

А.В. ТУРКОВ^{1,2}, С.И. ПОЛЕШКО¹, Е.А. ФИНАДЕЕВА¹, К.В. МАРФИН¹

¹ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орёл, Россия

²ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Россия

ВЗАИМОСВЯЗЬ ПРОГИБОВ И ЧАСТОТ СОБСТВЕННЫХ ПОПЕРЕЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ КРУГЛЫХ ИЗОТРОПНЫХ ПЛАСТИН ПЕРЕМЕННОЙ ТОЛЩИНЫ ПО ЗАКОНУ КВАДРАТНОЙ ПАРАБОЛЫ С УТОЛЩЕНИЕМ К ЦЕНТРУ

Аннотация. Рассматривается взаимосвязь максимальных прогибов W_0 от статической равномерно распределённой нагрузки q и основной частоты собственных поперечных колебаний ω круглой изотропной пластинки переменной толщины по закону квадратной параболы с утолщением в центре при однородных условиях опирания по внешнему контуру в зависимости от соотношения толщины пластины в центре к толщине по краю. По результатам исследования построены графики зависимости максимального прогиба и частоты собственных колебаний пластинки от соотношения t_2/t_1 . Показано, что для круглых пластинок переменной толщины по закону квадратной параболы с утолщением в центре при $t_2/t_1 \leq 1,1$ коэффициент K с точностью до 5,29% совпадает с аналитическим коэффициентом для круглых пластинок постоянной толщины.

Ключевые слова: круглая пластина, условия опирания, частота собственных поперечных колебаний, максимальный прогиб.

A. V. TURKOV^{1,2}, S. I. POLESHKO¹, E. A. FINADEEVA¹, K. V. MARFIN¹

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

²South-West State University, Kursk, Russia

THE RELATIONSHIP OF DEFLECTIONS AND FREQUENCIES OF NATURAL TRANSVERSE VIBRATIONS OF CIRCULAR ISOTROPIC PLATES OF VARIABLE THICKNESS ACCORDING TO THE LAW A SQUARE PARABOLA WITH A THICKENING TO THE CENTER

Abstract. The relationship between the maximum deflections W_0 from a static uniformly distributed load q and the fundamental frequency of natural transverse vibrations ω of a round isotropic plate of variable thickness according to the law of a square parabola with a thickening in the center under homogeneous conditions of support along the outer contour, depending on the ratio of the thickness of the plate in the center to the thickness along the edge, is considered. According to the results of the study, graphs of the dependence of the maximum deflection and the frequency of natural vibrations of the plate on the ratio t_2/t_1 are constructed. It is shown that for round plates of linearly variable thickness at $t_2/t_1 \leq 1.1$, the coefficient K with an accuracy of 5.29% coincides with the analytical coefficient for round plates of constant thickness.

Keywords: round plate, bearing conditions, frequency of proper transverse vibrations, maximum deflection.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коробко В.И. Об одной "замечательной" закономерности в теории упругих пластинок // Известия вузов. Строительство и архитектура. 1989. № 11. С. 32-36.
2. Коробко В.И. Графоаналитический способ определения основной частоты колебаний и критической нагрузки мембран произвольного вида [Текст] / В.И. Коробко // Тонкостенные пространственные конструкции покрытий зданий. Таллинн. 1986. С. 71-72.

