# QATTIQ JISMLARNING DEFORMATSIYALANISH JARAYONLARI VA KONSTRUKTIV ELEMENTLARNING MUSTAHKAMLIGINI BAHOLASH

**Abdullayev Olimjon Baxrillo o'g'li**
ISFT Institut Samarqand filiali
"Iqtisodiyot va xalqaro moliya boshqaruv" kafedrasi
E-pochta: abdullayevolimjon1606@gmail.com

**Annotatsiya.** Tezisda qattiq jismlarning tashqi yuklama ta'sirida deformatsiyalanishi, kuchlanish va nisbiy deformatsiya o'rtasidagi bog'lanish hamda konstruktiv elementlar mustahkamligini baholash mezonlari ko'rib chiqilgan. Kuchlanish-deformatsiya holatini baholashning yetti bosqichli algoritmi taklif etilgan. Cho'zilgan sterjen misolida po'lat va alyuminiy qotishmasi uchun bajarilgan hisob mustahkamlik sharti bajarilgan holda ham bikrlik sharti buzilishi mumkinligini ko'rsatgan.

**Kalit so'zlar:** qattiq jism, deformatsiya, kuchlanish, Guk qonuni, elastiklik moduli, mustahkamlik, bikrlik.

**Аннотация.** В тезисе рассмотрены деформирование твёрдых тел под действием внешних нагрузок, связь между напряжением и относительной деформацией, а также критерии оценки прочности конструктивных элементов. Предложен семиэтапный алгоритм оценки напряжённо-деформированного состояния. Расчёт растянутого стержня из стали и алюминиевого сплава показал, что условие жёсткости может нарушаться даже при выполнении условия прочности.

**Ключевые слова:** твёрдое тело, деформация, напряжение, закон Гука, модуль упругости, прочность, жёсткость.

**Abstract.** The paper considers the deformation of solids under external loads, the relationship between stress and strain, and the criteria for assessing the strength of structural elements. A seven-step algorithm for evaluating the stress-strain state is proposed. A calculation for a steel and an aluminium alloy rod in tension shows that the stiffness condition may be violated even when the strength condition is satisfied.

**Keywords:** solid body, deformation, stress, Hooke's law, modulus of elasticity, strength, stiffness.

Muhandislik inshootlari, mashina va mexanizmlarning xavfsiz ishlashi konstruktiv elementlarning tashqi yuklama ta'siridagi holatini to'g'ri baholashga bog'liq. Yuklama ta'sirida jismda ichki kuchlar va kuchlanishlar paydo bo'ladi, uning shakli va o'lchamlari o'zgaradi. Amaliyotda element ko'pincha faqat kuchlanish bo'yicha tekshiriladi, ammo ruxsat etilgan chegaradan oshgan deformatsiya ham konstruksiyaning normal ishlashini buzishi mumkin. Shu sababli mustahkamlik va bikrlik mezonlarini yagona hisoblash ketma-ketligida birgalikda qo'llash dolzarb masala hisoblanadi.



© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

Tadqiqot maqsadi – qattiq jismlar deformatsiyasining asosiy qonuniyatlarini umumlashtirish va konstruktiv elementlarning mustahkamligi hamda bikrligini birgalikda baholash algoritmini ishlab chiqish.

Elastiklik nazariyasiga oid klassik adabiyotlarda kuchlanish va deformatsiya maydonlari muvozanat tenglamalari, materialning fizik qonunlari va chegaraviy shartlar orqali ifodalanadi. S.P. Timoshenko va J.N. Gudyer bir va ikki o'qli kuchlanish holatlari hamda egilish masalalarini yechish asoslarini bayon etgan [1]. S.P. Timoshenko va S. Voynovskiy-Kriger plastinka va qobiqlarning yuklama ostidagi egilishini tadqiq qilgan [2]. Dj. Gir va B. Gudno [3], shuningdek F. Bir va hammualliflar [4] materiallar qarshiligi kursida elementlarni mustahkamlik va bikrlikka hisoblashni alohida shartlar sifatida ko'rib chiqadi. Ushbu ishlar konstruktiv elementni hisoblashda material xususiyatlari va geometriyani birgalikda hisobga olish zarurligini ko'rsatadi.

Tadqiqotda elastiklik nazariyasi va materiallar qarshiligining analitik usullari, qiyosiy tahlil hamda sonli hisob usulidan foydalanildi. Material xususiyatlari me'yoriy hujjat [5] va ma'lumotnoma [6] asosida qabul qilindi.

