

Жорсткість (контактний тиск) опорного пристрою повинна зменшуватись від середини до кінців в радіальному напрямку.

На основі вищесказаного запропоновано кілька варіантів виконання опорних пристроїв. Як свідчать результати розрахунків, запропоновані варіанти є досить ефективними, оскільки знижуються максимальні напруження в оболонці котла цистерни. Для найефективнішого варіанта проведено порівняння з існуючою конструкцією. Показано закони зміни жорсткостей в радіальному напрямку та закони зміни контактної тиску.

Виконано математичний опис задачі оптимізаційного проектування за критерієм мінімальної матеріалоемності опорного пристрою вагона-цистерни та використано його для конструкції, що пропонується. Результати розрахунків показали, що маса конструкції опорного пристрою при оптимальних значеннях на 13% менше у порівнянні з існуючою конструкцією.

Конструкція, з запропонованим удосконаленням, перевірена на весь спектр

навантажень згідно з нормативними документами. У програмному продукті Mathcad створена математична модель для проведення розрахунків на динамічні навантаження. За результатами розрахунків отримано графіки залежності прискорень кузова від часу – акселерограми. При розрахунках, для врахування інерційних донавантажень від вертикальних коливань мас вагона – кузова вагона-цистерни – в ПК «Ліра» задаються характеристики для розрахунку на динамічні дії. Вибирається найменування дії – «акселерограма» – та вводяться дані графіка залежності прискорення кузова в центрі мас від часу. Після закінчення розрахунків програма вибирає форми коливань, при яких виникають найбільші напруження. Наступним кроком є опція складання напружень від дії статичних та динамічних навантажень, в результаті отримуємо сумарні напруження. Аналіз результатів показав, що максимальні напруження не перевищують допустимі.

УДК 624.012:004

*С.В. Дериземля*

### **ВИБІР РАЦІОНАЛЬНИХ МОДЕЛЕЙ РОЗРАХУНКУ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ СТАЛЕБЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ**

*S.V. Deryzemlia*

### **VALIDATION OF RATIONAL MODELS OF STEEL-CONCRETE CONSTRUCTIONS' STRESS-STRAIN STATE CALCULATION**

У сучасній світовій практиці останнім часом широко розповсюджується використання сталезалізобетонних конструкцій. Це пов'язано з тим, що такі конструкції вигідні при будівництві різноманітних споруд, так як вони мають меншу власну вагу у порівнянні із залізобетонними, більш економічні у використанні матеріалів і зручні при їх спорудженні.

Актуальною є розробка і експериментально теоретичне обґрунтування комп'ютерних моделей розрахунку

подібних конструкцій з використанням сучасних програмних комплексів, які реалізують метод скінченних елементів (МСЕ). Програмні комплекси ANSYS, ЛІРА САПР, Femap NX Nastran включають в себе бібліотеку скінченних елементів (СЕ), яка дає можливість створювати тривимірні моделі та оцінювати напружено-деформований стан (НДС) конструкції під час впливу зовнішніх навантажень і температурного нагріву. Задача виконується в нелінійній

постановці. Вид матриць рівнянь розв'язку МСЕ визначається формою і властивостями СЕ. При розрахунку конструкцій необхідно враховувати істинні діаграми деформування сталі і бетону, зміну їх фізико-механічних характеристик під час нагріву, дилатацію і повзучість бетону.

Одним з найважливіших питань є моделювання контактної зони взаємодії

бетонного осердя та сталеві обійми чи листа. Сертифіковані програмні комплекси у своїх бібліотеках поки що не пропонують окремий СЕ, який враховував би спільну роботу компонентів поперечного перерізу.

Вибір варіанта оптимальної моделі розрахунку має забезпечити раціональний крок сітки і глибину моделювання.

УДК624.016.001.2

*С.Д. Сінчук*

### **ОПТИМІЗАЦІЯ КОМБІНОВАНИХ СИСТЕМ. МЕТОДИ РОЗВ'ЯЗАННЯ РІВНЯННЯ ОПТИМАЛЬНОСТІ**

*S.D. Sinchuk*

### **OPTIMIZATION OF COMBINE SYSTEMS. THE METHODS OF SOLUTION OF THE OPTIMALITY EQUATIONS**

Розглядаються питання оптимізації статично визначеної композитної структури, завантаженої постійним та тимчасовим навантаженням. Як комбінована структура пропонується шпренгельна балка постійного перерізу. Витрати матеріалів на виробництво шпренгельної балки, що складається з одного виду матеріалу, визначаються або об'ємом, або вагою. Таким чином, в оптимальному проектуванні структури із заданою топологією цільовою функцією є сума об'єму балки і шпренгеля, залежно від зміни топологічних змінних. Якщо припустити, що цільова функція (в даному випадку залежить від об'єму) безперервна і гладка, мінімум її буде знайдено в точці, де всі її часткові похідні від невідомих змінних дорівнюють нулю. Таким чином, як рівняння оптимальності буде виступати система із  $0,5n$  нелінійних рівнянь для всіх топологічних змінних. Загалом, рівняння оптимальності являють собою систему нелінійних рівнянь і аналітичних

рішень не мають. Рішення знаходиться методом послідовних наближень.

Для розрахунку конструкції на рухоме навантаження необхідно побудувати лінії впливу згинального моменту, поздовжніх і поперечних зусиль в елементах шпренгельної балки. У цьому випадку лінія впливу відображає умови рівноваги.

Для розрахунку заданої конструкції на дію постійного та тимчасового навантаження використовується метод мінімізації згинальних моментів. Даний метод базується на властивостях розпірних систем: в комбінованих балочних конструкціях елементами, що визначаються витратами матеріалів, є ті, що працюють у напруженому стані під дією складного навантаження стискання зі згином; в елементах, що працюють на стискання зі згином, зменшення розмірів перерізу більшою мірою визначається зменшенням згинального моменту; згинальні моменти збільшуються від опори до середини прольоту.