

УДК 621.01(075)
ББК 34.40.я73
К17

Рецензенты:

Н. С. Галдин, д-р техн. наук, профессор,
зав. кафедрой «ПТТМ и гидропривод» ФГБОУ ВО «СибАДИ»;

В. В. Бохан, канд. техн. наук,
науч. сотр. ФГУП «ФНПЦ «Прогресс»

Калашников, Б. А. Метод конечных элементов в задачах вычислительной механики стержневых систем [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Б. А. Калашников ; Минобрнауки России, ОмГТУ. – Электрон. текст. дан. (9,28 Мб). – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2019. – 1 электрон. опт. диск. – Минимальные системные требования: процессор Intel Pentium 1,3 ГГц и выше; оперативная память 256 Мб и более; свободное место на жестком диске 260 Мб и более; операционная система Microsoft Windows XP/Vista/7/10; разрешение экрана 1024×768 и выше; акустическая система не требуется; дополнительные программные средства Adobe Acrobat Reader 5.0 и выше. – ISBN 978-5-8149-2911-2

Изложен метод конечных элементов в перемещениях для стержневых систем, состоящих из ферменных и балочных элементов с различными способами соединения стержней с узлами. Введены матрицы аппроксимирующих функций, с использованием которых построены матрицы жёсткости в локальных и глобальных системах координат. Сформулированы правила построения глобальной матрицы жёсткости системы по матрицам жёсткости отдельных элементов. Рассмотрен способ учёта внеузловой нагрузки. Все выкладки и примеры расчёта выполнены с использованием пакета компьютерной алгебры MAPLE.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлениям бакалавриата 15.03.03 «Прикладная механика», магистратуры 15.04.03 «Прикладная механика», 24.04.01 «Ракетные комплексы и космонавтика» и по специальностям 24.05.01 «Проектирование, производство и эксплуатация ракет и ракетно-космических комплексов», 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей».

Редактор *Т. А. Москвитина*

Компьютерная верстка *Ю. П. Шелехиной*

*Для дизайна этикетки использованы материалы
из открытых интернет-источников*

Сводный темплан 2019 г.

© ОмГТУ, 2019

Подписано к использованию 14.10.19.

Объем 9,28 Мб.

ВВЕДЕНИЕ

Метод конечных элементов (МКЭ) является основным методом расчёта любых машиностроительных конструкций, и в частности стержневых систем, на прочность, жёсткость и устойчивость. Более того, в настоящее время этот метод превратился в численный метод решения самых разнообразных задач не только механики твёрдого тела, но и гидродинамики, теории теплообмена и электромагнетизма. Основные идеи метода, его теория получили конкретную реализацию в таких широко известных пакетах, как ANSYS, NX, NASTRAN, ЗЕНИТ и др.

Основной проблемой задач вычислительной механики стержневых систем является определение перемещений в ней. Введение необходимого для этого одного из основных понятий метода – матрицы жёсткости системы осуществляется, исходя из уже известного студентам курса «Сопротивление материалов» фундаментального соотношения между перемещениями и силами в линейной упругой системе.

Другие понятия метода: понятие узла, его числа степеней свободы, способа соединения узла с упругим элементом, связи между векторами сил и перемещений в локальной и глобальной системах координат и др. рассмотрены подробно и проиллюстрированы на стержневых – ферменных и балочных – элементах.

Установление правил формирования глобальной матрицы жёсткости системы по глобальным матрицам отдельных конечных элементов выполнено для конструкций, состоящих из наиболее простых ферменных элементов, но эти правила сборки имеют силу для конструкций, составленных из любых типов элементов.

Использование обыкновенных дифференциальных уравнений для описания перемещений при растяжении-сжатии и изгибе позволило просто ввести другое важнейшее понятие МКЭ – матрицу аппроксимирующих функций, или матрицу функций формы, которая имеет основополагающее значение при построении теории для конечных элементов любых типов. С использованием мощных графических возможностей пакета MAPLE эффективно иллюстрируется это важнейшее понятие и его зависимость от способа соединения элемента с узлом. В конечном счёте становится ясным влияние этого способа на перемещения в упругой системе, а значит, и на напряжённо-деформированное состояние элементов стержневых конструкций.

Независимо от их типа стержневые конструкции могут быть нагружены не только узловой, но и внеузловой нагрузкой. В соответствии с общей теорией метода эта нагрузка приводится к эквивалентной узловой нагрузке, которая должна вызвать в системе такие же дополнительные узловые перемещения, как и исходная распределённая нагрузка. Эквивалентная система узловых сил для каждого конечного элемента находится в локальной системе координат как вектор реакций, взятый с противоположным знаком, при закреплённых узлах.