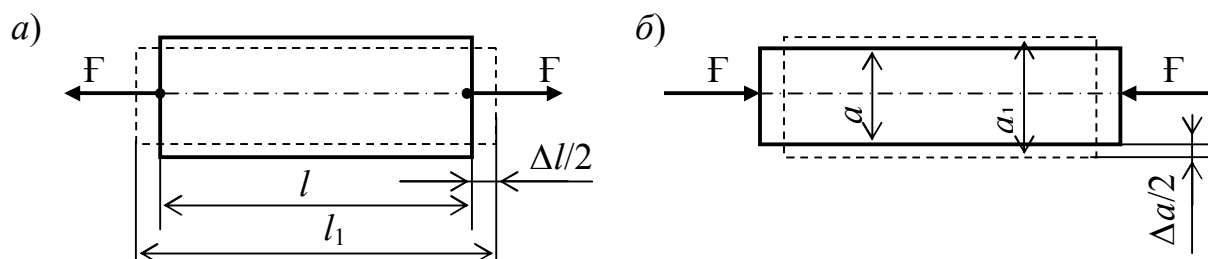


3 ЦЕНТРЛІК СОЗЫЛУ ЖӘНЕ СЫҒЫЛУ

Созылу мен сығылу (қысылу) тек таза **бойлық күш** әсер еткенде ғана пайда болады. Брустың созылуы немесе сығылуы деп, оның көлденең қимасына тек ұзындық бойымен әсер ететін күш түсіп, ал басқа күштер (көлденең күш, айналу күш және иілу моменттері) нөлге тең болу жағдайын айтады (3.1-сурет).



3.1-сурет

Созылу мен сығылуға есептегенде қатты дененің барлық талшықтары ұзына бойы бірдей шамаға созылады немесе сығылады деп есептейміз. Бұл жағдайда бастапқы жүргізілген қима ауданы созылудан кейін жүргізілген қима ауданына параллель қалады.

Бойлық күш деп тік бағытталған күштердің тең әсерлісін айтады, яғни

$$N = \int_A \sigma \cdot dA. \quad (3.1)$$

N бойлық күш қима әдісімен анықталады. Кез келген қимадағы бойлық күш қиманың бір жағында әсер ететін сыртқы күштердің бойлық өсіне проекцияларының алгебралық қосындысына тең болады $N = \sum F_i$.

Брустың көлденең қимасында тек қана тік кернеулер пайда болады, олар келесі формула бойынша анықталады:

$$\sigma = \frac{N}{A}, \quad (3.2)$$

мұндағы A – көлденең қиманың ауданы.

3.1 Деформация мен Гук заңы

Брустың ұзару шамасы оған әсер етуші күшке тікелей байланысты. Брусқа күш әсер етпей тұрғандағы ұзындығы l болса, ал күш әсер еткеннен кейін оның ұзындығы $l + \Delta l$ -ге өзгереді (3.1-сурет). Мұндағы Δl **толық** немесе **абсолюттік ұзару** деп аталады, ал сығылған кезде абсолюттік созылу теріс мәнге ие болса, онда оны **қысқару** деп атайды.

Абсолютті ұзару және брустағы деформация тек кернеуге ғана байланысты деп есептейік. Бірақ деформацияның шамасына басқада факторлар да әсер етеді, мысалы, күштің әсер етуге кеткен уақыты және температура. Әзірше біз бұл факторларды қарастырмаймыз.

Абсолюттік ұзару сырықтың бастапқы ұзындығына байланысты, сондықтан оны олардың қатынасы арқылы өрнектеп **салыстырмалы ұзару** (салыстырмалы бойлық деформация) деп атайды:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}, \quad (3.3)$$

$$\Delta l = l_1 - l, \quad (3.4)$$

мұндағы Δl - абсолюттік ұзару (мм); l - бастапқы ұзындық (мм).

Егер кернеулер біркелкі болмаса, оның әр бөлігіндегі деформациялар оларды кішкентай dz аудандарға бөлу арқылы табылады:

$$\varepsilon = \frac{\Delta dz}{dz}. \quad (3.5)$$

Көптеген материалдардың аздап ұзаруы кезіндегі олардың деформациясы қимада пайда болатын күш кернеуімен тығыз байланысты болады. Бұл байланысты материалдардың серпімділік қасиетіне сәйкес алғаш ағылшын физигі Роберт Гук (1635-1703) ашты

$$\sigma = E\varepsilon, \quad (3.6)$$

мұндағы E - материалдардың серпімділік модулі немесе бірінші текті серпімділік модулі деп аталады. Серпімділік модуль материалдардың қатаңдығын, қасиетін сипаттайды және оның шамасы арнаулы тәжірибелер арқылы табылады. Серпімділік модулі кернеу сияқты Н/м^2 , Па-мен өлшенеді.