Deformatsiya – jismning tashqi ta'sir natijasida shakli yoki o'lchamlarining o'zgarishi. Elastik deformatsiya yuklama olib tashlanganda yo'qoladi, plastik deformatsiya esa qoldiq o'zgarishlarni keltirib chiqaradi. Bir o'qli cho'zilish yoki siqilishda normal kuchlanish va nisbiy chiziqli deformatsiya quyidagicha aniqlanadi:

$$\sigma = F / A, \qquad \varepsilon = \Delta L / L_0 \tag{1}$$

bu yerda $\sigma$ – normal kuchlanish, MPa; F – kesimga ta'sir etuvchi bo'ylama kuch, N; A – ko'ndalang kesim yuzasi, mm²; $\Delta L$ – uzunlik o'zgarishi, mm; $L_0$ – boshlang'ich uzunlik, mm. Chiziqli elastik material uchun kuchlanish va deformatsiya Guk qonuni bilan bog'lanadi [1]:

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \tag{2}$$

bu yerda E – materialning elastiklik moduli, MPa. (2) munosabat faqat materialning chiziqli elastik ishlash sohasida, ya'ni kuchlanish proporsionallik chegarasidan oshmaganda o'rinli. Elementning mustahkamlik va bikrlik shartlari quyidagicha yoziladi:

$$\sigma_{max} \le [\sigma] = \sigma_T / n, \qquad \Delta L \le [\Delta L] \tag{3}$$

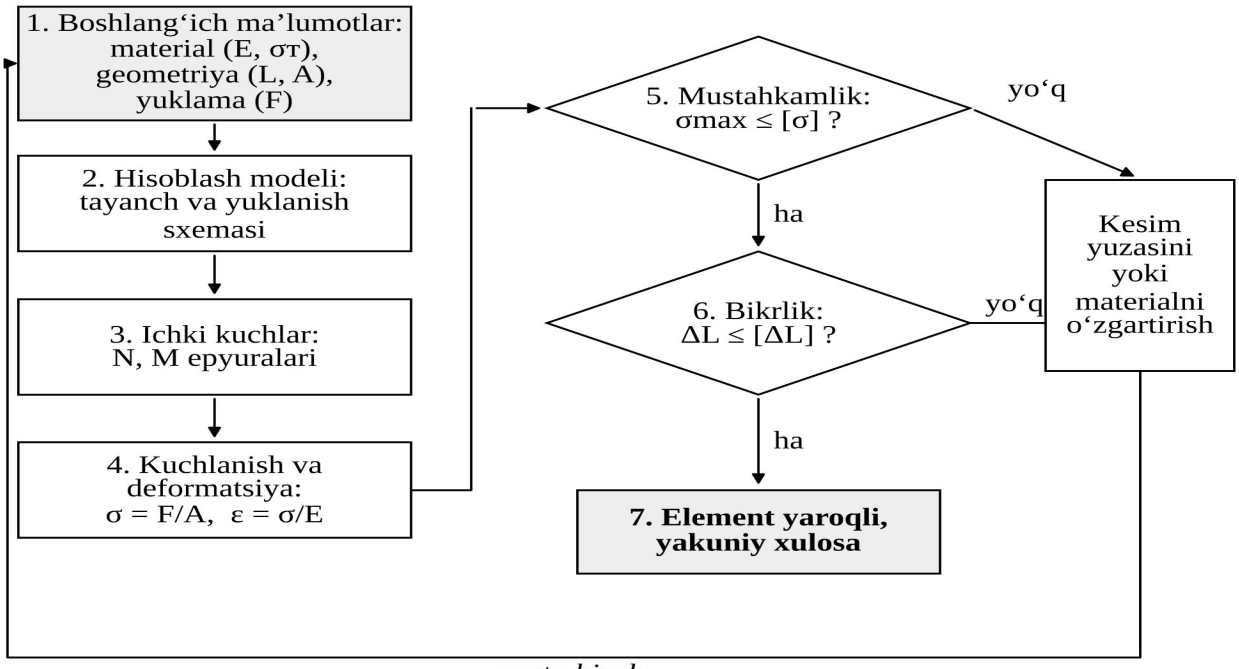
bu yerda $\sigma_{max}$ – hisoblangan maksimal kuchlanish; $\sigma_T$ – materialning oquvchanlik chegarasi; n – zaxira koeffitsiyenti; $[\Delta L]$ – foydalanish talablari bo'yicha ruxsat etilgan uzayish.

Mustahkamlik va bikrlik shartlarini birgalikda tekshirish uchun konstruktiv elementning kuchlanish-deformatsiya holatini baholash ketma-ketligi ishlab chiqildi (1-rasm). Unda hisob natijasi ikki shartdan birortasi bajarilmagan taqdirda kesim yoki material o'zgartirilib, hisob qayta bajariladi.

1-rasmda keltirilgan algoritmning o'ziga xosligi shundaki, unda mustahkamlik (5-blok) va bikrlik (6-blok) ketma-ket tekshiriladi va element ikkala shart bajarilgandagina yaroqli deb topiladi. Boshlang'ich ma'lumotlar (1-blok) va hisoblash modeli (2-blok) ichki kuchlarni (3-blok), ichki kuchlar esa (1) va (2) formulalar bo'yicha kuchlanish va deformatsiyani (4-blok) aniqlash imkonini beradi. Shartlardan biri bajarilmasa, qayta hisob halqasi orqali kesim yuzasi yoki material o'zgartiriladi.



© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.




