ($\bar{m}_2^C = 37,525 \text{ кг/м}$), а осьовий момент опору: $W = 80,6 \text{ см}^3$ ($[W] = 79 \text{ см}^3$).

Узагальнені результати дослідження для розглядаємих елементів стіни торцевої представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Результати оптимізаційного проектування елементів стіни торцевої

Назва i -го елемента конструкції стіни торцевої	b_i^* , см	δ_i^* , см	Погонна маса (нова конструкція) \overline{m}_i^H , кг/м	Погонна маса (існуюча конструкція) \overline{m}_i^C , кг/м	Розрахунковий осьовий момент опору W_i , см ³	Допустимий осьовий момент опору $[W_i]$ ($\sigma_{max} = [\sigma]$), см ³
Горизонтальний пояс №1 ($i=1$)	13,5	0,8	26,2	37,5	112,3	112,3
Горизонтальний пояс №2 ($i=2$)	12,5	0,5	17,5	37,5	80,6	79
Вертикальні стійки ($i=3$)	10,0	0,5	15,5	38,5	78,5	73

Для перевірки і підтвердження результатів теоретичних досліджень з визначення оптимальних перетинів конструктивних елементів стіни торцевої піввагону 12-9745 у програмному комплексі COSMOSWorks було розроблено РСЕМ кузова піввагону (елементів 816439, вузлів 261706) з модернізованим вузлом стіни торцевої. Було визначено максимальні експлуатаційні еквівалентні напруження (випадок співударення вагонів 3,5МН – перший розрахунковий режим) для досліджуваних елементів: горизонтальний пояс №1 $\sigma_{max}=271,7МПа$, горизонтальний пояс №2 $\sigma_{max}=209,9МПа$, вертикальна стійка $\sigma_{max}=235,8МПа$. При порівнянні зазначених напружень з допустимими їх значеннями ($[\sigma]=280,25МПа$) з'ясовано, що вони задовольняють умові міцності. До того ж було перевірено удосконалену КП у випадках розтягу, який відповідає третьому розрахунковому режиму. При цьому було з'ясовано, що найбільші навантаження у досліджуваних елементах виникають у горизонтальному поясі №1 та становлять $\sigma_{max}=74,5МПа$, при допустимих їх значеннях ($[\sigma]=195МПа$). Зазначене також підтвердило правильність проведених розрахунків.

Практичне використання запропонованих у дисертаційній роботі підходів та методів для удосконалення КП за критерієм мінімальної матеріалоемності лише при ОП стіни торцевої дозволило знизити масу тари піввагону моделі 12-9745 на 251 кг. При реалізації усіх запропонованих технічних рішень з модернізації модулів кузова та рами КП 12-9745, які висвітлено у патентах, її масу можна знизити на 1т.

Впровадження запропонованих в дисертації рішень з удосконалення конструкції тільки стіни торцевої піввагонів моделі 12-9745 виробництва ДП«Укрспецвагон» (план – 300 ваг/міс) дозволяє отримати розрахунковий місячний економічний ефект у розмірі 571715,4грн..

ВИСНОВКИ

Дисертаційне дослідження проведено у відповідності до Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року, яку схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 року N 1555-р, Державної цільової програми реформування залізничного транспорту на 2010-2015 роки, затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2009 року №1390 та Комплексної програми оновлення залізничного рухомого складу України на 2006-2010 роки, затвердженої Наказом міністерства транспорту та зв'язку від 5 червня 2006 р. № 535. Отримані результати дозволяють зробити наступні висновки:

1. Одним з перспективних напрямків досягнення високого рівня ТЕП сучасних вітчизняних піввагонів є зниження їх матеріалоємності за рахунок удосконалення конструкції на основі нових підходів та методів.

2. Для визначення структури матеріалоємності сучасних піввагонів, а також питомої ваги матеріалоємності окремих модулів конструкції та їх складових елементів доцільно використовувати розроблені формалізовані описання їх конструкції у вигляді блочно-ієрархічних схем.

3. Одним з перспективних напрямків зниження маси тари піввагону є зниження матеріалоємності модуля кузова. При цьому доцільно використовувати розроблене формалізоване описання оптимізаційної задачі удосконалення конструкції кузова за критерієм мінімальної маси.

4. При вирішенні задач оптимізації конструкції кузова піввагонів доцільно використовувати розроблені РСЕМ, які дозволяють визначати максимальні експлуатаційні еквівалентні напруження в відповідних несучих елементах. Вони забезпечують отримання розрахункових значень еквівалентних напружень, які при порівнянні з експериментальними не відрізняються більш ніж на 7%.

