

УДК 534.014

Обобщенные подходы в задачах определения контактных реакций в твердых телах при статических нагрузках с учетом неудерживающих связей: многомерный вариант

И.С. Ситов^{1 a}, А.В. Елисеев^{2 b}, Е.В. Каимов^{2 c}¹Братский государственный университет, ул. Макаренко 40, Братск, Россия²Иркутский государственный университет путей сообщения, ул. Чернышевского 15, Иркутск, Россия^asitov@yandex.ru, ^beavsh@ya.ru, ^ceugen-kaimov@yandex.ru

Статья поступила 13.01.2015, принята 16.02.2015

В статье рассмотрены механические колебательные системы, широко используемые в качестве расчетных схем в задачах динамики машин. В состав систем входят разнообразные элементы, которые соединяются между собой определенным образом и формируют необходимое динамическое состояние. При том что существует разработанный теоретический аппарат, и опубликован ряд научных работ, посвященных механическим системам с неудерживающими связями, остается недостаточно детализированной методика аналитического исследования динамических характеристик данных систем. Авторами статьи представлены на обсуждение методологические подходы к статической задаче определения контактных реакций при рассмотрении твердого тела как составного. Под составным твердым телом понимаются несколько частей, разделенных плоскостями контакта, перпендикулярными к линиям действия внешних сил. Формулируются основные положения о контактных взаимодействиях. В качестве основной модели рассматривается твердое тело, составленное из n элементов. Рассмотрены особенности формирования контактных взаимодействий, разработана методика их оценки, получены аналитические соотношения. Приведен ряд примеров графического представления зависимости контактных реакций от внешних сил. Предложено обобщение на многомерный вариант метода, с помощью которого определяется ряд ключевых статических характеристик составного твердого тела с учетом неудерживающего характера связей: положение статического равновесия элементов составного твердого тела, реакции упругих элементов, контактные реакции, условия реализации контакта. На основе общей модели рассмотрены два частных случая составного твердого тела путем выбора предельных значений жесткостей упругих элементов. Применение предложенного метода к вертикальной системе составного твердого тела с учетом силы тяжести и некоторой дополнительной силы, не зависящей от силы веса, позволяет определять условия нарушения контакта в зависимости от величины и точки приложения дополнительной силы.

Ключевые слова: зазор; контактное взаимодействие; статические реакции; неудерживающие связи; односторонние связи; составное твердое тело; реакции упругих элементов; контактные реакции; условие контакта.

Generalized approaches to the problems of determining contact reactions in solid bodies under static loads and with unilateral constraints, taken into account: multidimensional version

I.S. Sitov^{1 a}, A.V. Eliseev^{2 b}, E.V. Kaimov^{2 c}¹Bratsk State University; 40, Makarenko St., Bratsk, Russia²Irkutsk State Transport University; 15, Chernishevsky St., Irkutsk, Russia^asitov@yandex.ru, ^beavsh@ya.ru, ^ceugen-kaimov@yandex.ru

Received 13.01.2015, accepted 16.02.2015

The article describes mechanical oscillatory systems, widely used as calculation schemes in problems of machine dynamics. The systems include a variety of elements, which are interconnected in a certain way and create necessary dynamic state. Despite the theoretical apparatus and a number of works on the study of mechanical systems with unilateral constraints, technique for analytical study of dynamic characteristics for the systems is not detailed enough. The authors of the article present and discuss methodological approaches to the static problem of determining the contact reactions when considering a solid body as a compound one. Several parts, separated by planes of a contact, which are perpendicular to the lines of external forces, are meant by a compound solid body. Basic provisions of the contact interaction have been formulated. A solid, compounded of n elements, has been considered as a basic model. Features for the formation of contact interactions have been also considered. Technique for estimating contact interactions has been developed. Analytical ratios have been obtained. Several examples of graphical representation for the contact reactions-external forces relationship have been presented. Generalization has been proposed to multidimensional variant of the method, which identifies a number of key static characteristics for a compound solid body with regard to unilateral nature of constraints: a position of static equilibrium for a compound solid body, reactions of the elastic elements, contact reactions, conditions for contact realization. On the

basis of the general model two particular cases of compound solid body have been considered by choosing extreme values for the stiffness of the elastic elements. By applying the method proposed to a vertical system of a compound solid body with gravity and some additional weight-independent force taken into accounts, conditions for contact loss are able to be determined, depending on the magnitude and point of application of an additional force.

Key words: gap clearance; contact interaction; static reactions; unilateral constraints; one-sided constraints, compound solid body; reactions of elastic element; contact reaction; condition for contact.