Гук заңы кейбір материалдарға біраз өзгерген түрінде қолданылады. Мысалы, Гук заңын болатқа жоғары дәлдікпен, ал шойынға шамалы дәлдікпен қолдануға болады. Гук заңын қолдануға болмайтын жағдайды, мысалы тас, цемент және т. б. материалдар үшін деформация былай беріледі:

$$\varepsilon = f(\sigma). \quad (3.7)$$

Бұл функция әлбетте қисық сызық түрінде беріледі. Кернеу мен салыстырмалы ұзарудың мәндерін (3.6) өрнегіне қойсақ, абсолюттік ұзару мәні анықталады:

$$\Delta l = \frac{Fl}{EA}. \quad (3.8)$$

Егер брус ұзындық бойымен деформацияланатын болса, онда оның көлденең өлшемдері өзгереді, бұл тәжірибе жүзінде дәлелденген. Брус ұзына

бойы ұзарса, оның ені жіңішкереді, керісінше ұзына бойын сығу арқылы қысқартсақ, оның ені жуандайды (3.1-сурет). Бұдан біздің байқайтынымыз, созылу кезінде дене ұзарады да, сәйкесінше жіңішкере түседі, ал сығылу кезінде, дене қысқарады, бірақ жуандайды. Созылу мен сығылу кезіндегі көлденең деформация бойлық деформацияға пропорционал.

Егер салыстырмалы бойлық деформацияны ε деп, ал салыстырмалы ендік деформацияны « ε' » деп белгілесек, онда олардың қатынасы:

$$\varepsilon' = \mu \varepsilon, \quad (3.9)$$

мұндағы μ - Пуассон немесе ендік деформация коэффициенті деп аталады, ол материалдың қасиетін сипаттайды.

Созылу кезінде Пуассон коэффициенті мынаған тең:

$$\mu = \frac{\varepsilon'_{\text{салыстырмалы келденес созылу}}}{\varepsilon_{\text{салыстырмалы бойлық ұзару}}}, \quad (3.10)$$

$$\varepsilon' = \frac{\Delta a}{a}, \quad \Delta a = a_1 - a. \quad (3.11)$$

Ал сығылу кезінде

$$\mu = \frac{\varepsilon'_{\text{салыстырмалы келденес созылу}}}{\varepsilon_{\text{салыстырмалы бойлық сығылу}}}. \quad (3.12)$$

Пуассонның ұйғаруы бойынша μ коэффициенті барлық заттар үшін бірдей және 0,25-ке тең. Бірақ, кейінгі зерттеулер мен тәжірибелер Пуассон коэффициентінің әр түрлі заттар үшін әр түрлі болатынын және 0 мен 0,5-тің арасында жататынын анықтады.

3.2 Материалдардың негізгі механикалық қасиеттері (сипаттамалары)

Негізгі ұғымдар. Адам баласы әр түрлі құрылыстар мен механизмдерді жасай бастағаннан-ақ, олардың берік және сенімді болу жолдарын ойластыра бастаған. Италиян оқымыстысы Галилео Галилей кеме конструкцияларын жасауда олардың әр түрлі бөлшектерін арнаулы сынаудан өткізген. Міне, содан бері қандай да болсын конструкцияны жасау үшін, оларды құрайтын бөлшектердің материалдарының механикалық сипаттамаларын анықтап, олардың беріктігіне белгілі баға беру қажет.

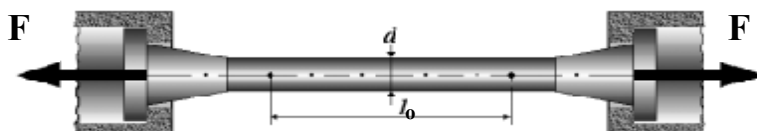
Машина бөлшектерін, құрылыс конструкцияларын, механизмдер мен машиналардың беріктігін, орнықтылығын және сенімді жұмыс істеу қабілеттілігін білу үшін, оларды әр түрлі әдістемелермен есептеу қажет. Сол есептеулердің барлығы материалдардың механикалық қасиеттеріне байланысты

жүргізіледі.