5. За результатами проведеного дослідження структури матеріалоємності КП моделі 12-9745 виробництва ДП «Укрспецвагон» встановлено, що його маса тари складає 23710 кг. При цьому матеріалоємність модуля кузова складає 8568 кг (36,1 % маси тари), що визначає доцільність удосконалення конструкції модуля кузова з метою зниження його матеріалоємності.

6. Аналіз структури матеріалоємності модуля кузова КП моделі 12-9745 виробництва ДП «Укрспецвагон» виявив доцільність зменшення маси несучих елементів стін бокових, торцевих та верхнього обв'язування. Для використання цих резервів доцільно застосовувати наведені в дисертаційній роботі рекомендації та конструкційні рішення, що дозволить знизити масу тари піввагону на 4..5%.

7. Запропоновані в дисертації рішення з удосконалення КП моделі 12-9745 виробництва ДП «Укрспецвагон» з метою зниження матеріалоємності забезпечує суттєве поліпшення ТЕП – зменшення матеріалоємності на 1 т, зниження коефіцієнту тари до 0,324 та показника питомої матеріалоємності на одиницю об'єму кузова до 0,303.

8. Впровадження запропонованих в дисертації рішень з удосконалення КП моделі 12-9745 виробництва ДП «Укрспецвагон» дозволяє отримати розрахунковий місячний економічний ефект у розмірі 571715,4грн..

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні

1. Мороз В.І. Визначення перспективних напрямків удосконалення конструкції напіввагонів виробництва ДП «Укрспецвагон» / В.І. Мороз, В.В.Фомін, О.В.Фомін // Зб. наук. праць.- Харків: УкрДАЗТ, 2008.- Вип. 99.- С. 72-81.
2. Мороз В.І. Формалізоване описання конструкції залізничних вантажних вагонів / В.І. Мороз, О.В. Фомін // Зб.наук.праць 107. - Харків: УкрДАЗТ, 2009. - Вип. – С 173-179.
3. Мороз В.І. Математичний запис задачі оптимізаційного проектування піввагонів за критерієм мінімальної матеріалоємності / В.І. Мороз, О.В. Фомін// Зб. наук. праць.- Харків: УкрДАЗТ, 2009.- Вип. 111. - С. 121-131.
4. Мороз В.І. Визначення структури матеріалоємності залізничного напіввагону з використанням блочно-ієрархічного описання його конструкції/ В.І.Мороз, О.В.Фомін // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2010. – Вип.№21.- С.101-109.
5. Мороз В.І. Визначення розрахункових резервів міцності елементів конструкції стіни торцевої напіввагону моделі 12-9745 / В.І. Мороз, О.В.Фомін// Зб. наук. праць. – Луганськ: СНУ ім. В.Даля, 2010. – Вип.№143 Ч.1.- С.118-124.
6. Мороз В.І. Оптимізаційне проектування конструкції стіни торцевої піввагону моделі 12-9745 за критерієм мінімальної матеріалоємності / В.І.Мороз, О.В.Братченко, О.В.Фомін // Східно-Європейський журнал передових технологій. – Харків. – 3/9(45)2010 С.7-10.
7. Фомін О.В. Удосконалення конструкції залізничних піввагонів за критерієм мінімальної матеріалоємності / О.В. Фомін // Зб. наук. праць.- Харків: УкрДАЗТ, 2010.- Вип. 117.- С.28-34.
8. Пат. 89330 Україна, МПК (2009) В61D 3/08 (2009/01) В61D 3/04 (2009/01) В61F 1/00 В61D 17/00 Е06С 5/00 Залізничний піввагон / В.І.Мороз, О.В.Фомін, О.В.Братченко, В.В.Фомін (Україна); власник Українська державна академія залізничного транспорту. – №а2008 13255; заявка 17.11.2008; публ. 11.01.2010, бюл. №1.

Додаткові

1. Пат. 89345 Україна, МПК (2009) В61D 3/08 (2009/01) В61D 3/04 (2009/01) В61D 17/00 В61F 1/00 Залізничний універсальний піввагон / В.І.Мороз, В.В.Фомін, В.Р.Новиков, О.В.Фомін, К.В.Сидоренко, В.П.Білаш (Україна); власник Українська державна академія залізничного транспорту. – №а2009 09755; заявка 24.09.2009; публ. 11.01.2010, бюл. №1.
2. Мороз В.І. Удосконалення конструкції вітчизняних напіввагонів на основі використання сучасних підходів до їх проектування / В.І. Мороз, О.В.Фомін, В.В. Фомін, К.В. Сидоренко, В.П. Білаш / Зб. наук. праць «Рейковий рухомий склад». - Кременчук: ДП«УкрНДПВ», 2010.- Вип.2. – С. 64-68.
3. Мороз В.І. Оцінювання резервів підвищення ефективності роботи напіввагонів вітчизняного виробництва / В.І. Мороз, В.В. Фомін, О.В. Фомін / Матеріали за 5-а міжнародна научна практична конференція, «Новейшие научные достижения» – 2009 Том 24. Технологи. София. «БялГРАД-БГ» ООД 2009г. – С. 66-68.
4. Мороз В.І. Блочно-ієрархічне описання конструкції напіввагонів виробництва ДП «Укрспецвагон» / В.І. Мороз, О.В. Фомін / 69 Міжнародна науково-практична конференція: «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.

