

Список литературы

1. Кисиленко К.С., Евтухов А.В. *Имитационное моделирование процесса круглого врезного шлифования*// Сучасні технології в промисловому виробництві: матеріали наук.-техн. конф. СумДУ, 2011. Ч.1. С. 43.
2. Hao Bai, Yuli Wang, Digital power grid based on digital twin: Definition, structure and key technologies, Energy Reports, Volume 8, Sup.16, 2022, P. 390-397, <https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.10.328>.
3. Mohsen Soori, Behrooz Arezoo, Roza Dastres, Digital twin for smart manufacturing, A review, Sustainable Manufacturing and Service Economics, Vol. 2, 2023, 100017. <https://doi.org/10.1016/j.smse.2023.100017>.
4. Yan Y., Xu J., Wiercigroch M. *Non-linear analysis and quench control of chatter in plunge grinding* // Int. J. Mech. Sci. – 2014. – V. 89. – p. 389–401. (механизмы чаттера при шлифовании и методы подавления путем изменения параметров резания).
5. Дан Хэ и др. *On-line Grinding Chatter Detection Based on Minimum Entropy Deconvolution and Autocorrelation Function* // Chinese Journal of Mechanical Engineering. – 2021. – V. 34. – Art. 20. (методы онлайн-мониторинга чаттера по вибросигналам).

TERMOELASTIKLIK NAZARIYASI MASALALARINI KUCHLANISHLARDAGI MODEL TENGLAMASI

Tilovov Otajon O'ktamovich

O'zMU Mexanika va matematik modellashirish kafedrası katta o'qituvchisi
otajontilovo95@gmail.com.

Bobanazarov Akmal

O'zMU Mexanika va matematik modellashirish kafedrası tayanch doktoranti

Annotatsiya. Termoelastiklik nazariyasi masalalarni odatda kuchlanishlarda yechishda Eri kuchlanish funksiyasi kiritib yechilgan lekin biz bu ishda hech qanday qo'shimcha funksiya kiritmasdan to'g'ridan tog'ri kuchlanishlarga nisbatan termoelastiklik nazariyasi masalasini fazoviy holatda qo'yilishi va yechish algoritmi ko'rsatib o'tilgan.

Kalit so'zlar. Beltrami-Mitchell tenglamalari, iteratsiya, kuchlanish, kuchlanish funksiyasi.

MODEL EQUATION OF THERMOELASTICITY THEORY PROBLEMS IN TERMS OF STRESS

Abstract. In the theory of thermoelasticity, problems are typically solved in terms of stress by introducing Airy's stress functions. However, in this work, the problem of thermoelasticity is formulated and solved directly in terms of stresses in a spatial setting, without introducing any additional functions. The algorithm for the solution is also presented.

Keywords: Beltrami-Mitchell equations, iteration, stress, stress function.

МОДЕЛЬНОЕ УРАВНЕНИЕ ЗАДАЧ ТЕОРИИ ТЕРМОУПРУГОСТИ В НАПРЯЖЕНИЯХ

Аннотация. В теории термоупругости задачи обычно решаются в напряжениях с введением функции напряжений Эри. Однако в данной работе задача теории термоупругости формулируется и решается непосредственно в напряжениях в пространственной постановке без введения каких-либо дополнительных функций. Также представлен алгоритм решения.

Ключевые слова: уравнения Бельтрами-Митчелла, итерация, напряжение, функция напряжений.

Odatda konstruksiyalar va ularning elementlarining deformatsiyanish jarayoni termomekhanik kuchlar ta'sirida sodir bo'ladi va bu jarayon qattiq jismlarda issiqlik ajralishi hamda haroratning oshishi bilan kechadi. Issiqlik tarqalish jarayonini tasvirlovchi matematik model birinchi marta Dyugamel–Neyman ishlarida [4-7] ko'rib chiqilgan bo'lib, unda to'liq deformatsiya elastik deformatsiya va termik kengayish deformatsiyasidan iborat deb hisoblangan. Deformatsiyanadigan qattiq jismlarning termoelastiklik nazariyasi masalalari quyidagi ishlarda tadqiq etilgan [2-3]. Odatda, termoelastiklik masalalarini yechishda temperatura issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasi yechimi sifatida ma'lum deb olinadi va haroratga bog'liq o'ng. Bunday masalalar bog'lanmagan termoelastiklik masalalar deb ataladi. Bog'lanmagan termoelastiklik nazariyasi chegaraviy masalalarini sonli yechimlariga misollar quyidagi ishlarda keltirilgan. Odatda, deformatsiyaning birgalikda bo'lish shartlari doirasida tekis termoelastiklik nazariyasi masalalari Dügamel–Neyman munosabatlari yordamida Erining kuchlanish funksiyasi va haroratga nisbatan bigarmonik tenglamani yechishga keltiriladi [6]. Bunda T funksiya (harorat maydoni) issiqlik oqimi tenglamasi yechimi sifatida ma'lum deb olinadi. Kuchlanishdagi fazoviy termoelastiklik nazariyasi masalalari Filonenko-Borodich tomonidan ko'rib chiqilgan [3]. Kuchlanishga nisbatan elastiklik nazariyasining chegaraviy masalalari yangi qo'yilishda quyidagi ishlarda ko'rib chiqilgan [2,4,5]. Biz bu ishda temperaturani hisobga olgan holda Beltrami-Mitchell tenglamasi quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$\nabla^2 \sigma_{ij} + \frac{1}{1+\nu} S_{,ij} = -(X_{i,j} + X_{j,i}) - \frac{\nu}{1-\nu} X_{k,k} \delta_{ij} - 2\mu\alpha(T_{,ij} + \frac{1+\nu}{1-\nu} \delta_{ij} \nabla^2 T). \quad (1)$$

Bu yerda σ_{ij} -kuchlanish tenzori, $\nu = \lambda / (\lambda + \mu) / 2$ -Poisson koeffsienti, λ, μ -Lame parametrlari, X_i -Hajmiy kuchlar, δ_{ij} -символ Кронекера, ∇^2 - Laplas operatori.

