

Дәріс №5

Кернеулер мен деформациялар. Жүктеудегі бір осьтік және екі осьтік кернеулі күйлер жағдайындағы материалдың күйін зерттеу. Ішкі күш факторлары мен кернеулер арасындағы тәуелділік.

Ішкі күштерді анықтау арқылы бөлшектердің немесе конструкциялардың беріктігін білу қиын, себебі олардың беріктігі қима мөлшеріне байланысты болады. Сондықтан денелердің беріктігін бағалау үшін кернеу деген ұғым енгізілген. Ішкі күштерді өте кішкентай ауданшаға түсірілген элементар күштердің жиынтығы ретінде қарастыруға болады. Енді қиылған дененің бір бөлігін алып, оны өте кішкене аудандарға бөліп қарастырайық (1 сурет). Осы ауданға бір ΔF күші әсер етсін, олар қима ауданының орналасуына қарағанда әр түрлі бағытта әсер етуі мүмкін. Элементар қима ауданын шексіз кішірейтсек, онда ол нүктеге айналады да, нүктедегі кернеу сол нүктенің *толық кернеуі* деп аталады:

$$p_n = \lim_{\Delta A \rightarrow 0} \frac{\Delta F}{\Delta A}$$

Бұл кернеуді координат осьтері бойымен жіктеуге болады (2, б сурет). Қима ауданына перпендикуляр кернеу *тік кернеу* σ , қима ауданының бетінде жататын кернеу *жанама кернеу* τ деп аталады.

Кернеулердің өлшем бірлігі Н/м², кН/м², МПа. Тік кернеу қима ауданына тік түсетін жазықтықта, ал жанама кернеу қима ауданы арқылы өтетін жазықтықта жатады. Тік кернеу дене бөлшектерін біріне-бірін қысу немесе ажырату күштерінен пайда болса, жанама кернеу дене бөлшектерін ығыстыру, кесу немесе бұрау күштерінен пайда болады.

Деформацияның негізгі түрлері. Денеге сыртқы күштер әсер еткен кездегі оның пішінінің өзгеру, қасиетін *деформация* деп атаймыз.

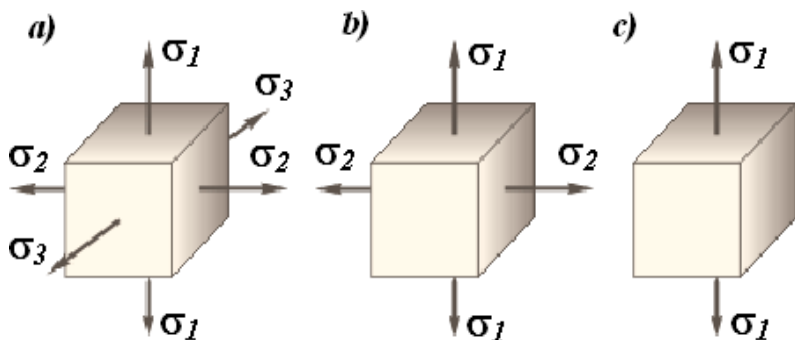
Сыртқы күштердің әсерінен бөлшектерде, денелерде күрделі деформациялар (майысу) пайда болады және сол күрделі деформацияны әр түрлі негізгі деформацияның жинағы ретінде қарастыруға болады. Ол негізгі деформацияларға созылу, сығылу, ығысу (кесілу), бұралу және иілу жатады.

Іс жүзінде аталған деформациялар жиі қабаттасып кездеседі. Мысалы, машина біліктерінде иілу және бұралу деформациясы пайда болса, тартылып бұралған болаттарда созылу және бұралу немесе ығысу мен бұралу деформациялары пайда болады.

Сондай-ақ, аты аталған деформациялар серпімді және пластикалы (қалдық) болып екіге бөлінеді. Егер сыртқы күшті алып тастағанда дене бұрынғы қалпына қайтып келсе (күш түспей тұрған қалпына), онда мұнда серпімді деформация пайда болғаны. Ал егер дене майысып, өзінің бұрынғы пішінін өзгертетін болса, онда ол қалдық деформация алған болып саналады.

Нүктеден өтетін сан алуан жазықтықтағы тік және жанама кернеулердің жиынтығы нүктенің кернеулі күйін сипаттайды.

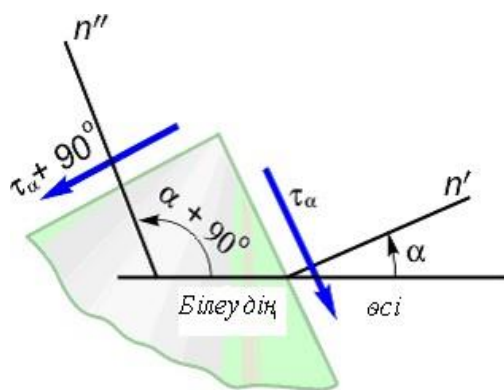
Әр уақытта нүктенің айналысынан жазықтық аудандарындағы жанама кернеулері нөлге тең куб тәрізді элемент бөліп алуға болады. Жанама кернеулері нөлге тең аудандары бас аудандар деп, ал онда әсер етуші тік кернеулерді бас кернеулер деп атайды.



