

втулок і елементів механічних передач стандартних машинобудівних муфт різних типів та ін.); інженерний аналіз (проектні і перевірочні розрахунки пружин стиснення, розтягування, кручення, а також тарілчастих, конічних і фасонних пружин); лінійні задачі: напружено-деформованого стану (статичний розрахунок); статичної міцності збірок; стійкості; термопружності; стаціонарної теплопровідності; динамічний аналіз дозволяє визначати частоти і форми власних коливань, у тому числі для моделей з попередніми навантаженням та ін.), підготовка виробництва (САМ – додатки для автоматизації розроблення керуючих програм для токарних верстатів з ЧПУ (2-координатна токарна обробка) і 3-координатної обробки на фрезерних верстатах з ЧПУ), анімація.

Основні функціональні можливості системи Solidworks однойменної компанії (підрозділ Dassault Systemes): твердотільне моделювання (створення ескізів, тривимірних моделей, складань), поверхневе моделювання, підготовка виробництва, інженерний аналіз (розрахунок деталей на міцність методом кінцевих елементів, розрахунок кінематики і динаміки механізму, розрахунок течій газу або рідини в деталях і збірках), анімація.

Система ANSYS однойменної компанії ANSYS, Inc. Універсальна

програмна система кінцево-елементного (МКЕ) аналізу. Основні функціональні можливості: розв'язання лінійних і нелінійних, стаціонарних і нестаціонарних просторових задач механіки деформованого твердого тіла і механіки конструкцій (включаючи нестаціонарні геометрично і фізично нелінійні задачі контактної взаємодії елементів конструкцій), задач механіки рідини і газу, теплопередачі і теплообміну, електродинаміки, акустики, а також механіки зв'язаних полів.

Аналіз систем автоматизованого проектування показав, що вони мають широкі функціональні можливості для скорочення часу проектування, розрахунку, випробувань у процесі розроблення та виробництва в галузі машинобудування.

Висновки. На вартість першого етапу життєвого циклу рухомого складу будуть впливати такі фактори, як кількість часу на проектування, розрахунок, випробування та оптимізацію конструкції; матеріальні витрати на виготовлення прототипів і стендів для випробувань, обладнання, інструментів; кількість випробувань і їх обсяг; витрати людино-годин. Тому використання даних систем для локомотиво- та вагонобудування, а особливо для модернізації рухомого складу дозволить значно знизити вартість першого етапу життєвого циклу продукту.

УДК 656.2

*А. М. Зінківський, С. І. Возненко, Д. А. Іванченко*

## АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ПОБУДОВІ МОТОРВАГОННОГО РУХОМОГО СКЛАДУ

*A. Zinkivskiy, S. Voznenko, D. Ivanchenko*

## ANALYSIS OF THE USE OF MATERIALS AT BUILDING OF MOTOR VEHICLE MANUFACTURING COMPOSITION

Розвитком пасажирських автономних вагонів (дизель-поїздів, як і моторних електровагонів) є поєднання в одній поїзній

одиноці локомотива (паровоз, тепловоз або акумуляторний електровоз) і салону пасажирського вагона. Більшість одиниць

такого типу рухомого складу має на борту запас паливно-енергетичних ресурсів, які в подальшому перетворюються в механічну енергію обертання ведучих колісних пар.

Від створення перших типів моторвагонного рухомого складу інженери ставили перед собою завдання вибору та використання матеріалів, які повинні забезпечувати високу міцність конструкції, її легкість і стійкість до агресивного впливу середовища експлуатації.

Від першого створеного вагона, призначеного для комфортного перевезення пасажирів на великі відстані, і до сучасних, високошвидкісних і високотехнологічних, поїздів відбулося досить багато змін, які стосувались принципів конструювання та використання матеріалів для забезпечення комфорту і вимог безпеки руху і пасажирів.

Світова практика вагонобудування постійно шукає нові технічні рішення, пов'язані з використанням нових матеріалів і методів їх поєднання при виготовленні елементів конструкції моторвагонного рухомого складу.

За принципом конструкції перші вагони нагадували карету з дерева, однак підвищення навантаження та швидкостей руху стало вимагати застосування металевої рами вагонів з дерев'яною обшивкою, а в подальшому метал було застосовано і на обшивці. Даний перехід ознаменував перший етап технічної революції. Відбулася заміна матеріалів, а згодом при виготовленні кузовів вагонів почали застосовувати електричне зварювання замість болтових і клепааних з'єднань, що дало змогу знизити вагу рухомого складу. У процесі удосконалення технології виготовлення вагонів було визначено класичну диференціальну конструкцію, яка застосовується широко і в наш час і має на увазі використання зварного металевого каркасу та обшивки з тонкого сталевих листа.

