

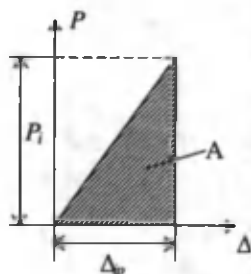
бунда  $dP_i$ ,  $d\Delta_{iP}$  - иккинчи тартибли чексиз кичик миқдор бўлганлиги учун ҳисобга олмаса ҳам бўлади.

У ҳолда

$$dA = P_i d\Delta_{iP} = \alpha P_i dP_i \quad \text{бўлади.}$$

Бу ифодани интеграллаб,  $P_i$  кучнинг ба-  
жарган тўла ишини аниқлаймиз:

$$A = \alpha \int_0^{P_i} P_i dP_i = \frac{\alpha P_i^2}{2} = \frac{P_i \Delta_{iP}}{2}, \quad A = \frac{P_i \Delta_{iP}}{2}. \quad (7.2)$$



7.4-расм

Шундай қилиб, ташқи кучнинг ҳақиқий  
бажарган иши шу кучни, унинг йўналиши  
бўйича ҳосил бўлган кўчиш миқдорига  
кўпайтмасининг ярмига тенг (7.4-расм).

Агар системага момент  $M$  қўйилган бўлса (7.5-расм), унинг  
бажарган иши қўйидаги формула орқали аниқланади:

$$A = \frac{M \cdot \varphi}{2}, \quad (7.3)$$

бунда  $\varphi$  — момент қўйилган  
кўндаланг кесимнинг бурилиш  
бурчаги.



7.5-расм

### 7.3. Ички кучларнинг бажарган иши

Ҳар қандай эластик системада ташқи юклар таъсиридан  
унинг кўндаланг кесимларида ички зўриқиш кучлари  $M$ ,  $Q$ ,  $N$   
ва деформациялар ҳосил бўлади.

Ташқи кучлар таъсиридаги эластик балкадан (7.6-расм, а)  
чексиз кичик  $dx$  узунликдаги бўлакчани ажратиб олиб (7.6-  
расм, б), уни текшираемиз. Бу элементнинг чап ва ўнг томонла-  
ридаги ташлаб юборилган қисмларнинг таъсирини ички  
зўриқиш кучлари: эгувчи момент  $M_x$ , кўндаланг куч  $Q_x$  ва  
бўйлама куч  $N_x$  билан алмаштираемиз. Бу ҳолда ички  
зўриқишлар  $M_x$ ,  $Q_x$  ва  $N_x$  бутун стерженга нисбатан ички  
кучлар бўлади. Лекин ажратилган элементга нисбатан улар  
ташқи кучлар вазифасини ўтайди. Ички зўриқиш кучлари аж-  
ратиб олинган элементнинг тегишли деформацияларида ба-  
жарган элементар ишини аниқлаймиз.

1. Бўйлама  $N$  куч таъсирида узунлиги  $dx$  элементни текшира-  
 миз. Элементнинг чап томонидаги кесимни қўзғалмас қилиб  
 маҳкамлаб, унинг ўнг томонига бўйлама куч таъсир эттирамиз  
 (7.6-расм, в).

(7.2) га асосан

$$dW_N = \frac{N \cdot \Delta dx}{2}$$

Гук қонунига биноан

$$\Delta dx = \frac{N \cdot dx}{EF}$$

бунда  $EF$  - стержен кўндаланг кесимининг чўзилиш ва сиқилишдаги бикрлиги.

