

В.А. СМІРНОВ^{1,2}

¹Научно-исследовательский институт строительной физики (НИИСФ РААСН), г. Москва, Россия
²ФГБОУ ВО «Научно-исследовательский Московский государственный строительный университет»
(НИУ МГСУ), г. Москва, Россия

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ МОДАЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Аннотация. В работе изучаются методы получения динамических характеристик (динамический модуль упругости, коэффициент потерь) конструкционных материалов, таких как бетоны и цементные растворы, по результатам экспериментального модального анализа. Представлены замкнутые выражения для определения коэффициента потерь механических колебаний, полученные из решения дифференциальных уравнений колебаний одномассовых систем, к которым приводят колебания протяжённых конструкций по первым формам. Представлена процедура проведения модального анализа коротких балок, изготовленных из тестовых образцов конструкционных материалов. Представлена процедура вычисления собственных частот первых формы колебаний балок. На основании решения уравнения представлена формула для определения коэффициентов демпфирования и динамического модуля упругости материала балки.

Ключевые слова: динамические испытания, модальный анализ, коэффициент потерь, модуль упругости, демпфирование.

V.A. SMIRNOV^{1,2}

¹Research Institute of Building Physics (NIISF RAASN), Moscow, Russia
²National Research Moscow University of Civil Engineering, Moscow, Russia

DETERMINATION OF THE DYNAMIC CHARACTERISTICS OF STRUCTURAL MATERIALS BASED ON THE RESULTS OF MODEL TESTS

Abstract. The paper studies methods for obtaining dynamic characteristics (dynamic modulus of elasticity, loss coefficient) of structural materials, such as concretes and cement mortars, based on the results of experimental modal analysis. Closed expressions for determining the loss coefficient of mechanical vibrations are presented, obtained from solving differential equations of vibrations of single-mass systems, which are caused by vibrations of extended structures in the first forms. The procedure of modal analysis of short beams made of test samples of structural materials is presented. The procedure for calculating the natural frequencies of the first forms of vibration of beams is presented. Based on the solution of the equation, a formula is presented for determining the damping coefficients and the dynamic modulus of elasticity of the beam material.

Keywords: dynamic tests, modal analysis, loss coefficient, modulus of elasticity, damping.

© Смирнов В.А., 2022

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Нашиф А., Джоунс Д., Хендерсон Дж. Демпфирование колебаний: Пер. с англ. М.: Мир, 1988. 448 с.
2. Rossikhin Yu.A., Shitikova M.V. (2014b) Nonlinear dynamic response of a thin plate embedded in a fractional viscoelastic medium under combinational internal resonances // Appl Mech Mat. 2014b. Vol. 595. Pp. 105—110

3. Rossikhin Yu.A., Shitikova M.V. (1998) Application of fractional calculus for analysis of nonlinear damped vibrations of suspension bridges // *ASCE J Eng Mech.* 1998. Vol. 124. Pp. 1029-1036.
4. Невилль А.М. Свойства бетона. Сокращенный перевод с английского канд. техн. наук В.Д.Парфенова и Т.Ю. Якуб.. М.: Изд-во литературы по строительству, 1972. 345 с.
5. Иноземцев А.С., Королев Е.В. Деформации высокопрочных легких бетонов на полых микросферах и способ их снижения // *Строительные материалы.* 2015. № 9. С. 23-30.
6. Иноземцев А.С., Королев Е.В. Сравнительный анализ влияния наномодифицирования и микродисперсного армирования на процесс и параметры разрушения высокопрочных лёгких бетонов // *Строительные материалы.* 2017. № 7. С. 11-15.
7. Døssing O. *Structural Testing 1 (Mechanical Mobility Measurements).* Brüel & Kjær, 1988.
8. Døssing O. *Structural Testing 2 (Modal Analysis and Simulation).* Brüel & Kjær, 1988.
9. Myklestad N.O. The concept of complex damping // *J. of Applied Mechanics.* 1952. 19(3). Pp. 284-286.
10. Lazan B.J. *Damping of Materials and Members in Structural Mechanics,* Pergamon Press, 1968.
11. Kohoutek R. Damping of concrete beams of different mix design // *Proceedings of Materials Week'92, 2–5 November, Conference at Hyatt Regency, Chicago, 1992.* Pp. 95-102.
12. Zaveri K., Olsen H.P. Measurement of elastic modulus and loss factor of asphalt, *Technical Review No.4. Bruel & Kjaer, 1972.* Pp. 3-15.
13. Kohoutek R. Analysis of beams and frames, Chapter 4 in *Analysis and Design of Foundations for Vibrations,* pp. 99-156; P. Moore, ed. CRC Press, 1985. 512 p.
14. Khemapat T., Jirawin S., Vatanavongs R., Vanchai S., Suchart L., Piti S. Effect of viscoelastic polymer on damping properties of precast concrete panel // *Heliyon.* 2021. Vol. 7. Issue 5. e06967. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06967>.
15. Lei B., Liu H., Yao Z., Tang Z. Experimental study on the compressive strength, damping and interfacial transition zone properties of modified recycled aggregate concrete // *R. Soc. open sci.* 2019. Vol. 6. Pp.190813. <http://dx.doi.org/10.1098/rsos.190813>
16. Velsor J.V., Premkumar L., Rose J.L. (2011). Measuring the Complex Modulus of Asphalt Concrete Using Ultrasonic Testing // *Journal of Engineering Science and Technology Review.* 2011. Vol. 4. <https://doi.org/10.25103/jestr.042.08>.