Однак з розвитком індустрії металургії було покладено початок

застосуванню і інших металів у виготовленні кузовів вагонів. Так, на початку 1930 року за допомогою заклепувальної технології вперше виготовили вагони з кузовами з алюмінієвих сплавів. Це дало початок у використанні легких металевих конструкцій. Для зміцнення металевих листів було застосовано технологію екструдювання.

Зараз впроваджуються все нові методи поєднання різних типів матеріалів при побудові кузовів моторвагонного рухомого складу. Так, гібридний метод полягає у використанні різних технологій, наприклад обробки нових матеріалів (полімерів, зокрема армованих скловолокном, пінопластів тощо), з'єднання елементів конструкції (лазерне зварювання, клейова технологія), а також принципів конструювання (модульний, комбінований).

Слід відзначити, що впродовж десятиліть сталь залишається домінуючим матеріалом у виробництві залізничного рухомого складу. Яскравим прикладом традиційної зварної сталевих конструкції є кузови двоповерхових вагонів поїздів компанії Bombardier і вагонів дизель-поїздів компанії Siemens TS. У даному випадку полегшення конструкції забезпечено завдяки використанню спеціально підібраних сортів сталі, застосуванню сучасних технологій: точкове зварювання, спеціальні методи штампування стояків бічних стінок, лазерне зварювання листів зовнішнього обшивання тощо. Проте з 1980-х років при створенні пасажирського рухомого складу все більше використовуються алюмінієві сплави й полімери, армовані скловолокном.

Сталь залишається одним з найбільш зручних матеріалів для створення полегшених конструкцій. Вона має такі характеристики: відносно невисока вартість, міцність, гарна оброблюваність і зварюваність; ремонтпридатність; екологічність і утилізованість; високий потенціал створення полегшених

конструкцій. Сталь і надалі буде мати провідну значення в конструкції рухомого складу.

Залізнична промисловість через глобалізацію населення має нові завдання з

усунення розходження у стандартах. Це можливо завдяки раціональному підходу до вирішення проблеми і використання відповідних загальнодоступних матеріалів, зокрема сталі.

УДК 629.423.31

*О. М. Харламова, П. О. Харламов*

### ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ ТЯГОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА З ІМПУЛЬСНИМ КЕРУВАННЯМ НА МОТОРВАГОННОМУ РУХОМОМУ СКЛАДІ

*O. Kharlamova, P. Kharlamov*

### APPLICATION OF THE TRACTION ELECTRIC DRIVE WITH PULSE CONTROL ON ELECTRIC MULTIPLE UNITS

У вирішенні транспортних проблем великих міст і їх зв'язків з обласними населеними пунктами та найближчими обласними центрами й містами особливо важливе, а найчастіше й вирішальне, місце займають приміські електропоїзди (ПЕ). Ефективність і надійність роботи ПЕ переважно визначаються експлуатаційними характеристиками поїздів, які у свою чергу визначаються їхніми відповідними показниками (вартість виготовлення, витрати на ремонти й обслуговування, строк служби, питома витрата енергії й надійність роботи і т. д.). На ці показники найбільше впливає використовувана система тягового електропривода (ТЕП).

У цей час у зв'язку з розвитком напівпровідникової перетворювальної техніки з'явилося багато можливостей удосконалення систем ТЕП, серед них використання на електрорухомому складі (ЕРС) із традиційними тяговими машинами (ТМ) при електропостачанні постійним струмом імпульсного керування (ІК) і при електропостачанні змінним струмом – плавного регулювання напруги живлення ТМ і рекуперативного гальмування й на обох типах ЕРС із колекторними тяговими машинами (КТМ) незалежного збудження

(НЗ), а також застосування безколекторних ТМ – асинхронних (АТМ), вентильних та індукторних.

Для вирішення питання про вибір типу ТЕП для ПЕ необхідно використовувати критерії, які дозволяють найповніше оцінювати ефективність роботи ТЕП на ЕРС у конкретних експлуатаційних умовах і, отже, найбільш раціонально використовувати ТЕП, що й призведе до підвищення ефективності експлуатації ЕРС.

На основі комплексного оцінювання показників моторвагонного рухомого складу з різними системами ТЕП за результатами розрахунків і обробки їх даних в експлуатації показана техніко-економічна доцільність використання НЗ ТМ на моторвагонному рухомому складі з контакторно реостатним (КР) і ІК.

При перших спробах розроблення системи ІК гіпотетично вважалося, що перехід з реостатно-контакторного на безконтакторне тиристорне керування докорінно змінює умови роботи електроустаткування й керування ЕРС постійного струму, значно поліпшуючи його тягово-експлуатаційні якості й підвищуючи економічну ефективність електричної тяги. Однак практично