© Турков А.В., Полешко С.И., Финадеева Е.А., Марфин К.В., 2022

3. Коробко В.И. Изопериметрические неравенства в строительной механике пластинок [Текст] / В.И. Коробко. - М.: Стройиздат, 1992. - 208 с.
4. Коробко В.И. Некоторые геометрические методы решения задач технической теории пластинок (препринт) [Текст] / В.И. Коробко. - Хабаровск: ХабКНИИ ДВНЦ АН СССР. 1978. 66 с.
5. Коробко В.И. Оценка частот свободных колебаний пластинок [Текст] / В.И. Коробко // Изв. вузов. Строительство и архитектура. 1979. N 10. С. 21-23.
6. Коробко В.И., Турков А.В., Калашникова О.В. Поперечные колебания, прогибы и усилия в однопролетных составных балках с различными граничными условиями слоев // Строительная механика и расчет сооружений. 2010. № 3. С. 65-68.
7. Коробко В.И., Бояркина О.В. Взаимосвязь задач поперечного изгиба и свободных колебаний треугольных пластинок // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2007. № 22 (94). С. 24-26.
8. Коробко В.И. Применение изопериметрического метода к решению задач технической теории пластинок (препринт) [Текст] / В.И. Коробко. - Хабаровск: ХабКНИИ ДВНЦ АН СССР. - 1978. - 66 с.
9. Турков А.В., Жушкова К.А. Взаимосвязь максимальных прогибов и частот собственных колебаний изотропных кольцевых пластин при шарнирном опирании по внешнему контуру // Актуальные проблемы строительства, строительной индустрии и архитектуры: сборник материалов XX международной научно-технической конференции. Тула, 28-29 июня 2019. Тульский государственный университет. С. 299-302. URL: http://dmitriy.chiginskiy.ru/publications/files/Materialy_XX_MNTK-2019_Tula.pdf (дата обращения: 21.05.2020).
10. Турков А.В., Жушкова К.А. Взаимосвязь максимальных прогибов и частот собственных колебаний изотропных кольцевых пластин при жестком закреплении по внешнему контуру // Актуальные проблемы современной когнитивной науки: сборник статей по итогам всероссийской научно-практической конференции. Волгоград. 30 июня 2019. Стерлитамак: АМИ, 2019. С. 70-72..
11. Турков А.В, Марфин К.В., Баженова А.В. Прогибы и частоты собственных колебаний составных многослойных квадратных изотропных пластин с шарнирным опиранием по контуру при изменении жесткости связей сдвига // Строительство и реконструкция. 2019. №4. С. 65-70.
12. Турков А.В, Марфин К.В., Ветрова О.А. Прогибы и частоты собственных колебаний систем перекрестных ферм на квадратном плане с различными схемами опирания // Промышленное и гражданское строительство. 2018. №11. С. 42-45.
13. Турков А.В, Марфин К.В. Определение коэффициента жесткости шва круглой составной изотропной пластины по её основной частоте колебаний // Строительная механика и расчет сооружений. 2013. №4. С. 58-62.
14. Турков А.В, Марфин К.В. Точность результатов численных исследований круглых составных изотропных пластин на податливых связях при различном количестве конечных элементов // Строительство и реконструкция. 2012. №1. С. 40-45.
15. Турков А.В, Марфин К.В. Экспериментальные исследования составных круглых пластинок на динамические и статические нагрузки // Строительство и реконструкция. 2015. №4. С. 60-66
16. Турков А.В., Ветрова О.А. Прогибы и частоты собственных колебаний систем перекрестных ферм на квадратном плане с различными схемами опирания // Международная научно-практическая конференция «Наука и инновации в строительстве» (к 45-летию кафедры строительства и городского хозяйства Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова).Сб. докл.: в 2 т. Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. Т. 1. С. 157-161.
17. Турков А.В, Карпова Е.В. Исследование коэффициента жёсткости шва для треугольной составной изотропной пластины в зависимости от её основной частоты колебаний при разной жёсткости связей сдвига // Строительная механика и расчет сооружений. 2015. №2. С. 66-69.
18. Турков А.В, Абашина Н.М., Карпова Е.С. Прогибы и частоты собственных колебаний составных ромбических изотропных пластин, шарнирно опёртых по контуру при изменении жёсткости связей сдвига // Строительство и реконструкция. 2016. №5. С. 45-50.
19. A. Turkov, N.Sabashina/ Deflections and frequencies of natural oscillations of systems of composite two-layer isotropic plates of the round shape at the change of thickness of one of the layers International Journal of Applied Engineering Science//Volume 15 (2017), article 458, pages: 387 - 392.
20. Семенов А.А., Габитов А.И. Проектно-вычислительный комплекс SCAD в учебном процессе. Москва, АСВ. 2005. 152 с.

