

### 3 ЦЕНТРЛІК СОЗЫЛУ ЖӘНЕ СЫҒЫЛУ

#### 3.4 Созылған (сығылған) брустарды беріктікке есептеу

Созылу (сығылу) кезіндегі беріктікке есептеу үшін, оның көлеміндегі ең үлкен тік кернеуді материалының мүмкіндік кернеуімен салыстырады

$$\sigma_{\max} = \frac{N_{\max}}{A} \leq [\sigma] \quad (3.15)$$

мұндағы  $[\sigma]$  – мүмкіндік кернеу. Бұл теңсіздік **беріктік шарты** деп аталады.

Беріктік шартына сүйеніп, бірқатар инженерлік маңызды мәселелер шешіледі, яғни төмендегідей есептер қарастырылады:

1. **Сырықтың (брустың) беріктігін тексеру** (тексеру есебі). Бұл жағдайда беріктік шарты келесі формуламен өрнектеледі:

$$\sigma_{\max} \leq [\sigma], \quad (3.16)$$

мұндағы  $\sigma_{\max}$ ,  $N_{\max}$  - ең қауіпті қимадағы тік кернеу мен бойлық күш.

Ең үлкен тік кернеу мен мүмкіндік кернеудің арасындағы айырма 5%-дан кем, не артық болмауы тиіс. Ауытқу шамасы 5%-дан асса, сырық пластикалық деформацияға ұшырауы немесе қирап сыныуы мүмкін. Ауытқу шамасының 5%-дан кем болуы, элементті жасауға арналған материалдың артық шығындалғанын көрсетеді.

2. **Брустың көлденең қима өлшемдерін анықтау** (жобалау есебі). Материалдың мүмкіндік кернеуі, сыртқы күш шамасы белгілі болса, беріктік шартына сүйеніп брустың көлденең қима ауданын немесе оның өлшемдерін келесі теңсіздікпен анықтауға болады

$$A \leq [A] = \frac{N}{[\sigma]}. \quad (3.17)$$

3. **Брустың жүк көтеру қабілетін анықтау**. Көлденең қима өлшемдері мен материалдың мүмкіндік кернеуі белгілі болса, берілген сырықтың жүк көтеру қабілеті келесі теңсіздікпен анықталады

$$[N] \leq A[\sigma]. \quad (3.18)$$

Табылған  $[N]$  мәні бойынша шектік мүмкіндік сыртқы күшті  $[F]$  анықтайды. Ол үшін беріктік шарты:

$$F \leq [F]. \quad (3.19)$$

Мүмкіндік кернеу төменгі қатынас бойынша анықталады:

$$[\sigma] = \sigma_{\text{шек}} / n, \quad (3.20)$$

мұндағы  $\sigma_{\text{шек}}$  – шекті кернеу: пластикалық материалдар үшін -  $\sigma_{\text{шек}} = \sigma_A$ , ал морт үшін -  $\sigma_{\text{шек}} = \sigma_B$ ;  $n$  беріктік қордың шамасы мен  $[n]$  мүмкіндік (норматив) салыстыру шамасы машина құрылысының әрбір саласы үшін былайша анықталады:

$$n = \sigma_{\text{шек}} / \sigma_{\text{max}} \geq [n]. \quad (3.21)$$

Брусты есептегенде, беріктік шартымен қатар **қатандық** шарты да орындалуы тиіс. Созылған не сығылған брустың қатандық шартының түрі төмендегідей

$$\Delta l = \frac{N \cdot l}{E \cdot A} \leq [\Delta l] \quad (3.22)$$

мұндағы  $[\Delta l]$  - мүмкіндік абсолюттік ұзару (қысқару).

