

А.В. КОРОБКО¹, Н.Г. КАЛАШНИКОВА¹, Е.Г. АБАШИН²

¹Орловский государственный университет им. И.С. Тургенева, г. Орел, Россия

²Орловский государственный аграрный университет им. Н.В. Парамахина, г. Орел, Россия

ПОПЕРЕЧНЫЙ ИЗГИБ И СВОБОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ УПРУГИХ ИЗОТРОПНЫХ ПЛАСТИНОК В ВИДЕ РАВНОБЕДРЕННЫХ ТРЕУГОЛЬНИКОВ

Аннотация. В статье рассматриваются упругие изотропные пластинки в виде равнобедренных треугольников с комбинированными граничными условиями (комбинация условий шарнирного опирания и жесткого защемления по сторонам контура). Выполнены расчеты с использованием МКЭ для определения интегральных физических характеристик в рассматриваемых задачах F (максимального прогиба равномерно нагруженных пластинок w_0 и основной частоты колебаний в ненагруженном состоянии ω). На основе полученных численных результатов построены аппроксимирующие функции: «максимальный прогиб – коэффициент формы пластинок», «основная частота колебаний – коэффициент формы пластинок», структура которых соответствует структуре аналогичных формул, полученных при представлении известных точных решений в соответствующих задачах технической теории пластинок в изопериметрическом виде. На основании свойств коэффициента формы пластинок эти аппроксимирующие функции ограничивают все множество рассматриваемых интегральных физических величин и поэтому могут использоваться в качестве опорных решений при расчете треугольных пластинок произвольного вида методом интерполяции по коэффициенту формы (МИКФ). Рассмотрен пример расчета пластинки в виде прямоугольного треугольника с шарнирным опиранием сторон.

Ключевые слова: упругие изотропные пластинки в виде равнобедренных треугольников, максимальный прогиб, основная частота колебаний, метод интерполяции по коэффициенту формы.

A.V. KOROBKO¹, N.G. KALASHNIKOVA¹, E.G. ABASHIN²

¹Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia

²Orel State Agricultural University named N.V. Parahin, Orel, Russia

TRANSVERSE BENDING AND FREE VIBRATIONS OF ELASTIC ISOTROPIC PLATES IN THE FORM OF ISOSCELES TRIANGLES

Abstract. This paper considers elastic isotropic plates in the form of isosceles triangles with combined boundary conditions (a combination of hinged support and rigid restraint conditions along the sides of the contour). Calculations were performed using FEM to determine the integral physical characteristics in the considered problems F (the maximum deflection of uniformly loaded plates w_0 and the fundamental frequency of oscillations in the unloaded state ω). On the basis of the obtained numerical results, approximating functions have been constructed: "maximum deflection - form factor of plates", "basic frequency of oscillations - form factor of plates", the structure of which corresponds to the structure of similar formulas obtained when presenting known exact solutions in the corresponding problems of technical theory of plates in isoperimetric form. Based on the properties of the form factor of plates, these approximating functions limit the whole set of considered integral physical quantities and therefore can be used as reference solutions for the calculation of triangular plates of arbitrary form applying the method of interpolation by form factor (MIF). We consider an example of calculation of a plate in the form of a rectangular triangle with hinged support of the sides.

Keywords: elastic isotropic plates in the form of isosceles triangles, maximum deflection, fundamental frequency of vibration, method of interpolation by form factor.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тимошенко С.П., Войновский-Кригер С. Пластиинки и оболочки. М.: 1963. 635 с.
2. Справочник по теории упругости. – Киев: Изд-во БудІвельник: 1971. 419 с.
3. Кончковский З. Плиты. Статические расчеты: перевод с польского. М.: Стройиздат, 1984. 480 с.
4. Лейбензон Л.С. Вариационные методы решения задач по теории упругости – Москва; Ленинград: 1943. 287 с.
5. Пратусевич Я.А. Вариационные методы в строительной механике – Москва; Ленинград: Госиздат технико-теоретической литературы. 1948. 399 с.
6. Вайнберг Д.В., Вайнберг Е.Д. Пластины, диски, балки. Киев: Госстройиздат УССР, 1959. 1049 с.
7. Масленников А.М. Расчет строительных конструкций численными методами. Л: Изд-во Ленинградского университета, 1987. 224 с.
8. Гонткевич В.С. Собственные колебания пластиинок и оболочек: Справочное пособие. Киев: Наукова думка, 1964. 288 с.
9. Босаков С.В., Скачок П.Д. Статический расчет треугольных пластиинок с шарнирно опертыми гранями // Механика. Исследования и инновации. Вып.10, Гомель. 2017. С. 24-28.
10. Босаков С.В. Метод Ритца в примерах и задачах по строительной механике и теории упругости: учебное пособие для студентов строительных специальностей вузов. Минск: изд-во БГПА, 2000. 142 с.
11. Коробко А.В. Геометрическое моделирование формой области в двумерных задачах теории упругости. М.: Изд-во АСВ, 1999. 302 с.
12. Коробко А.В. Расчет треугольных пластиинок методом интерполяции по коэффициенту формы с использованием аффинных преобразований // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2003. № 2. С. 13-16.
13. Гефель В.В., Коробко А.В. Взаимосвязь поперечного изгиба и свободных колебаний треугольных пластиинок // Известия ОрелГТУ. Серия Строительство. 2006. № 1-2. С. 24-27.
14. Коробко В.И., Савин С.Ю. Свободные колебания треугольных ортотропных пластиинок с однородными и комбинированными граничными условиями // Строительство и реконструкция. 2013. № 2. С. 33-40.
15. Коробко В.И., Савин С.Ю., Бояркина С.В. Изгиб треугольных ортотропных пластиинок с однородными и комбинированными граничными условиями // Строительство и реконструкция. Орел: ГУ-УНПК. 2012. №1. С. 7-13.

