

**Дәріс №12**

**Дөңгелек қималы біліктің бұралу кезіндегі жанама кернеуді анықтау үшін формулалар.  
Иілу мен бұралу. Есептер шешу әдістемесі.**

Біліктің иілу кезінде, олардың қимасында қандай ішкі көлденең күштер мен моменттер болатыны анықталады, осы иілу кезінде пайда болатын кернеулерді қарастырайық. Біліктің иілген бір бөлігін алып (1 сурет), одан элементар өте кішкене бұрышпен ( $d\varphi$ ) шектелген бөлігінің деформациясын анықтайық. Бейтарап осінің ұзындығын  $S$  деп алсақ, онда оның үстіңгі  $m - n$  бойлық қимасында алынған талшығы  $S_I$  шамасына созылады. Абсолюттік созылу  $\Delta S = S_I - S$ , ал салыстырмалы созылу  $\varepsilon = \frac{\Delta S}{S}$  болады.

$S$

Егер қима квадрат немесе дөңгелек пішінді болса, онда оның жоғарғы талшықтары (бейтарап осінен жоғары) созылып, төменгілері сол шамаға сығылады да қалыпты кернеулер мөлшері жағынан бірдей болады (1 сурет). Бейтарап осіне дейінгі қашықтықты  $\rho$  деп белгілесек,  $d\varphi$  бұрышының өте кішкене екенін пайдаланып былай жазуға болады:

$$S = \rho d\varphi, \quad S_I = (\rho + y) d\varphi.$$

Салыстырмалы ұзару

$$\varepsilon = \frac{\Delta S}{S} = \frac{(\rho + y)d\varphi - \rho d\varphi}{\rho d\varphi} = \frac{y}{\rho}, \quad \varepsilon = \frac{y}{\rho}.$$

Талшықтардың салыстырмалы ұзаруы олардың бейтарап осіне дейінгі қашықтығына тікелей байланысты болады.

Ал енді қалыпты кернеудің шамасы Гук заңы бойынша:  $\sigma = E\varepsilon$  немесе  $\sigma = E \frac{y}{\rho}$ . Қалыпты кернеу де бейтарап осіне дейінгі қашықтыққа тікелей

байланысты.

Статиканың тепе-теңдік жағдайынан осы күштерден пайда болған күш моменттерінің қосындысы сыртқы моментке тең:

$$\int_A \sigma dA y = M \quad \text{немесе} \quad M = \frac{E}{\rho} \int_A y^2 dA$$

Интеграл астындағы өрнек өиманың инерция моментін анықтайды

$$M = \frac{E}{\rho} I,$$

мұндағы  $I$  – қиманың инерция моменті;  $\rho$  - иілу радиусы;  $E$  – материалдың серпімділік модулі. Осы өрнектен иілудегі деформация мәнін анықтауымызға болады:

$$\frac{1}{\rho} = \frac{M}{EI}$$

Ал енді қалыпты кернеуді анықтасақ

$$\sigma = E \frac{y}{\rho} = \frac{EM}{EI} y = \frac{My}{I}, \text{ яғни } \sigma = M \frac{y}{I}$$

мұндағы  $y$  – жоғарыда көрсетілген қимадағы кернеу анықталатын нүкте мен бейтарап осінің ара қашықтығы. Кернеудің шамасы осы қашықтыққа тікелей байланысты және оның ең жоғарғы шамасы бейтарап осінен ең қашық шеткі нүктесінде болады.

$$\sigma_{\max} = \frac{M}{I} y_{\max}$$

Иілу моментінің жоғарғы мәні максимал моменттер эпюрінен анықталады. Иілу кезінде біліктер қимасында (талшықтар арасында) аздаған жанама кернеу де пайда болады. Оның шамасы Д.И. Журавский формуласымен анықталады:

$$\tau = \frac{QS}{Ib}$$

мұндағы  $Q$  – көлденең күш;  $I$  – қима ауданының инерция моменті;  $S$  – қима ауданының статикалық момент кедергісі;  $b$  – біліктің көлденең қимасының ені.

*Иіліп бұралу.* Машина қозғалтқыштарының қуаты, білікке тісті дөңгелекті, ременьді, шынжырлы т.с.с. берілістер арқылы беріледі. Беріліс кезінде білікке сыртқы айландырушы моментпен қатар шеңберлік, көлденең күштер, кейде центрден тыс бойлық күштер, шкивтің, тісті дөңгелектердің салмақтары әсер етеді. Сыртқы күштер мен моменттердің әсерінен білік иіліп бұралып деформацияланады. Көлденең қималарында  $N_z$ ,  $Q_x$ ,  $Q_y$ ,  $M_x$ ,  $M_y$ ,  $M_z$  ішкі факторлары пайда болады. Ішкі  $N_z$ ,  $Q_x$ ,  $Q_y$  күштерінің білікке әсерлері, моменттердің әсерлеріне қарағанда мардымсыз болғандықтан, көп жағдайларда ескерілмейді.

Қауіпті қимадағы қорытынды ию моменті  $M = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}$ . Қауіпті қимадағы бейтарап сызықтың орнын табу үшін, моменттердің векторлық диаграммасы құрылады. Қорытынды моменттің әсер ету сызығы қорытынды векторға перпендикуляр бағытта өтетіндіктен, бейтарап ось қорытынды векторға перпендикуляр бағытта өтетіндіктен, бейтарап ось қорытынды вектордың бойында жатады.

Бейтарап осьтен ең үлкен ара қашықтықта жатқан А, В қауіпті нүктелеріндегі кернеулерді суперпозиция принципіне сүйеніп келесі формулалармен анықтаймыз.

$$\sigma_z = \frac{\sqrt{M_x^2 + M_y^2}}{W_x}$$

$$\tau = \frac{M_\sigma}{W_\rho}$$

Қауіпті А нүктесінің жанынан бөліп алынған шексіз кіші элемент, тік және жанама кернеулердің әсерінен жазық кернеулі күйде болады. Бұл элемент үшін басты кернеулер, келесі формуламен анықталады:

$$\sigma_{\max/\min} = \frac{1}{2} \left( \sigma_z \pm \sqrt{\sigma_z^2 + 4\tau^2} \right).$$

Біліктің беріктігін тексеру үшін, үшінші беріктік теориясын пайдаланайық.

$$\sigma_{эквIII} = \sigma_1 - \sigma_3 \leq [\sigma]$$

Басты кернеулердің мәндерін орындарына қойып, беріктік шартын келесі түрде жазуға болады:

$$\sigma_{эквIII} \sqrt{\sigma_z^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma]$$