

- beams. *J. Constr. Steel Res.* 2012. Vol. 70. Pp. 101–114.
14. Salem A.H., El Dib F.F., El Aghoury M., Hanna M.T. Elastic stability of planar steel frames with unsymmetrical beam loading. *Journal of structural engineering.* 2004. Vol. 130. No. 11. Pp. 1852–1859.
 15. Manuylov G.A., Kositsyn S.B., Begichev M.M. Chislennoye issledovaniye prostranstvennoy ustoychivosti uprugikh krugovykh zashchemlennykh arok [Numerical study of the spatial stability of elastic circular pinched arches]. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering.* 2013. Vol. 9. No. 1. Pp. 78–84.(rus)
 16. Senjanović I., Vladimir N., Cho D.-S. A simplified geometric stiffness in stability analysis of thin-walled structures by the finite element method. *Inter J. Nav. Archit. Oc. Engng.* 2012. Vol. 4. Pp. 313–321.
 17. Lalin V., Rybakov V., Alexander S. The finite elements for design of frame of thin-walled beams. *Applied Mechanics and Materials.* 2014. Vol. 578-579. Pp. 858–863.
 18. Lalin V.V., Rozin L.A., Kushova D.A. Variatsionnaya postanovka ploskoy zadachi geometricheski nelineynogo deformirovaniya i ustoychivosti uprugikh sterzhney [Variational formulation of the plane problem of geometrically nonlinear deformation and stability of elastic rods]. *Magazine of Civil Engineering.* 2013. No. 1(36). Pp. 87–96.(rus)
 19. Qiu W., Demkowicz L. Mixed hp-finite element method for linear elasticity with weakly imposed symmetry: stability analysis. *SIAM J. Numer. Anal.* 2011. Vol. 49. No. 2. Pp. 619–641.
 20. Kim B., Li L., Edmonds A. Analytical solutions of lateral-torsional buckling of castellated beams. *International Journal of Structural Stability and Dynamics.* 2016. Vol. 16. No. 8. Pp. 443–455.
 21. Blyumin S.L., Zverev V.V., Sotnikova I.V., Sysoyev A.S. Resheniye zadachi ustoychivosti szhato-izgibayemykh zhestko opertykh sterzhney peremennoy zhestkosti [The solution of the problem of the stability of squeezed-bent rigidly supported rods of variable rigidity]// *Vestnik MGSU.* 2015. No. 5. Pp. 18–26.(rus)
 22. Dubrovin V.M., Butina T.A. Modelirovaniye ustoychivosti szhatogo i skruchennogo sterzhnya v tochnoy postanovke zadachi [Simulation of the stability of a compressed and twisted rod in the exact formulation of the problem]. *Matematicheskoye modelirovaniye i chislennyye metody.* 2015. No. 3. Pp. 3–16.(rus)
 23. Kuo Y.-L. Stress-based finite element analysis of sliding beams. *Appl. Math. Inf. Sci.* 2015. Vol. 9. No. 2. Pp. 609–616.
 24. Tyukalov Yu.Ya. The functional of additional energy for the analysis of the stability of spatial rod systems. *Magazine of Civil Engineering.* 2017. No. 2(70). Pp. 18–32. (rus)
 25. Tyukalov Yu.Ya. *Raschet zhelezobetonnykh ploskikh sterzhnevyykh sistem na kratkovremennyye dinamicheskiye vozdeystviya s uchetom fizicheskoy nelineynosti* [Calculation of reinforced concrete flat rod systems on short-term dynamic influences taking into account physical nonlinearity]. PhD dissertation. Kirov, 1990. 140 p.(rus)
 26. Timoshenko S. P. Ustoychivost sterzhney, plastin i obolochek [Stability of rods, plates and shells]. Moscow: Nauka, 1971. 808 p.(rus)
- Elastic stability of planar steel frames with unsymmetrical beam loading // *Journal of structural engineering.* 2004. Vol. 130. № 11. Pp. 1852–1859.
15. Мануйлов Г.А., Косицын С.Б., Бегичев М. М. Численное исследование пространственной устойчивости упругих круговых защемленных арок// *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering.* 2013. Vol. 9. № 1. Pp. 78–84.
 16. Senjanović I., Vladimir N., Cho D.-S. A simplified geometric stiffness in stability analysis of thin-walled structures by the finite element method // *Inter J. Nav. Archit. Oc. Engng.* 2012. Vol. 4. Pp. 313–321.
 17. Lalin V., Rybakov V., Alexander S. The finite elements for design of frame of thin-walled beams// *Applied Mechanics and Materials.* 2014. Vol. 578–579. Pp. 858–863.
 18. Лалин В.В., Розин Л.А., Кушова Д.А. Вариационная постановка плоской задачи геометрически нелинейного деформирования и устойчивости упругих стержней // *Инженерно-строительный журнал.* 2013. № 1(36). С. 87–96.
 19. Qiu W., Demkowicz L. Mixed hp-finite element method for linear elasticity with weakly imposed symmetry: stability analysis // *SIAM J. Numer. Anal.* 2011. Vol. 49. № 2. Pp. 619–641.
 20. Kim B., Li L., Edmonds A. Analytical solutions of lateral-torsional buckling of castellated beams // *International Journal of Structural Stability and Dynamics.* 2016. Vol. 16. № 8. Pp. 443–455.
 21. Блюмин С.Л., Зверев В.В., Сотникова И.В., Сысоев А.С. Решение задачи устойчивости сжато-изгибаемых жестко опертых стержней переменной жесткости // *Вестник МГСУ.* 2015. № 5. С. 18–26.
 22. Дубровин В.М., Бутина Т.А. Моделирование устойчивости сжатого и скрученного стержня в точной постановке задачи // *Математическое моделирование и численные методы.* 2015. № 3. С. 3–16.
 23. Kuo Y.-L. Stress-based finite element analysis of sliding beams // *Appl. Math. Inf. Sci.* 2015. Vol. 9. № 2. Pp. 609–616.
 24. Тюкалов Ю.Я. Функционал дополнительной энергии для анализа устойчивости пространственных стержневых систем // *Инженерно-строительный журнал.* 2017. № 2(70). С. 18–32.
 25. Тюкалов Ю.Я. Расчет железобетонных плоских стержневых систем на кратковременные динамические воздействия с учетом физической нелинейности : диссертация ... кандидата технических наук : 05.23.17. - Киров, 1990. 140 с.
 26. Тимошенко С.П. Устойчивость стержней, пластин и оболочек. М.: Наука, 1971. 808 с.

Yury Tyukalov,
+7(912)8218977; yutvgu@mail.ru

Юрий Яковлевич Тюкалов,
+7(912)8218977; эл. почта: yutvgu@mail.ru

© Tyukalov Yu. Ya., 2018