5. Мороз В.І. Удосконалення конструкції напіввагонів ДП «Укрспецвагон» для перевезення вантажів з низькою щільністю / В.І. Мороз, В.В.Фомін, О.В. Фомін / XVII Міжнародна науково-практична конференція: «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» MicroCAD – 2009 (20.05.2009-22.05.2009), Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» 2009г. – С.212.
6. Мороз В.І. Формалізований запис задачі оптимізаційного проектування модуля кузова напіввагонів вітчизняного виробництва / В.І. Мороз, О.В.Фомін/ Materiały V Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji “Perspektywiczne opracowania są nauka i technikami - 2009” Volume 10. Techniczne nauki. Fizyczna kultura i sport.:Przemysł.Nauka i studia – С.48-50.
7. Мороз В.І. Особливості моделювання напружено-деформованого стану конструктивних елементів залізничних напіввагонів / В.І. Мороз, О.В. Фомін / Міжнародна науково-практична конференція: «Проблеми и перспективы развития железнодорожного транспорта. Тезисы 70 Международной научно-практической конференции (Днепропетровск, 15-16 апреля 2010г.) – Д.:ДИИТ,2010. – С.69,70.
8. Мороз В.І. Оптимізаційне проектування елементів конструкції модуля кузова напіввагону моделі 12-9745 за критерієм мінімальної матеріалоемності / В.І. Мороз, О.В.Братченко, О.В. Фомін / XVIII Міжнародна науково-практична конференція: «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» MicroCAD – 2010 (12.05.2010-14.05.2010), Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» 2010г. – Ч.1С.268.
9. Удосконалення конструкції напіввагонів виробництва ДП «Укрспецвагон» з метою поліпшення їх техніко-економічних показників: Звіт про НДР (заклучний)/ УкрДАЗТ. – № ДР 0109U001186. – К., 2008. – 72 с.

АНОТАЦІЯ

Фомін О.В. Удосконалення конструкції залізничних піввагонів з метою зниження матеріалоемності. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів; Українська державна академія залізничного транспорту, Харків, 2010.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної науково-практичної задачі – поліпшення техніко-економічних показників піввагонів вітчизняного виробництва за рахунок удосконалення їх конструкції на основі використання нових підходів та методів для їх проектування.

Науково обґрунтовано перспективні напрямки удосконалення конструкції піввагонів вітчизняного виробництва. Запропоновано формалізоване описання конструкції сучасних піввагонів на основі використання принципів ієрархічності та декомпозиції. Розроблено метод визначення структури матеріалоемності піввагонів на основі блочно-ієрархічного описання конструкції. Сформульовано задачу оптимізаційного проектування конструктивних елементів піввагонів за критерієм мінімальної матеріалоемності. Розроблено розрахунково-експериментальний метод визначення резервів зниження матеріалоемності елементів конструкції піввагонів. Обґрунтовано варіант удосконалення конструкції піввагонів моделі 12-9745 виробництва ДП «Укрспецвагон».

Запропоновано нові патентозахищені конструкції залізничних піввагонів. Показано, що впровадження запропонованих технічних рішень дозволить суттєво зменшити матеріалоемність та поліпшити технологічність виготовлення вітчизняних піввагонів.

Ключові слова: конструкція залізничних піввагонів, блочно-ієрархічна схема, критерій мінімальної матеріалоемності, напружено-деформований стан, розрахункові резерви міцності, оптимізаційне проектування конструктивних елементів.

АННОТАЦІЯ

Фомин А.В. Усовершенствование конструкции железнодорожных полувагонов с целью снижения материалоемкости. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.07 – подвижной состав железных дорог и тяга поездов; Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, Харьков, 2010.

Диссертационная работа посвящена решению актуальной научно-практической задачи – улучшение технико-экономических показателей полувагонов отечественного производства за счет усовершенствования их конструкции на основе использования новых подходов и методов для их проектирования.

