

УДК 539.3

Д.В. Лазарева, ст. препод.,
Н.Г. Сурьянинов, д. т. н., проф., Одесс. нац.
полит.ун-т, г. Одесса

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЛОЖНОЙ АСИММЕТРИЧНОЙ ТЕХНИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ ЧИСЛЕННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО МЕТОДА ГРАНИЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

АНОТАЦІЯ / АННОТАЦИЯ / ABSTRACT

Д.В. Лазарева, М.Г. Сурьянинов. Математична модель складної асиметричної технічної системи на основі чисельно-аналітичного методу граничних елементів. Запропоновано нову математичну модель асиметричної несучої конструкції рамного типу, побудовану на основі чисельно-аналітичного методу граничних елементів. Для опису розрахункової схеми використана теорія графів. При побудові моделі враховується ефект стиснутого крутіння елементів рами, наявність якого обумовлена тим, що ці елементи є тонкостінними. Розглянуто побудову моделі реально експлуатованого об'єкта у вигляді двохосового напівпричепа-платформи. Для реалізації алгоритму методу граничних елементів отримано аналітичні вирази фундаментальних функцій і компонентів вектора навантаження. Виконано розрахунки напівпричепа на основі двох різних моделей — скінчено-елементної і гранично-елементної, у трьох виявлених небезпечних вузлах напруження визначені в ході натурних випробувань при різних режимах руху. Аналіз показав, що похибка між результатами розрахунків, отриманими на основі двох чисельних методів і експериментальними даними, становить близько 4%, що свідчить про адекватність запропонованої математичної моделі. Результати роботи впроваджені в конструкторську практику підприємства ТОВ «ВЕСТТ АСС» (м. Одеса).

Ключові слова: математична модель, метод граничних елементів, метод скінчених елементів, САПР, орієнтований граф, тонкостінний стрижень.

Д.В. Лазарева, Н.Г. Сурьянинов. Математическая модель сложной асимметричной технической системы на основе численно-аналитического метода граничных элементов. Предложена новая математическая модель асимметричной несущей конструкции рамного типа, построенная на основе численно-аналитического метода граничных элементов. Для описания расчетной схемы использована теория графов. При построении модели учитывается эффект стесненного кручения элементов рамы, наличие которого обусловлено тем, что эти элементы являются тонкостенными. Рассмотрено построение модели реально эксплуатируемого объекта в виде двухосного полуприцепа-платформы. Для реализации алгоритма метода граничных элементов получены аналитические выражения фундаментальных функций и компонентов вектора нагрузки. Выполнены расчеты полуприцепа на основе двух разных моделей — конечно-элементной и гранично-элементной, в трех выявленных опасных узлах напряжения определены в ходе натурных испытаний при разных режимах движения. Анализ показал, что погрешность между результатами расчетов, полученными на основе двух численных методов и экспериментальными данными, составляет около 4 %, что свидетельствует об адекватности предложенной математической модели. Результаты работы внедрены в конструкторскую практику предприятия ООО «ВЕСТТ АСС» (г. Одесса).

Ключевые слова: математическая модель, метод граничных элементов, метод конечных элементов, САПР, ориентированный граф, тонкостенный стержень.

D.V. Lazareva, N.G. Suryaninov. Mathematical models of complex technical asymmetric system based on numerical-analytical boundary element method. A new mathematical model of asymmetric frame type support structure, built on the basis of numerical-analytical boundary element method. To describe the design scheme used graph theory. In constructing the model takes into account the effect of restrained torsion frame members, the presence of which is due to the fact that these elements are thin-walled. The construction of a model of the real object is operated as a two-axle semi-trailer platform. To implement the algorithm boundary element method analytical expressions of the fundamental functions and components of the vector load.

Calculations based on the semi-trailer two different models — the finite element and boundary-element, in three sites identified hazardous voltage determined during field tests under different driving conditions. The analysis showed that the error between the calculated results obtained on the basis of two numerical methods and experimental data is about 4%, which indicates the adequacy of the proposed mathematical model. The results have been implemented in the design practice enterprise "VESTT ACC" (Odessa).

Keywords: mathematical model, boundary element method, finite element method, CAD, directed graph, thin-wall bar.

Введение.

Во многих технических объектах в качестве основной несущей конструкции используется система, состоящая из перекрестных балок, соединенных между собой в единое целое при помощи сварки, клепки или болтовых соединений, причем, дополнительно устанавливаются разного рода накладки, косынки и т.п. Обычно подобного рода конструкции называют рамами. Такое название представляется не вполне оправданным, поскольку пространственная рама состоит из плоских рам, т. е. из элементов, лежащих в одной плоскости. Здесь же наблюдается асимметрия конструкции в разных направлениях, поэтому в дальнейшем рассматриваемый класс объектов будем называть «сложная асимметричная техническая система» — САТС.