REFERENCES

1. Nashif A., Jones D., Henderson J. *Vibration damping: Trans. from English.* Moscow: Mir, 1988. 448 p. (in Russian).
2. Rossikhin Yu.A., Shitikova M.V. (2014b) Nonlinear dynamic response of a thin plate embedded in a fractional viscoelastic medium under combinational internal resonances. *Appl Mech Mat.* 2014b. Vol. 595. Pp. 105-110.
3. Rossikhin Yu.A., Shitikova M.V. (1998) Application of fractional calculus for analysis of nonlinear damped vibrations of suspension bridges. *ASCE J Eng Mech.* 1998. Vol. 124. Pp. 1029-1036.
4. Neville A.M. *Properties of concrete.* Abridged translation from English by Candidate of Technical Sciences V.D. Parfenov and T.Y. Yakub. Moscow: Publishing house of literature on construction, 1972. 345 p. (in Russian).
5. Inozemtsev A.S., Korolev E.V. Deformations of high-strength lightweight concrete on hollow microspheres and a way to reduce them. *Construction materials.* 2015. No. 9. Pp. 23-30. (in Russian).
6. Inozemtsev A.S., Korolev E.V. Comparative analysis of the effect of nanomodification and microdisperse reinforcement on the process and parameters of destruction of high-strength lightweight concrete. *Construction materials.* 2017. No. 7. Pp. 11-15. (in Russian).
7. Døssing O. *Structural Testing 1 (Mechanical Mobility Measurements).* Brüel & Kjær, 1988.
8. Døssing O. *Structural Testing 2 (Modal Analysis and Simulation).* Brüel & Kjær, 1988.
9. Myklestad N.O. The concept of complex damping. *J. of Applied Mechanics.* 1952. 19(3). Pp. 284-286.
10. Lazan B.J. *Damping of Materials and Members in Structural Mechanics,* Pergamon Press, 1968.
11. Kohoutek R. Damping of concrete beams of different mix design. *Proceedings of Materials Week'92, 2–5 November, Conference at Hyatt Regency, Chicago, 1992.* Pp. 95-102.
12. Zaveri K., Olsen H.P. Measurement of elastic modulus and loss factor of asphalt, *Technical Review No.4. Bruel & Kjaer, 1972.* Pp. 3-15.
13. Kohoutek R. Analysis of beams and frames, Chapter 4 in *Analysis and Design of Foundations for Vibrations,* pp. 99-156; P. Moore, ed. CRC Press, 1985. 512 pp.
14. Khemapat T., Jirawin S., Vatanavongs R., Vanchai S., Suchart L., Piti S. Effect of viscoelastic polymer on damping properties of precast concrete panel. *Heliyon.* 2021. Volume 7. Issue 5. e06967. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06967>.

15. Lei B., Liu H., Yao Z., Tang Z. Experimental study on the compressive strength, damping and interfacial transition zone properties of modified recycled aggregate concrete. R. Soc. open sci. 2019. Vol. 6. Pp. 190813. <http://dx.doi.org/10.1098/rsos.190813>

16. Velsor J.V., Premkumar L., Rose J.L. (2011). Measuring the Complex Modulus of Asphalt Concrete Using Ultrasonic Testing. Journal of Engineering Science and Technology Review. 2011. Vol. 4. <https://doi.org/10.25103/jestr.042.08>.

Информация об авторе:

Смирнов Владимир Александрович

Научно-исследовательский институт строительной физики (НИИСФ РААСН), г. Москва, Россия, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории защиты зданий от вибрации и структурного звука НИИСФ РААСН;

ФГБОУ ВО «Научно-исследовательский Московский государственный строительный университет» (НИУ МГСУ), г. Москва, Россия,

заведующий лабораторией динамики сооружений НИИ ЭМ НИУ МГСУ.

E-mail: belohvost@list.ru

Information about author:

Smirnov Vladimir A.

Research Institute of Building Physics (NIISF RAASN), Moscow, Russia, candidate of technical sciences, leading researcher of the laboratory of protection of buildings from vibration and structural sound of NIISF RAASN,

National Research Moscow University of Civil Engineering, Moscow, Russia,

head of the laboratory of dynamics of structures of the research institute of EM NRU MGSU.

E-mail: belohvost@list.ru