**1-rasm. Konstruktiv elementning kuchlanish-deformatsiya holatini baholash algoritmi**

Algoritmni sinash maqsadida uzunligi $L_0$ = 2000 mm bo'lgan, F = 50 kN bo'ylama kuch bilan cho'zilgan, doiraviy kesimli sterjen hisoblandi. Ikki material ko'rib chiqildi: S235 markali po'lat (E = 210 000 MPa, $\sigma_т$ = 235 MPa [5]) va 6061-T6 alyuminiy qotishmasi (E = 68 900 MPa, $\sigma_т$ = 276 MPa [6]). Zaxira koeffitsiyenti n = 1,5, ruxsat etilgan uzayish esa $[\Delta L] = L_0/1000$ = 2,0 mm deb qabul qilindi. Hisob natijalari 1-jadvalda keltirilgan.

**1-jadval**

**Cho'zilgan sterjenni mustahkamlik va bikrlikka hisoblash natijalari (F = 50 kN, $L_0$ = 2000 mm)**

| Material | d, mm | A, mm² | σ, MPa | [σ], MPa | ε·10⁴ | Δ L, mm | Mustah-kamlik | Bikrlik |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| S235 po'lat | 20 | 314,16 | 159,2 | 156,7 | 77,58 | 1,52 | bajarilmaydi | bajariladi |
| 6061-T6 qotishma | 20 | 314,16 | 159,2 | 184,0 | 23,10 | 4,62 | bajariladi | bajarilmaydi |
| S235 po'lat | 22 | 380,13 | 131,5 | 156,7 | 66,26 | 1,25 | bajariladi | bajariladi |
| 6061-T6 qotishma | 22 | 380,13 | 131,5 | 184,0 | 19,09 | 3,82 | bajariladi | bajarilmaydi |

1-jadval ma'lumotlari mustahkamlik va bikrlik shartlari bir-biriga bog'liq bo'lmagan holda buzilishi mumkinligini ko'rsatadi. d = 20 mm bo'lganda po'lat sterjenda kuchlanish ruxsat etilgan



© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

qiymatdan 1,6 foizga oshadi (159,2 > 156,7 MPa), uzayish esa me'yor ichida qoladi. Xuddi shu kesimdagi alyuminiy qotishmasi esa mustahkamlik shartini qanoatlantiradi (kuchlanish ruxsat etilgan qiymatdan 13,5 foiz past), biroq elastiklik moduli po'latnikidan 3,05 marta kichik bo'lgani uchun uning uzayishi 4,62 mm ni tashkil etib, ruxsat etilgan qiymatdan 2,3 marta oshadi. Diametr 22 mm gacha kattalashtirilganda po'lat sterjen ikkala shartni ham qanoatlantiradi, alyuminiy sterjenda esa bikrlik sharti hamon bajarilmaydi. Demak, elastiklik moduli past bo'lgan materiallar uchun kesim o'lchami mustahkamlik emas, balki bikrlik sharti bo'yicha aniqlanadi.

**Xulosa va takliflar.** Kuchlanish, nisbiy deformatsiya va elastiklik moduli orasidagi bog'lanishlar konstruktiv elementning mexanik holatini tavsiflash imkonini beradi, biroq ular faqat tegishli material modeli va yuklanish shartlarida qo'llanilishi lozim. Bajarilgan hisob mustahkamlik sharti bajarilgan holda ham bikrlik sharti buzilishi mumkinligini miqdoriy jihatdan tasdiqladi. Tadqiqot natijalari asosida quyidagi takliflar ishlab chiqildi:

1. Konstruktiv elementlarni loyihalashda 1-rasmda keltirilgan algoritm bo'yicha mustahkamlik va bikrlik shartlarini majburiy ravishda birgalikda tekshirish tavsiya etiladi.

2. Elastiklik moduli past bo'lgan materiallardan (alyuminiy qotishmalari, polimer kompozitlar) tayyorlanadigan elementlarda dastlabki kesim o'lchamini bikrlik sharti bo'yicha tanlash, so'ngra mustahkamlikka tekshirish maqsadga muvofiq. Bu hisob takrorlanishlar sonini qisqartiradi.

3. Algoritmni egilish, buralish va murakkab kuchlanish holatlariga kengaytirish hamda chekli elementlar usuli bilan birgalikda qo'llash keyingi tadqiqotlarning yo'nalishi hisoblanadi.

**Foydalanilgan adabiyotlar**

1. Timoshenko S.P., Goodier J.N. Theory of Elasticity. 3rd ed. – New York: McGraw-Hill, 1970. – 567 p.
2. Timoshenko S.P., Woinowsky-Krieger S. Theory of Plates and Shells. 2nd ed. – New York: McGraw-Hill, 1959. – 580 p.
3. Gere J.M., Goodno B.J. Mechanics of Materials. 8th ed. – Stamford: Cengage Learning, 2013. – 1118 p.
4. Beer F.P., Johnston E.R., DeWolf J.T., Mazurek D.F. Mechanics of Materials. 8th ed. – New York: McGraw-Hill Education, 2020. – 896 p.
5. EN 1993-1-1:2005. Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-1: General rules and rules for buildings. – Brussels: CEN, 2005.
6. ASM Handbook. Vol. 2: Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials. – Materials Park, OH: ASM International, 1990. – 1328 p.



© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.