1 - сурет

Бас кернеулер – берілген нүктенің кернеулі күйін сипаттайтын тұрақты шамалар. Олар шамалары мен таңбаларына байланысты ең үлкен мәні σ_1 , орташа σ_2 , ең кішісі σ_3 арқылы белгіленеді, яғни бас кернеулер арасында мынадай байланыс бар: $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$. Бас кернеулерінің үшеуі де нөлден айырықша болатын нүктенің кернеулі күйі көлемді кернеулі күй деп аталады. (1,а-сурет), егер екі бас

кернеуі нөлден айырықша болса, екі осьтік немесе жазық кернеулі күй делінеді (1,б- сурет). Нүктенің бір ғана бас кернеуі нөлге тең болмайтын кернеулі күйі, бір осьтік немесе сызықтық кернеулі күй деп аталады. (1,с-сурет).

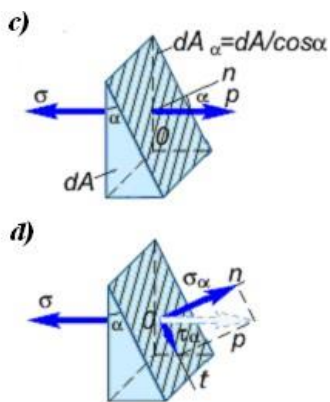
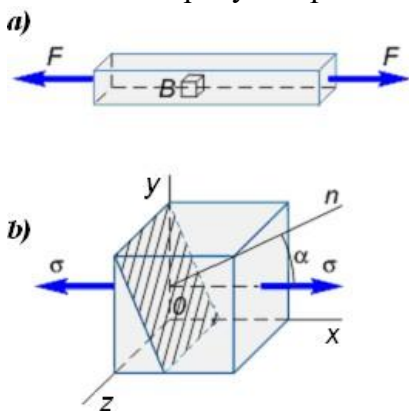


Өзара перпендикуляр көлбеу қималарға әсер ететін жанама кернеулер шамасы жағынан тең, ал бағыттары жағынан қарама-қарсы болады (2-сурет).

Бұл тұжырым кернеудің жұптық заңдылығы деп аталады:

$$\tau_{\alpha} = -\tau_{\alpha+90^{\circ}} \quad (1)$$

Сызықтық кернеулі күйінде



(3-сурет) көлденең қимамен α - бұрышын жасайтын көлбеу қимадағы кернеу төмендегі формуламен анықталады:

$$\sigma_{\alpha} = \sigma \cos^2 \alpha; \quad (2)$$

$$\tau_{\alpha} = -\frac{\sigma}{2} \sin 2\alpha,$$

мұндағы σ - көлденең қимадағы тік кернеу.

Жазық кернеулі күйінде (4-

3 - сурет

сурет) α және $\beta = \alpha + 90^{\circ}$

бұрышына бұрылған аудандардағы кернеулер келесі өрнектермен есептелінеді:

$$\sigma_{\alpha} = \sigma_1 \cos^2 \alpha + \sigma_2 \sin^2 \alpha,$$

$$\tau_{\alpha} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \sin 2\alpha,$$

2

(3)

$$\sigma_{\beta} = \sigma_1 \sin^2 \alpha + \sigma_2 \cos^2 \alpha,$$

$$\tau_{\beta} = -\frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \sin 2\alpha.$$

2

Жанама кернеу ең үлкен мәніне $\alpha = 45^{\circ}$ болғанда

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{2} \quad (4)$$

Нүктенің жазық кернеулі күйдегі бас кернеулерді (5-сурет) төмендегі формулалармен анықтасақ