REFERENCES

1. Korobko V.I. Ob odnoj "zamechatel'noj" zakonovernosti v teorii uprugih plastinok // Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo i arhitektura. 1989. № 11. P. 32-36.
2. Korobko V.I. Grafoanaliticheskiy sposob opredeleniya osnovnoj chastoty kolebanij i kriticheskoj nagruzki membran proizvol'nogo vida [Tekst] / V.I. Korobko // Tonkostennye prostranstvennye konstrukcii pokrytij zdaniy. - Tallinn. 1986. P. 71-72.

3. Korobko V.I. Izoperimetricheskie neravenstva v stroitel'noj mekhanike plastinok [Tekst] / V.I. Korobko. - M.: Strojizdat, 1992. - 208 P.
4. Korobko V.I. Nekotorye geometricheskie metody resheniya zadach tekhnicheskoy teorii plastinok (preprint) [Tekst] / V.I. Korobko. - Habarovsk: HabKNII DVNC AN SSSR. - 1978.- 66 p.
5. Korobko V.I. Ocenka chastot svobodnyh kolebanij plastinok [Tekst] / V.I. Korobko // Izv. vuzov. Stroitel'stvo i arhitektura. - 1979. - N 10. - P. 21-23.
6. Korobko V.I., Turkov A.V., Kalashnikova O.V. Poperechnye kolebaniya, progiby i usiliya v odnoproletnyh sostavnyh balkah s razlichnymi granichnymi usloviyami sloev // Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenij. 2010. № 3. P. 65-68.
7. Korobko V.I., Boyarkina O.V. Vzaimosvyaz' zadach poperechnogo izgiba i svobodnyh kolebanij treugol'nyh plastinok // Vestnik YUzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura. 2007. № 22 (94). P. 24-26.
8. Korobko V.I. Primenenie izoperimetricheskogo metoda k resheniyu zadach tekhnicheskoy teorii plastinok (preprint) [Tekst] / V.I. Korobko. - Habarovsk: HabKNII DVNC AN SSSR. - 1978. - 66 p.
9. Turkov A.V., Zhupikova K.A. Vzaimosvyaz' maksimal'nyh progibov i chastot sobstvennyh kolebanij izotropnyh kol'cevyyh plastin pri sharnirnom opiraniy po vneshnemu konturu // Aktual'nye problemy stroitel'stva, stroitel'noj industrii i arhitektury: sbornik materialov HKH mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii. Tula, 28-29 iyunya 2019. Tul'skij gosudarstvennyj universitet. P. 299-302. URL: http://dmitriy.chiginskiy.ru/publications/files/Materialy_XX_MNTK-2019_Tula.pdf (data obrashcheniya: 21.05.2020).
10. Turkov A.V., Zhupikova K.A. Vzaimosvyaz' maksimal'nyh progibov i chastot sobstvennyh kolebanij izotropnyh kol'cevyyh plastin pri zhestkom zakreplenii po vneshnemu konturu // Aktual'nye problemy sovremennoj kognitivnoj nauki: sbornik statej po itogam vsrossijskoy nauchno-prakticheskoy konferencii. Volgograd. 30 iyunya 2019. Sterlitamak: AMI, 2019. P. 70-72.
11. Turkov A.V., Marfin K.V., Bazhenova A.V. Progiby i chastoty sobstvennyh kolebanij sostavnyh mnogoslojnyh kvadratnyh izotropnyh plastin s sharnirnym opiraniem po konturu pri izmenenii zhestkosti svyazey sdviga//Stroitel'stvo i rekonstrukciya. 2019. №4. P. 65-70.
12. Turkov A.V., Marfin K.V., Vetrova O.A. Progiby i chastoty sobstvennyh kolebanij sistem perekrestnyh ferm na kvadratnom plane s razlichnymi skhemami opiraniya // Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo. 2018. №11. P. 42-45.
13. Turkov A.V., Marfin K.V. Opredelenie koefficienta zhestkosti shva krugloy sostavnoj izotropnoj plastiny po eyo osnovnoj chastote kolebanij// Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenij. 2013. №4. S. 58-62.
14. Turkov A.V., Marfin K.V. Tochnost' rezul'tatov chislennyh issledovaniy kruglyh sostavnyh izotropnyh plastin na podatlivykh svyazyah pri razlichnom kolichestve konechnykh elementov // Stroitel'stvo i rekonstrukciya. 2012. №1. P. 40-45.
15. Turkov A.V., Marfin K.V. Eksperimental'nye issledovaniya sostavnyh kruglyh plastinok na dinamicheskie i staticheskie nagruzki//Stroitel'stvo i rekonstrukciya. 2015. №4. P. 60-66
16. Turkov A.V., Vetrova O.A. Progiby i chastoty sobstvennyh kolebanij sistem perekrestnyh ferm na kvadratnom plane s razlichnymi skhemami opiraniya//Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya «Nauka i innovacii v stroitel'stve» (k 45-letiyu kafedry stroitel'stva i gorodskogo hozyajstva Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova).Sb. dokl.: v 2 t. Belgorod: Izd-vo BGTU, 2017. T. 1. P. 157-161.
17. Turkov A.V., Karpova E.V. Issledovanie koefficienta zhyostkosti shva dlya treugol'noj sostavnoj izotropnoj plastiny v zavisimosti ot eyo osnovnoj chastoty kolebanij pri raznoj zhyostkosti svyazey sdviga // Stroitel'naya mekhanika i raschet sooruzhenij.2015. №2. P. 66-69.
18. Turkov A.V., Abashina N.M., Karpova E.S. Progiby i chastoty sobstvennyh kolebanij sostavnyh rombicheskikh izotropnyh plastin, sharnirno opyortyh po konturu pri izmenenii zhyostkosti svyazey sdviga // Stroitel'stvo i rekonstrukciya. 2016. №5. P. 45-50.
19. Turkov A.V., Abashina N.S. / Deflections and frequencies of natural oscillations of systems of composite two-layer isotropic plates of the round shape at the change of thickness of one of the layers International Journal of Applied Engineering Science//Volume 15 (2017), article 458, pages: 387 - 392.
20. Semenov A.A., Gabitov A.I. Proektno-vychislitel'nyy kompleks SCAD v uchebno-m protsesse. Moskva, ASV. 2005. 152 p.

