TERMOELASTIK SENDVICH PLASTINKALARNI HISOBLASH NAZARIYALARINING RIVOJLANISHI: UCH O‘LCHAMLI ANIQ YECHIMLARDAN KVAZI-3D NAZARIYALARGACHA

Saloxiddinova Farida Bolidin qizi[1]
[1] *Sharof Rashidov nomidagi Samarqand Davlat universiteti, Samarqand, O‘zbekiston*
e-mail: faridasaloxiddinova1@gmail.com

Annotatsiya. *Ishda harorat yuklari ta’siridagi sendvich plastinkalarni hisoblash nazariyalarining rivojlanish bosqichlari tahlil qilinadi: uch o‘lchamli (3D) termoelastiklikning aniq yechimlari, ko‘ndalang siljish va normal deformatsiyalarni hisobga oluvchi yuqori tartibli ikki o‘lchamli (2D) nazariyalar hamda kvazi-3D gibrid nazariyalar. Yondashuvlar aniqlik, hisoblash xarajati va qo‘llanish chegaralari bo‘yicha solishtiriladi. Ko‘ndalang kuchlanishlarni to‘g‘ri baholashda temperatura maydonining qalinlik bo‘yicha taqsimotini tanlash hal qiluvchi omil ekani ko‘rsatiladi.*

Kalit so‘zlar: *sendvich plastinka, termoelastiklik, ko‘ndalang siljish, ko‘ndalang normal deformatsiya, kvazi-3D nazariya, HSDT.*

Abstract. *The paper reviews the development of theories for sandwich plates under thermal loads: exact three-dimensional thermoelasticity solutions, higher-order two-dimensional theories accounting for transverse shear and normal deformations, and quasi-3D hybrid theories. The approaches are compared in terms of accuracy, computational cost and range of applicability. It is shown that the choice of the through-thickness temperature distribution is a decisive factor for the correct prediction of transverse stresses.*

Keywords: *sandwich plate, thermoelasticity, transverse shear, transverse normal strain, quasi-3D theory, HSDT.*

Kirish. Sendvich plastinka ikki yupqa, bikr qoplama va ular orasidagi yengil, nisbatan yumshoq o‘zakdan iborat. Bunday tuzilma kichik massada yuqori egilish bikrligini ta’minlagani uchun aviatsiya, kosmik texnika, kemasozlik va qurilishda keng qo‘llaniladi. Biroq qatlamlarning elastik va issiqlik xossalari qalinlik bo‘yicha keskin farq qiladi, natijada harorat yuklari ostida ko‘ndalang siljish va ko‘ndalang normal deformatsiyalar sezilarli bo‘ladi. Kirxgof–Lyav klassik nazariyasi va birinchi tartibli siljish nazariyasi (FSDT) bu effektlarni yetarli darajada aks ettirmaydi. Sendvich konstruksiyalarning termoelastik masalalari, jumladan muvozanat tenglamalari, energetik usullar va gigrotermal yuklar ta’siri Vinson monografiyasida tizimli bayon etilgan [1].

Ishning maqsadi — termoelastik sendvich plastinkalarni hisoblash nazariyalarining rivojlanish yo‘nalishlarini tizimlashtirish va ularning aniqligini belgilovchi omillarni aniqlash.

Asosiy qism. Tahlil qilingan ishlarni uch bosqichga ajratish mumkin.

1. Uch o‘lchamli aniq yechimlar. Burton va Noor sharnirli tayangan sendvich panellar va silindrik qobiqlar uchun mexanik va harorat yuklari ta’sirida analitik 3D termoelastiklik yechimlarini olgan; bunda qoplamalarning har bir qatlami va o‘zak alohida uch o‘lchamli muhit sifatida modellashtirilgan [2]. Bu yechimlar 2D modellarning aniqligini baholashda etalon vazifasini o‘taydi va o‘zak uchun ekvivalent model parametrlarini tanlashga yordam beradi. Ammo ular oddiy geometriya va chegaraviy shartlar bilan cheklangan.