Agar yuqoridagi (1) tenglamada fazoviy masala sifatida qarasak va hajmiy kuchlar yo'q bo'lsa u holda u quyidagi ifoda keladi.

$$\frac{\partial^2 \sigma_x}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \sigma_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \sigma_x}{\partial z^2} = 2\mu\alpha \frac{1+\nu}{1-\nu} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right), \quad (2)$$

$$\frac{\partial^2 \sigma_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \sigma_y}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \sigma_y}{\partial z^2} = 2\mu\alpha \frac{1+\nu}{1-\nu} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right), \quad (3)$$

$$\frac{\partial^2 \sigma_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \sigma_z}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \sigma_z}{\partial z^2} = 2\mu\alpha \frac{1+\nu}{1-\nu} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} \right), \quad (4)$$

$$\frac{\partial^2 \sigma_{xy}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \sigma_{xy}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \sigma_{xy}}{\partial z^2} = 2\mu\alpha \frac{1+\nu}{1-\nu} \frac{\partial^2 T}{\partial x \partial y}, \quad (5)$$

$$\frac{\partial^2 \sigma_{xz}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \sigma_{xz}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \sigma_{xz}}{\partial z^2} = 2\mu\alpha \frac{1+\nu}{1-\nu} \frac{\partial^2 T}{\partial x \partial z}, \quad (6)$$

$$\frac{\partial^2 \sigma_{yz}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \sigma_{yz}}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \sigma_{yz}}{\partial z^2} = 2\mu\alpha \frac{1+\nu}{1-\nu} \frac{\partial^2 T}{\partial y \partial z}. \quad (7)$$

Bu (2-4)-tenglamalar uch o'lchovli holatda Beltrami-Mitchell tenglamalarida temperaturani hisobga olingan holdagi tenglamalari. Chegaraviy shartlar esa quyidagicha

$$\sigma_{ij} n_j \Big|_{\Sigma} = S_i, \quad (8)$$

(2-8) tenglamalar termoelastiklik nazariyasi masalasining klassik holatda qo'yilishini ifodalaydi. Lekin yuqoridagi tenglamalarda chegaraviy shart yetarli bo'lmaganligi uchun biz prof. Pobedrya tomonidan ishlarida taklif qilingan shartni olamiz. Ya'ni u shart quyidagicha ifodalanadi „Muvozanat tenglamasi soha ichida bajarilsa biz soha chegarasida ham muvozanat tenglamasini ishlatsak bo'ladi“. Demak biz muvozanat tenglamasini chegaraviy shart sifatida soha chegarasida ko'ramiz.

$$\sigma_{ij,j} \Big|_{\Sigma} = 0, \quad (9)$$

(2-9) tenglamalar termoelastiklik nazariyasining fazoviy masalasini kuchlanishlarga nisbatan qo'yilishini ifodalaydi. Bu tenglamalarni chekli ayirmali ko'rinishga o'tkazib iteratiya usulida yechamiz.

Adabiyotlar ro'yxati

- 1.Победря Б.Е., Шешенин С.В., Холматов Т. Задача в напряжениях. // Тошкент, Фан, 1988, С. 200.
- 2.Filonenko-Borodich, M. Theory of Elasticity. // Moscow.University Press Of the Pacific, p.396.
- 3.Муравлева, Л.В. Применение вариационных методов при решении пространственной задачи теории упругости в напряжениях. // Автореф. канд.дис-Москва. МГУ, 1987, с. 124.
- 4.Новацкий, В. Динамические задачи термоупругости. М: Мир, 1970. с. 256.
- 5.Коваленко, А. Д. Термоупругость. // Киев.: Висьящая школа., 1975. с.216.
- 6.Boley, B.A. Weiner, J.H. // Theory of Thermal Stresses, 1960.Wiley, New York p.586.
- 7.Borodachev, N.M. Solution of the three-dimensional thermoelastic problem in stresses. // International Applied Mechanics,2003, 39, No. 4, pp.438–444.

МНОГОМЕРНАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТЕПЛО- И ВЛАГОПЕРЕНОСА ПРИ ХРАНЕНИИ И СУШКИ НЕОДНОРОДНЫХ ПОРИСТЫХ ТЕЛ С УЧЕТОМ ДАВЛЕНИЯ

Равшанов Нормакмад

научный консультант директора по науке, Научно-исследовательского института развития цифровых технологий и искусственного интеллекта

ravshanzade-09@mail.ru

Шадманов Истам Уктамович

доцент Бухарского государственного университета

i.u.shadmanov@buxdu.uz

Аннотация: В настоящей статье разработана многомерная математическая модель процессов совместного тепло- и влагопереноса в неоднородных пористых телах, имеющего форму прямоугольного параллелепипеда. При разработке модели учтены внутренний тепло-и влаговыделения и тепловлагообмен через поверхности пористого тела с окружающей средой, которые служат для исследования, прогнозирования и принятия управленческого решения, которые является актуальной проблемой в процессах хранения и переработки сельскохозяйственных продуктов и сырья.

Ключевые слова: математическая модель, теплоперенос, влагоперенос, внутреннее тепловлаговыделение, давления, неоднородное пористое тело.