В диссертационной работе научно обоснованы перспективные направления усовершенствования конструкции полувагонов отечественного производства, к которым отнесено использование новых подходов и методов для их проектирования по критерию минимальной массы.

Предложен новый подход к формализованному описанию конструкции современных полувагонов на основе использования принципов иєрархичности и декомпозиции исследования механических систем. Оба принципа полностью отражены в предложенной блочно-ієрархічєской схеме конструкции полувагона.

Разработан метод определения структуры материалоемкости полувагонов на основе блочно-ієрархічєского описания конструкции. Данный метод предусматривает разработку блочно-ієрархічєского описания формирования материалоемкости конструкции полувагона и исследование структуры материалоемкости на соответствующих иєрархічєских уровнях созданного описания.

Сформулирована задача оптимизационного проектирования конструктивных элементов полувагонов по критерию минимальной материалоемкости, как задачи многомерной оптимизации с ограничениями. Выбраны: главный критерий оптимизации, параметрические и функциональные ограничения.

Разработан расчетно-экспериментальный метод определения резервов снижения материалоемкости элементов конструкции полувагонов. Он включает разработку и проверку на адекватность расчетной конечно-элементной модели полувагона, моделирование напружено-деформированного состояния конструкции, определение расчетных запасов прочности конструктивных элементов, которые характеризуются как соотношение действующих максимальных эксплуатационных эквивалентных напряжений с их допустимыми значениями.

Обоснован вариант усовершенствования конструкции полувагонов модели 12-9745 производства ГП«Укрспецвагон». Предложены две новые патентозащищенные конструкции железнодорожных полувагонов, внедрение технических решений описанных в которых позволит существенно уменьшить материалоемкость и улучшить технологичность изготовления этих полувагонов.

Оценка экономической эффективности рекомендаций по усовершенствованию конструкции лишь стены торцевой полувагонов модели 12-9745 производства ГП «Укрспецвагон» показала, что внедрение предложенных решений обеспечит месячный экономический эффект в размере 571715,4 грн.

Ключевые слова: конструкция железнодорожных полувагонов, блочно-иерархическая схема, критерий минимальной материалоемкости, напряженно-деформированное состояние, расчетные резервы прочности, оптимизационное проектирование конструктивных элементов.

THE SUMMERY

Fomin O.V. Improvement of construction of railways freight gondolas with the purpose of decline of materyaloemkosty. - Manuscript.

The dissertation on competition of scientific degree of a Cand.Tech.Sci. by speciality 05.22.07 - a rolling stock of railways and hauling operations; the Ukrainian state academy of the railway transport, Kharkov, 2010.

Dissertational work is devoted to the solution of an actual scientifically-practical problem – improvement of tekhniko-ekonomycheskykh indexes of railways freight gondolas of domestic production due to the improvement of their construction on the basis of the use of new approaches and planning methods.

Perspective directions of improvement of construction of railways freight gondolas domestic production are scientifically grounded. New approach is offered to the formalized description of construction of modern railways freight gondolas on the basis of the use of principles of hierarchicalness and dekompozitsyy of research of the mechanical systems The method of determination structure of materyaloemkosty railways freight gondolas is developed on the basis of sectionally-hierarchical description of construction. The task of the optimization planning of structural elements of railways freight gondolas is formulated on the criterion of minimum materyaloemkosty. The calculation-experimental method of determination of backlogs of decline of materyaloemkosty of elements of construction of railways freight gondolas is developed. The variant of improvement of construction of freight gondolas of model a 12-9745 made by SF «Ukrspetsvagon» is grounded. Two new patentozakhyschennye constructions of railways poluvagonov are offered, introduction of technical decisions of described in which will allow substantially to decrease materyaloemkost and to improve technologicalness of making of freight gondolas.

Key Word: construction of railways freight gondolas, sectional-hierarchical chart, criterion of minimum materyaloemkosty, tensely-deformed state, calculations backlogs of durability, optimization planning of structural elements

Фомін Олексій Вікторович

**УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНИХ ПІВВАГОНІВ З
МЕТОЮ ЗНИЖЕННЯ МАТЕРІАЛОЄМНОСТІ**

05.22.07 – рухомий склад залізниць та тяга поїздів

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск

к.т.н., доц. Логвіненко О.А.

Підписано до друку «16» грудня 2010 р. формат паперу А5
Папір для тиражу вальних апаратів, друк на різнографі
Умовн.-друк арк. 0,9 Обл.-вид. арк. 1,1
Замовлення № 594, тираж 100 прим.

Видавництво УкрДАЗТ, свідоцтво ДК №2874 від 12.06.2007р.
Друкарня УкрДАЗТ
61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7