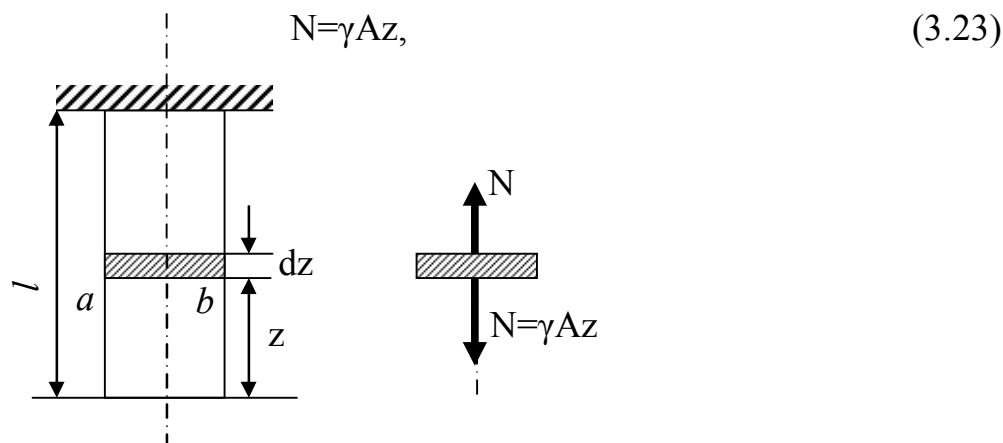
### 3.5 Денелердің салмағын есепке ала отырып кернеу мен деформацияны анықтау

Біз брустардың созылуы мен сығылуын қарастырғанымызда, оның салмағына онша көп көңіл аудармадық. Осы брус салмағының созылу мен сығылу кезіндегі кернеу мен деформацияның шамасына қалай әсер ететінін бағалау үшін, брус салмағының әсерінен пайда болатын кернеу шамасын анықтаймыз. Енді 3.4-суретте көрсетілген брусты қарастырайық.

Ол үшін  $ab$  қимасын қарастырып, сондағы салмағының әсерінен пайда болатын кернеуді ( $\sigma_z$ ) анықтайық. Мұнда өзімізге белгілі қима әдісін қолданамыз.

Брусты  $ab$  жазықтығымен қиып, оның жоғарғы бөлігін алып тастаймыз да, осы алынып тасталған жоғарғы бөліктің төменгі бөлікке әсерін ішкі күштермен ауыстырамыз.

Брустың төменгі бөлігі үшін тепе-теңдік шартын жазамыз. Ішкі күштерді теңестіруші күш брустың қиылған бөлігінің салмағына тең, яғни



3.4-сурет

ал салмақ әсерінен болатын кернеу мынаған тең болады

$$\sigma_z = \frac{N}{A} = \frac{Az\gamma}{A} = z\gamma, \quad (3.24)$$

мұндағы  $\gamma$  — брус жасалған материалдың меншікті салмағы,  $A$ -қима ауданы. Брустың өз салмағының әсерінен болатын ең жоғарғы кернеу қиманың ең жоғарғы жағында болады, яғни  $z = l$  болғанда

$$\sigma_{\max} = l\gamma. \quad (3.25)$$

Енді салмақтың әсерінен брустың қандай шамаға ұзаратынын қарастырайық. Брустың салмағынан болатын кернеудің шамасы әр түрлі қимада оның ұзындығына сәйкес бірдей болмайды, сондықтан, біріншіден сырықтың ұзындығы  $dz$ -ке тең бөлігінің ұзару шамасын анықтаймыз. Ұзындығы кішкене брус бөлігі үшін кернеу осы бөліктің ұзындығы бойынша бірдей, олай болса салыстырмалы ұзаруын тұрақты деп алуымызға болады. Гук заңының негізінде  $\varepsilon = \frac{\sigma_z}{E}$  теңдеуін еске алсақ, онда  $\varepsilon = \frac{z\gamma}{E}$ ; бөліктің абсолютті ұзаруы  $\Delta dz = \varepsilon_z dz = \frac{z\gamma}{E} dz$ , ал бүкіл сырықтың толық ұзаруы:

$$\Delta l = \int_0^l \frac{z\gamma}{E} dz.$$

Интеграл таңбасының алдына тұрақты шамаларды шығарып интегралдасак;

$\Delta l = \frac{\gamma l^2}{2E}$ , ал брус салмағын  $Al\gamma = G$  деп белгілесек, онда

$$\Delta l = \frac{Al\gamma}{2EA} = \frac{Gl}{2EA}. \quad (3.26)$$

**Температураның әсерінен пайда болатын деформация.** Іс жүзінде ұзындыққа әсер ететін температураның да әсерін қарастыруға тура келеді. Енді жалпы деформация күш пен температураның әсерінен пайда болады деп қарастырайық