Материалдардың негізгі қасиетін анықтау үшін сол материалдардан үлгі жасалынады. Ол үлгінің пішіні мен өлшемдері МЕСТ-пен белгіленген (3.2-сурет). Осы үлгілерді әр түрлі сынақтан өткізеді. Көбінесе арнаулы созығыш машиналармен үлгілерді созып, олардың ұзару деформациясы мен тарту күштері мұқият дәлдікпен аспаптар арқылы өлшеніп, жазылып алынады (3.3-сурет). Кейбір жағдайларды осы үлгілерде сығу, ию, бұрау деформацияларына статикалық және динамикалық күш әсер еткенде сынау жүргізіледі.

Динамикалық күш әсер еткенде, олардың төзімділік шегі, шаршау немесе қажалу шегі анықталады, бұл жөнінде кейінгі тарауда, сөз болады.

Созылу мен сығылу кезіндегі диаграмма. Арнайы жабдықталған аспапта үлгіге байқау жүргізіп (мысалы, созуға байқау), кернеу мен деформация арасындағы тәуелділікті көрсететін график сызамыз. 3.3, а-суретте аз көміртекті болаттың созылу диаграммасы көрсетілген. Белгілі бір шамаға дейін кернеу (σ) мен үлгінің ұзару (Δl) қатынасы түзу сызық болып келеді, яғни бұл үлгінің ұзаруы

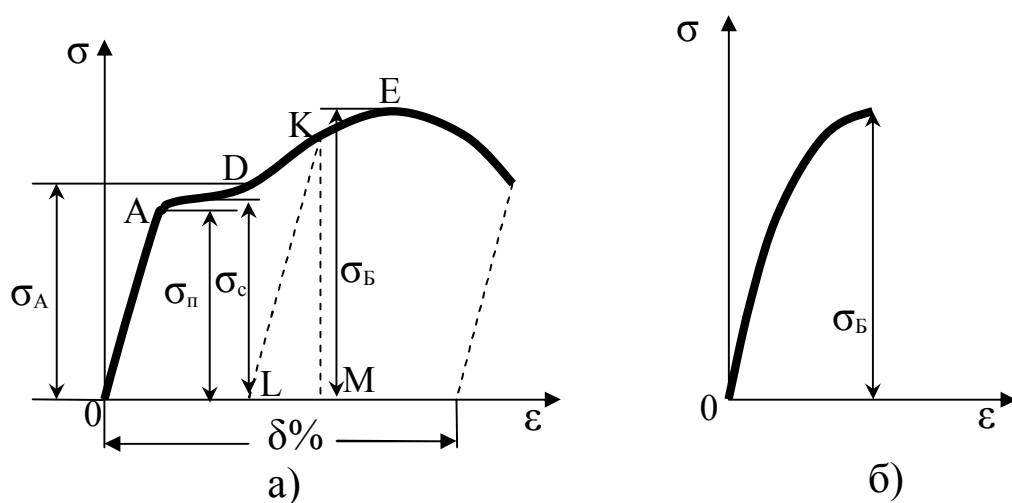


3.2-сурет

кернеуге пропорционал болатынын көрсетеді, былайша айтқанда кернеу мен материалдың ұзаруы Гук заңына бағынады. Диаграммадағы А нүктесіне сәйкес келетін кернеу шамасын **пропорционалдық шегі** деп атаймыз. БЗ болаттар үшін бұл шама 200 МПа-ға тең. Ал болаттың серпімділік қасиетін бұзбайтын ең үлкен күшке сәйкес шекті кернеуді **серпімділік шегі** деп атаймыз. Серпімділік шегін анықтауда аздап қалдық пластикалық деформация пайда болуы мүмкін, бірақ оның шамасы 0,2%-тен аспауы қажет. Мысалы, БЗ болаттары үшін серпімділік шегі 210 МПа-ға тең. Ал егер серпімділік шегі бұл шамадан артып кеткен жағдайда күш кернеуі өспеседе, болат көп созылады да, серпімділік қасиетінен айрылады немесе **пластикалық деформация** алады. Болаттың осы қалпына сәйкес күш кернеуін созылу немесе ағу шегі деп атайды. Сонымен, **ағу шегі** деп, үлгінің күш шамасы өспесе де ұзаруына сәйкес келетін кернеуді айтады.