REFERENCES

1. Timoshenko S.P., Voinovsky-Kriger S. Plates and shells. M.: 1963. 635 p.
2. Reference Book on the Theory of Elasticity. Kiev: Publishing House Budivelnik: 1971. 419 p.
3. Konczkowski Z. Slabs. Static calculations: translation from Polish. - Moscow: Stroyizdat, 1984. 480 p.
4. Leibenzon L.S. Variation methods for solving problems in the theory of elasticity - Moscow; Leningrad: 1943. 287 p.
5. Pratusevich Y.A. Variation methods in structural mechanics - Moscow; Leningrad: Gosizdat tekhniko-theoreticheskoy literaturey. 1948. 399 p.
6. Weinberg D.V., Weinberg E.D. Plates, disks, beams. Kyiv: Gosstroyizdat of the Ukrainian SSR, 1959. 1049 p.
7. Maslennikov A.M. Calculation of Building Structures by Numerical Methods - L: Publishing House of Leningrad University, 1987. 224 p.
8. Gontkevich V.S. Natural vibrations of plates and shells: Reference book. Kiev: Naukova Dumka, 1964. 288 p.
9. Bosakov S.V., Skachok P.D. Static calculation of triangular plates with hinged faces. // Mechanics. Research and Innovations. Issue 10, Gomel. 2017. Pp. 24-28.
10. Bosakov S.V. Ritz Method in Examples and Problems in Structural Mechanics and Theory of Elasticity: Textbook for Students of Building Specialties of Higher Education Institutions. Minsk: publishing house of Belarusian State Pedagogical University, 2000. 142 p.
11. Korobko A.V. Geometrical modeling of area shape in two-dimensional problems of the theory of elasticity. Moscow: Publishing house ASV, 1999. 302 p.
12. Korobko A.V. Calculation of triangular plates by interpolation by form factor using affine transformations // Izvestia of Higher Educational Institutions. Aeronautical Engineering. 2003. № 2. P. 13-16.
13. Gefel V.V., Korobko A.V. Interrelation of transverse bending and free vibrations of triangular plates // Izvestiya Orel State Technical University. Series Construction. 2006. № 1-2. P. 24-27.
14. Kobko V.I., Savin S.Y. Free vibrations of triangular orthotropic plates with uniform and combined boundary conditions // Building and Reconstruction. 2013. № 2. P. 33-40.
15. Korobko V.I., Savin S.Y., Boyarkina S.V. Bending of triangular orthotropic plates with uniform and combined boundary conditions // Construction and reconstruction. Orel: GU-UNPK. 2012. №1. P. 7-13.

Информация об авторах:

Коробко Андрей Викторович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел, Россия,
доктор технических наук, профессор, профессор кафедры мехатроники, механики и робототехники.
E-mail: ankor.66@mail.ru

Калашникова Наталья Григорьевна

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орел, Россия,
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры мехатроники, механики и робототехники.
E-mail: naka.61@mail.ru

Абашин Евгений Геннадьевич

ФГБОУ ВО «Орловский государственный аграрный университет имени Н.В. Парахина», г. Орел, Россия,
кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры агропромышленного и гражданского строительства.
E-mail: evabashin@yandex.ru

Information about authors:

Korobko Andrey V.

Orel State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia,
doctor of technical sciences, professor, professor of the department of Mechatronics, Mechanics and Robotics.
E-mail: ankor.66@mail.ru

Kalashnikova Nataley G.

Orel State University named I.S. Turgenev, Orel, Russia,
candidate in technical sciences, docent, docent of the department of Mechatronics, Mechanics and Robotics.
E-mail: naka.61@mail.ru

Abashin Evgeniy G.

Orel State Agricultural University named N.V. Parahin, Orel, Russia,
candidate in technical sciences, docent, docent of the department of Agro-Industrial and Civil Engineering.
E-mail: ankor.66@mail.ru