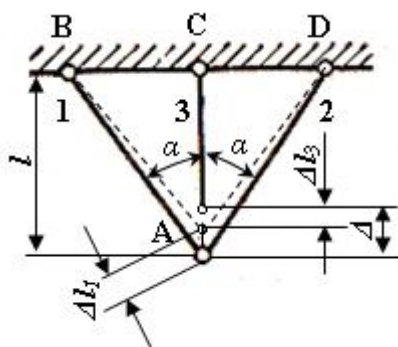
$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} + \alpha t, \quad (3.27)$$

мұндағы  $\alpha$  — материалдың температураға байланысты ұлғаю коэффициенті. Егер брус біртектес және біркелкі қыздырылған болса, онда

$$\Delta l = \frac{Fl}{AE} + l\alpha t. \quad (3.28)$$

Сонымен, күш және температураның деформациясы бір-біріне тәуелсіз болып қаралады. Тәжірибе жүзінде зерттеудің негізінде, біз брусты жай қыздырғанда серпімділік модулі мен температураның аз өзгеретінін және материалдың температураға байланысты ұлғаю коэффициенті ( $\alpha$ ) кернеуге тәуелсіз болады деп айта аламыз.

**Монтаждау нәтижесінде пайда болатын деформация.** Аспа жасау үшін дайындалған, қима аудандары бірдей, үш стерженнің бірі жобадан  $\Delta$  шамасына қысқа жасалынды делік. Егер  $\Delta$  стержендердің ұзындықтарына қарағанда әлдеқайда кіші шама болса, шеткі екі стерженді сығып, ал ортанғысын созып, ұштарын бір нүктеге (А нүктесіне) жиып бекітуге болады (3.5-сурет).



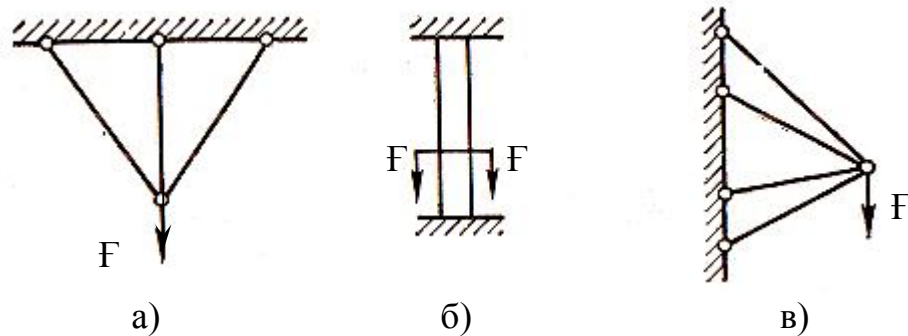
2.5-сурет

Стержендердің деформацияларының арасындағы байланыс сурет бойынша келесі түрде болады

$$\Delta l = (\Delta - \Delta l_3) \cos \alpha. \quad (3.29)$$

### 3.6 Статикалық анықталмайтын жүйелер

Топсалы-стерженді жүйелерде берілген сыртқы күштердің әсерінен пайда болатын ішкі күштер мен тірек реакциялары статиканың тепе-теңдік шарт теңдеулерінен анықталады. Егер белгісіз күштер саны осы есепке сәйкес жазылатын тепе-теңдік теңдеулер санынан көп болмаса, онда мұндай жүйе **статикалық анықталатын жүйелер** болады. Ал егер белгісіз күштер саны тепе-теңдік теңдеулер санынан артық болса, онда ол **статикалық анықталмайтын жүйелер** деп аталады. Статикалық анықталмаған жүйелерді есептеу үшін, оның элементтерінің деформациясы арқылы өрнектелген қосымша теңдеулер құрылады. Қосымша теңдеулер саны жүйенің статикалық анықталмау дәрежесіне тең. Статикалық анықталмаған жүйелердің 3.6-суреттегі схемасында: а) стерженді аспа, б) екі ұшы қатаң бекітілген брус – бір рет статикалық анықталмаған; в) стерженді кронштейн – екі рет статикалық анықталмаған.