Жоғарыда айтылған БЗ болаты үшін $\sigma_A=240$ МПа. Ағу шегінен кейін материал деформацияның өсуіне тағыда кедергі жасайды, бірақ оның ұзаруы кернеуге қарағанда жылдамырақ өседі. Үлгіні ұстап тұратын ең үлкен кернеуді беріктік шегі немесе **уақытша кедергі** деп атаймыз. Кернеу беріктік шегіне жеткенде үлгілердің қимасы жіңішкеріп үзілуге айнала бастайды. Осы үлгілердің үзіле бастаған жағдайына сәйкес күш кернеуін **беріктік шегі** деп

атаймыз. БЗ болаттары үшін беріктік $\sigma = 450$ МПа.



3.3-сурет

Енді үлгіні одан әрі созатын болсақ, онда үлгі үзілуге жақындап созу күшінің кемігенін көреміз. Сонымен, біз байқау жүргізген үлгіде, оның көлденең қимасы мен ұзындығының өзгеріп тұратынын байқадық.

Көрсетілген диаграмма тек қана пластикалық деформацияланатын материалдарға ғана тән, морт келетін материалдар үшін ағу шегі болмайды. Морт келетін заттарға шойын, шыны, бетонды тас т.б. жатады. Олар үшін диаграмма 3.3, б-суретте көрсетілген.

Егер жұмсақ болаттан жасалған үлгіге серпімділік шегіне жеткізбей алдын ала созылу күшімен әсер етіп, қайтадан ол күшті алып тастасақ, болат бұрынғы қалпына келеді. Ал енді осы үлгіні қайталап созатын болсақ, созыла береді және созылу диаграммасы бастапқы созылу диаграммасынан ешқандай айырма-шылығы болмайды.

Егер үлгіге шамасы серпімділік шегінен жоғары кернеуге сәйкес күш түсіріп созсақ үлгіде пластикалық деформация пайда болады және ол деформацияның шамасы диаграммада OL кесіндісімен белгіленеді (3.3-сурет). Осы пластикалық деформация алған үлгіні қайтара созатын болсақ, оның серпімділік шегінің едәуір шамаға артатынын байқаймыз (3.3-суреттегі K нүктесіне сәйкес).

Егер созушы күшті алып тастасақ, онда диаграммада түзу сызыққа жақын KL түзуі пайда болады және $OL = \Delta l$ қалған ұзартуды көрсетеді. Егер үлгіні қайтадан созсақ, онда пропорционалдық шегі өседі, яғни зат серпімділігін қайталайды да, оның ағу шегі де артады.

Беріктілік қасиеттің өсуі мен иілгіштік қасиеттің төмендеуі **соғып тығыздау** (наклеп) деп аталады. Наклеп кезінде заттардың механикалық сапасы өзгереді. Наклеп кей жағдайда зиянды, ал кейбір жағдайда пайдалы болады, себебі материалдың беріктігі мен тозуға төзімділігі өскенмен олар морт келеді, сондықтан наклепті жою қажет болса, онда материалдарды жоғарғы температурада қыздырып, одан соң ақырындап суыту қажет. Кейбір

жағдайларда наклепті қолдан жасауға болады. Мысалы, көтергіш машинаның шынжырының созылу шамасын азайтып, беріктігін жоғарылату үшін наклеп қолданылады.

Серпімділік деформацияның уақытқа байланысты өзгеру құбылысын серпімділік жалғасуы деп атаймыз. Көптеген материалдарға күш әсер еткенде температураның өсуіне байланысты, қалдық деформация өседі, ал бұл өсу белгілі бір жағдайда материалды бұзуға әкеп соғады. Мысалы, белгілі бір қысым мен бу температурасының әсерінен бу құбырының диаметрі ұлғаяды, былайша айтқанда, оларда пластикалық деформация пайда болады.

Дененің серпімділік деформациясының белгілі бір уақыт ішінде пластикалық деформацияға айналу құбылысын **релаксация** деп атайды.

3.3 Мүмкіндік кернеу және қор коэффициенті

Материалдардың қасиетін тексере отырып мынадай қорытындыға келеміз: егер машинаның конструкция бөлшектері морт келетін материалдан жасалып және оған шамадан тыс күш түсетін болса, ол бірден сынып кетеді. Ал пластикалық созылмалы материалдардан жасалса, онда сынудың алдында ол созылып өзінің бастапқы пішінін өзгертеді, яғни қалдық деформация пайда болады.

Осыған орай, есептеуді морт материалдар үшін статикалық күш түскенде беріктік шегіне байланысты, ал пластикалық созылмалы материалдар үшін ағу шегіне байланысты жүргіземіз.