Информация об авторах:

Турков Андрей Викторович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орёл, Россия, доктор технических наук, профессор кафедры строительных конструкций и материалов.
ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Россия, доктор технических наук, профессор кафедры уникальных зданий и сооружений.
E-mail: aturkov@bk.ru

Полешко Сергей Иванович

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орёл, Россия,
студент магистратуры.

E-mail: sergey_poleshko@mail.ru

Финадеева Елена Анатольевна

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орёл, Россия,
кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций и материалов, директор архитектурно-строительного института.

E-mail: asi.gu-unpk@mail.ru

Марфин Кирилл Васильевич

ФГБОУ ВО «Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева», г. Орёл, Россия,
кандидат технических наук, доцент кафедры строительных конструкций и материалов.

E-mail: marfinkirill@yandex.ru

Information about authors:

Turkov Andrey V.

Oryol State University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia,
doctor of technical sciences, professor of the department of Building Structures and Materials.
South-West State University, Kursk, Russia,

doctor of technical sciences, professor of the department of Unique Buildings and Structures.

E-mail: aturkov@bk.ru

Poleshko Sergey Iv.

Oryol state University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia,
master's degree student.

E-mail: sergey_poleshko@mail.ru

Finadeeva Elena An.

Oryol state University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia,
candidate of technical sciences, associate professor of the department of Building Structures and Materials, headmaster
of the Institute of Architecture and Civil Engineering.

E-mail: asi.gu-unpk@mail.ru

Marfin Kirill V.

Oryol state University named after I.S. Turgenev, Orel, Russia,
candidate of technical sciences, associate professor of the department of Building Structures and Materials.

E-mail: marfinkirill@yandex.ru