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau_{xy}^2}, \quad (5)$$

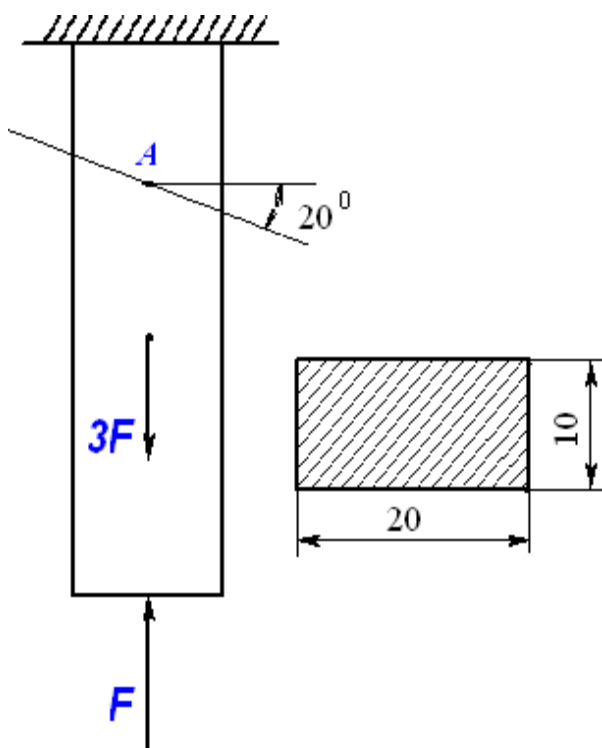
онда бас аудандарының бағыты келесі өрнек бойынша табылады

$$tg2\alpha = \frac{2\tau_{xy}}{\sigma_x - \sigma_y} \quad (6)$$

$\sigma_x - \sigma_y$

1-мысал. Егер көлбеу I-I қимасындағы A нүктесінің тік кернеуі $65MPa$

болса, онда білеуге әсер ететін F күшінің шамасы қандай (6-сурет)?



6 - сурет

Шешуі: Білеудің A нүктесінен өтетін көлденең қимадағы бойлық күш қию тәсілі бойынша $N_A = 3F - F = 2F$.

Тік кернеу мен бойлық күштің арасындағы қатынастан

$$N_A = \sigma_A \cdot A.$$

Осы қимадағы тік кернеудің шамасын (2) формуласынан табуға болады:

$$\frac{\sigma_\alpha}{\cos^2 \alpha}$$

Сан мәндерін қойсақ

$$\frac{65}{\cos^2 20^\circ} = 73,61 MPa. \quad \text{Егер}$$

қиманың ауданы $A = 2cm^2 = 2 \cdot 10^{-4} m^2$ болса, онда

$$\frac{73,61 \cdot 2 \cdot 10^{-4}}{2} = 7,361 kH.$$

2 - мысал. Басты кернеулері белгілі жазық кернеулі күйдегі элементтің көлбеу ауданындағы кернеулерді анықтаңыз. $\alpha = 30^\circ, \sigma_1 = 80MPa, \sigma_2 = 30MPa$ (7

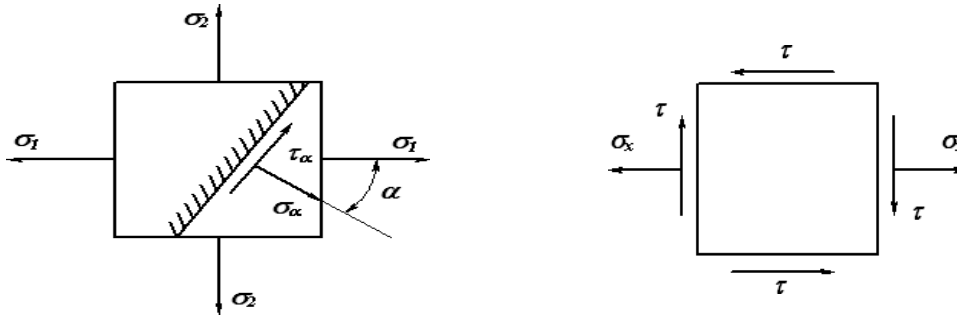
- сурет).

Шешуі: Көлбеу аудандағы белгілі жазық кернеулерді (3) формулаларымен анықтаймыз:

2

$$\sigma_{\alpha} = 80 \cdot \cos^2 30^{\circ} + 30 \sin^2 30^{\circ} = 67,5 \text{ МПа};$$

$$\tau_{\alpha} = \frac{80 - 30}{2} \sin 60^{\circ} = 21,65 \text{ МПа}.$$



7 - сурет

3 - мысал. Берілген кернеулі күйдегі элементтің (8-сурет) бас кернеулері мен ең үлкен жанама кернеуін табыңыз. $\sigma_x = 80 \text{ МПа}$, $\tau = 50 \text{ МПа}$.

Шешуі: Бас кернеулерді табу үшін (5) формуланы пайдаланамыз:

$$\sigma_y = 0;$$

$$\frac{\sigma}{2} = \frac{-80}{2} \pm \sqrt{1 \cdot 80^2 + 4 \cdot 50^2} = -40 \pm 64,03.$$

а
х
м
і
н

Бас кернеулердің арасындағы $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$ қатынасына сүйене отырып

$$\sigma_1 = 24,03 \text{ МПа}; \quad \sigma_2 = 0; \quad \sigma_3 = -104,03 \text{ МПа}.$$