3.6-сурет

Барлық статикалық анықталмаған жүйелер статикалық анықталмаған жүйелерге қарағанда «артық» байланыстармен қамтамасыз етіледі. Жүйенің тепе-теңдік күйде болуына «артық» байланыстардың қатысы жоқ, олар тек конструкцияның жүк көтергіштік қабілетін, орнықтылығын арттырады.

Статикалық анықталмаған жүйелерді есептеу жолы төмендегідей:

1. Есептің **статикалық** жағы. Берілген жүйе үшін белгісіз реакциялармен, ішкі күштермен өрнектелген статикалық теңдеулерін құрамыз. Белгісіз күштердің саны мен құрылған тепе-теңдік теңдеулерінің санының арасындағы айырма арқылы, жүйенің **статикалық анықталмау дәрежесін** анықтаймыз.
2. Есептің **геометриялық** жағы. Конструкцияны деформацияланған күйде қарастырып, жеке элементтерінің деформацияларының арасындағы байланысты өрнектейтін теңдеу құрамыз. Құрылған теңдеу **бірлесіп деформациялану теңдеуі** деп аталады.
3. Есептің **физикалық** жағы. Гук заңына сүйене отырып конструкция элементтерінің деформацияларын немесе орын ауыстыру шамаларын белгісіз ішкі күштер арқылы өрнектейміз.
4. **Синтез.** Статикалық және есептің физикалық жағын қарастырып өзгертілген бірлесіп деформациялану теңдеулерін бірге шешіп, белгісіз күштерді анықтаймыз.

### Бақылау сұрақтары

- 1) Центрілік созылу, сығылу деформациясы деген не?
- 2) Брустың кез-келген көлденең қимасындағы бойлық күш қалай анықталады?
- 3) Бойлық күштің эпюрасы нені білдіреді және ол қалай тұрғызылады?
- 4) Центрілік созылған немесе сығылған брустың бойындағы тік кернеудің өзгеру заңдылығы.
- 5) Созылған сырықтың қандай қималарында ең үлкен тік кернеу пайда болады?
- 6) Толық бойлық деформация дегеніміз не?
- 7) Салыстырмалы бойлық деформация дегеніміз не, оның өлшем бірлігі?

- 8) Серпімділік модулі  $E$  дегеніміз не, брустың деформациясына оның әсері?
- 9) Созылған немесе сығылған брустың қатандығы.
- 10) Гук заңы, абсолюттік, салыстырмалы бойлық деформацияларды анықтау формулалары.
- 11) Абсолюттік, салыстырмалы көлденең деформациялар.
- 12) Брус созылғанда немесе сығылғанда көлденең қималары қалай өзгереді?
- 13) Көлденең деформация коэффициенті (Пуассон коэффициенті) нені білдіреді?
- 14) Созылу диаграммасы қандай координата жүйесінде тұрғызылады?
- 15) Пропорционалдық шек, ағу шек, беріктік шек нені білдіреді?
- 16) Ағу ауданша нені білдіреді?
- 17) Деформациялардың қандай түрлері серпімді, пластикалық?
- 18) Шартты аққыштық шек дегеніміз не, бұл механикалық сипаттама қандай материалдар үшін қолданылады?
- 19) Пластикалық материалдың созылу диаграммасы, морт материалдың созылу және сығылу диаграммаларының айырмашылығы неде?
- 20) Анизотропты материалдар деген не?
- 21) Мүмкіндік кернеу деген не, пластикалық және морт материалдар үшін, ол қалай қабылданады?
- 22) Беріктік қор коэффициенті деген не және ол қандай факторларға байланысты?
- 23) Құрылымды беріктікке есептегенде кездесетін негізгі үш есеп, әрбір есепке сәйкес беріктік шартты жазыңыз?
- 24) Қандай жүйелер статикалық анықталмаған?
- 25) Қосымша теңдеу нені білдіреді?
- 26) Жүйенің статикалық анықталмау дәрежесі қалай анықталады?
- 27) Монтаждық кернеу дегеніміз не?
- 28) Қандай кернеулер температуралық?
- 29) Жергілікті кернеу дегеніміз не?