2. Yuqori tartibli 2D nazariyalar. Gendron va Tessler taklif qilgan {1,2}-tartibli termoelastik nazariyada tekislikdagi ko‘chishlar qalinlik bo‘yicha chiziqli, ko‘ndalang ko‘chish esa kvadratik approksimatsiya qilinadi; shu orqali ko‘ndalang siljish va ko‘ndalang normal deformatsiyalar hisobga olinadi [3]. Nazariya natijalari simmetrik sendvich panel uchun batafsil 3D chekli elementlar modeli bilan solishtirib tasdiqlangan.

3. Kvazi-3D nazariyalar. Mantari va Granados 5 va 6 noma’lumli kvazi-3D gibrid yuqori tartibli siljish deformatsiyasi nazariyalarini (HSDT) taklif qilgan [4, 5]. Ularda ko‘ndalang normal deformatsiya (qalinlik bo‘yicha cho‘zilish) hisobga olinadi, temperatura maydonining nochiziqli hadi esa siljish deformatsiyasining shakl funksiyasidan mustaqil tanlanadi. Boshqaruvchi tenglamalar virtual ishlar prinsipidan keltirib chiqarilgan va sharnirli tayangan plastinkalar uchun Navye usulida yechilgan. Natijalar ko‘ndalang siljish kuchlanishlari temperatura maydonining nochiziqli qismiga kuchli bog‘liqligini hamda turli HSDT lar bir xil masalada sezilarli farq qiluvchi natijalar berishini ko‘rsatdi.

Ko‘rib chiqilgan yondashuvlarning qiyosiy tavsifi 1-jadvalda keltirilgan.

Yondashuv	**Hisobga olinadigan effektlar**	**Aniqlik**	**Hisoblash xarajati**	**Asosiy cheklov**
3D aniq yechim [2]	Barcha kuchlanish komponentlari, har bir qatlam alohida	Etalon	Yuqori	Oddiy geometriya va tayanish shartlari
{1,2}-tartibli 2D [3]	Ko‘ndalang siljish va normal deformatsiya	Yuqori	O‘rtacha	Qalinlik bo‘yicha past tartibli approksimatsiya
Kvazi-3D HSDT [4, 5]	Siljish, cho‘zilish, nochiziqli temperatura hadi	3D ga yaqin	Past	Natija shakl funksiyasi va temperatura profiliga bog‘liq

1-jadval. Termoelastik sendvich plastinkalar nazariyalarining qiyosiy tavsifi

Xulosa. Tahlil quyidagilarni ko‘rsatdi: (1) 2D nazariyalarning aniqligi ko‘ndalang deformatsiyalar va temperatura maydoni qanday modellashtirilishiga

bog‘liq; (2) kvazi-3D nazariyalar noma’lumlar sonini kam oshirgan holda 3D yechimlarga yaqin natija beradi; (3) temperatura maydonining qalinlik bo‘yicha nochiziqli taqsimotini asosli tanlash, xususan uni issiqlik o‘tkazuvchanlik tenglamasidan aniqlash, hamda 2D nazariyalarni 3D yechimlar bilan tizimli taqqoslash keyingi tadqiqotlarning dolzarb vazifasi bo‘lib qolmoqda.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Vinson J.R. The Behavior of Sandwich Structures of Isotropic and Composite Materials. – Lancaster, PA: Technomic Publishing, 1999. – 378 p. (qayta nashr: Routledge, 2018. DOI: 10.1201/9780203737101).
2. Burton W.S., Noor A.K. Three-dimensional solutions for thermomechanical stresses in sandwich panels and shells // Journal of Engineering Mechanics. – 1994. – Vol. 120, No. 10. – P. 2044–2071.
3. Gendron G., Tessler A. A {1,2}-order thermoelastic theory for composite and sandwich plates and its validation // WIT Transactions on Engineering Sciences. – 1998. – Vol. 21.
4. Mantari J.L., Granados E.V. Thermoelastic analysis of advanced sandwich plates based on a new quasi-3D hybrid type HSDT with 5 unknowns // Composites Part B: Engineering. – 2015. – Vol. 69. – P. 317–334.
5. Mantari J.L., Granados E.V. Thermoelastic behavior of advanced composite sandwich plates by using a new 6 unknown quasi-3D hybrid type HSDT // Composite Structures. – 2015. – Vol. 126. – P. 132–144.