

## Постановка задачі топологічної оптимізації конструкцій рухомого складу та спеціальної техніки залізниць з урахуванням обмежень на міцність

Товт Б. М.

Дніпропетровський національний університет  
залізничного транспорту ім. ак. В. Лазаряна

In this report we consider the statement of the topology optimization problem subject to durability constraints for the rolling stock and special railway equipment.

У доповіді розглядаються ключові етапи становлення топологічної оптимізації, як окремої області наукових досліджень. Окреслено методи математичного програмування, що застосовуються для вирішення задач чисельної скінченно-елементної топологічної оптимізації, а саме градієнтні методи (послідовного лінійного програмування, послідовного квадратичного програмування, методи випуклої лінеаризації, метод рухомих асимптот), неградієнтні методи (генетичні, еволюційні тощо), а також методи, засновані на критеріях оптимальності (евристичні методи). Градієнтні методи мають найбільше поширення серед сучасного оптимізаційного програмного забезпечення (Altair HyperWorks OptiStruct, Dassault Systems Simulia ABAQUS, ANSYS та ін.).

Основна ідея топологічної оптимізації конструкцій полягає у отриманні оптимального розподілу матеріалу у наперед визначеній області. Класична постановка задачі полягає у мінімізації піддатливості (максимізації жорсткості) конструкції при обмеженнях на її об'єм або вагу. У доповіді розглядаються класична варіаційна та скінченно-елементна постановки задачі топологічної оптимізації.

Найбільш широко вживаним методом, який застосовується для вирішення задач топологічної оптимізації конструкцій на теперішній час є SIMP-метод, у основу якого закладено поняття Твердої Ізотропної Мікроструктури (або Матеріалу) зі Штрафом (Solid Isotropic Microstructure (or Material) with Penalization). У доповіді детально розглядається ідея SIMP-методу, а також особливості його реалізації для скінченно-елементної постановки задачі топологічної оптимізації.

Для більшості задач оптимізації рухомого складу та спеціальної техніки залізниць, класична постановка задачі топологічної оптимізації є неприйнятною, оскільки створення найбільш жорсткої конструкції при обмеженнях лише на її об'єм або вагу не є актуальним. Практично доцільною постановкою задачі слід вважати задачу мінімізації маси конструкції з урахуванням обмежень на напруження.

Введення обмежень на напруження породжує ряд труднощів, серед яких слід виділити велику розмірність оптимізаційних задач у такій постановці, а також проблеми зі збіжністю, обумовлені так званою сингулярністю напружень. У доповіді детально описується і аналізується проблема сингулярності напружень у задачах топологічної оптимізації конструкцій. Розглядається ряд методів, що вирішують цю проблему.

Для введення обмежень на напруження до задач топологічної оптимізації існує ряд способів, які розглянуто у доповіді, зокрема метод локальних обмежень, метод глобального обмеження і метод блочно-об'єднаних обмежень. Проведено аналіз, розглянуто переваги і недоліки описаних методів.

Виконано постановку задачі топологічної оптимізації конструкцій рухомого складу та спеціальної техніки залізниць з урахуванням обмежень на міцність, зокрема за критеріями допустимих напружень та коефіцієнтів запасу утомної міцності.