У ҳолда бўйлама кучнинг  $dx$  элемент деформацияланишида бажарган иши

$$dW_N = \frac{N^2 \cdot dx}{2EF} \quad (7.4)$$

2. Эгувчи моментнинг бажарган ишини қараймиз (7.6-расм, г):

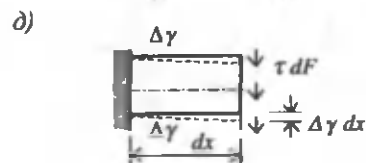
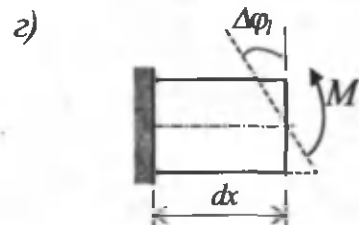
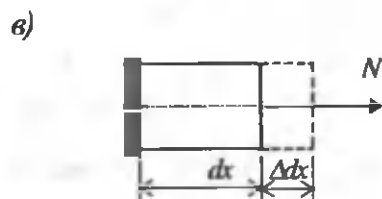
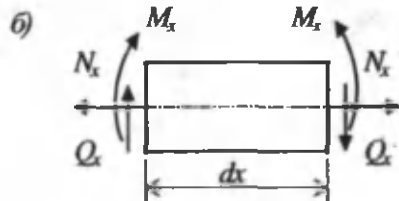
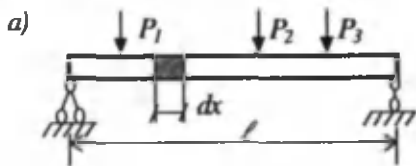
$$\Delta \varphi = \frac{M \cdot dx}{EI}$$

бунда  $EI$ -стержен кўндаланг кесимининг эгилишдаги бикрлиги.

(7.2) га асосан эгувчи моментнинг  $dx$  элемент деформацияланишида бажарган элементар иши

$$dW_M = \frac{M^2 \cdot dx}{2EI} \quad (7.5)$$

3. Кўндаланг куч  $Q$  нинг бажарган ишини қараймиз.



7.6-расм

Элементнинг чап қисмини маҳкамлаб, унинг ўнг қисмидаги  $dF$  юзага уринма зўриқиш куч  $\tau \cdot dF$  ни таъсир эттирамиз (7.6-расм, д). У ҳолда

$Q = \int_F \tau dF$  бўлади. Д.И.Журавский формуласига асосан

$$\tau = \frac{QS_z}{I_z \sigma_z},$$

бунда  $S_z$  - статик момент,  $\sigma_z$  - кўндаланг кесимнинг эни.

$\tau \cdot dF$  уринма зўриқишлар таъсирида элементнинг чекка қисмлари бир-бирига нисбатан  $\gamma dx = \frac{\tau}{G} dx$  миқдорга силжийди.

$Q$  зўриқишнинг бу кўчишда бажарган ишини (7.2) га асосан:

$$dW_Q = \int_F \frac{\tau dF \cdot \gamma dx}{2} = \int_F \frac{\tau^2 dF dx}{2G} = \frac{Q^2 dx}{2GI_z^2} \int_F \frac{S_z^2}{\sigma_z^2} dF$$

ёки

$$dW_Q = \eta \cdot \frac{Q^2 \cdot dx}{2GF}, \quad (7.6)$$

бунда  $\eta = \frac{F}{I_z^2} \int_F \frac{S_z^2}{\sigma_z^2} dF$ ,  $\eta$  - стержен кўндаланг кесимининг шаклига боғлиқ бўлган коэффициент. Масалан, тўғри тўртбурчак учун  $\eta = 1.2$ ; доира учун  $\eta = 1.18$  га тенг.

Шундай қилиб, элемент ички зўриқиш кучларининг бажарган элементар тўла иши

$$dW = dW_N + dW_M + dW_Q = \frac{N^2 dx}{2EF} + \frac{M^2 dx}{2EI} + \frac{Q^2 dx}{2GF} \eta.$$

Стерженларнинг барча қисмлари бўйича ички зўриқишларнинг бажарган тўла ҳақиқий иши

$$W = \sum_{i=1}^n \int_0^l \frac{M_i^2 dx}{2EI} + \sum_{i=1}^n \int_0^l \frac{N_i^2 dx}{2EF} + \sum_{i=1}^n \eta \int_0^l \frac{Q_i^2 dx}{2GF}. \quad (7.7)$$