Есептеу кезінде мүмкіндік кернеуді білуіміз қажет. **Мүмкіндік кернеу** деп, конструкцияның немесе бөлшектің сынбастан немесе шамадан тыс созылмастан (қалдық деформация қабылдамау) қабылдай алатын кернеуін айтады. Бұл кернеу морт материалдар үшін

$$[\sigma] = \frac{\sigma_B}{n}, \quad (3.13)$$

ал пластикалық материалдар үшін

$$[\sigma] = \frac{\sigma_A}{n}. \quad (3.14)$$

Бұл өрнектердегі σ_B - материалдардың беріктік шегі; σ_A - материалдардың ағу шегі; n — қор коэффициенті.

Қор коэффициентін арнаулы тәжірибе жүргізу арқылы немесе іс жүзінде жұмыс істеу нәтижелерінің қорытындысынан шығарып алады. Оның шамасы іс жүзінде конструкцияның немесе машина мен механизмдердің жұмыс істеу жағдайына байланысты алынады. Мысалы, болат үшін 1,5, бетон үшін 3, табиғи тас, біртекті емес материалдар үшін 10 болады.

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

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

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

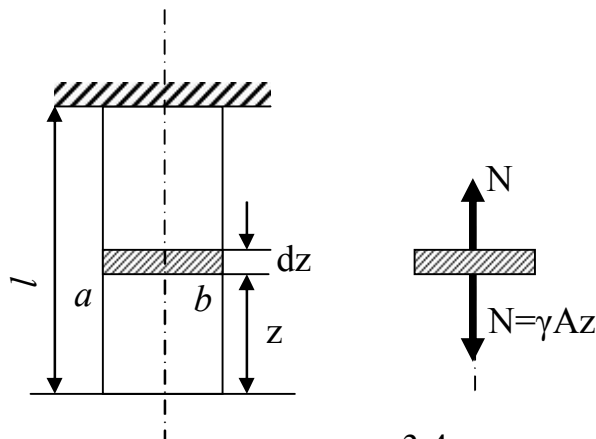
Біз брустардың созылуы мен сығылуын қарастырғанымызда, оның салмағына онша көп көңіл аудармадық. Осы брус салмағының созылу мен сығылу кезіндегі кернеу мен деформацияның шамасына қалай әсер ететінін бағалау үшін, брус салмағының әсерінен пайда болатын кернеу шамасын анықтаймыз. Енді 3.4-суретте көрсетілген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

Ол үшін аб қимасын қарастырып, сондағы салмағының әсерінен пайда болатын кернеуді (σ_z) анықтайық. Мұнда өзімізге белгілі қима әдісін қолданамыз.

Брусты аб 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

$$N = \gamma A z, \quad (3.23)$$



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 γ — 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

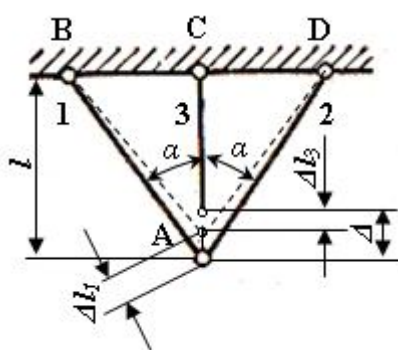
$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} + \alpha t, \quad (3.27)$$

мұндағы α — 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 (α) кернеуге тәуелсіз болады деп айта аламыз.

Монтаждау нәтижесінде пайда болатын деформация. Аспа жасау үшін дайындалған, қима аудандары бірдей, үш стерженнің бірі жобадан Δ шамасына қысқа жасалынды делік. Егер Δ 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).



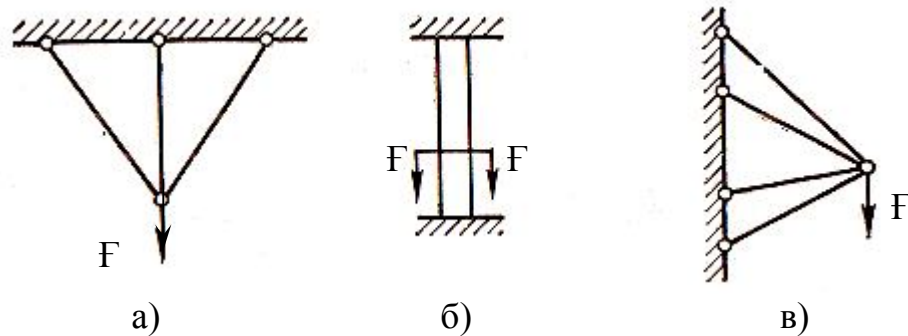
2.5-сурет

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?