



SATBAYEV
UNIVERSITY



МСН5022 Материалдар механикасы



Лектор: т.ғ.к., доцент Исаметова Мадина Есдаулетовна



8 Дәріс. Кернеулі және деформацияланған жай-күйлер теориясы, беріктік теориясы

8 Дәріс

Кернеулі және деформацияланған жай-күйлер теориясы, беріктік теориясы

Беріктік теориясы

Шекті жағдайлардың негізгі гипотезалары

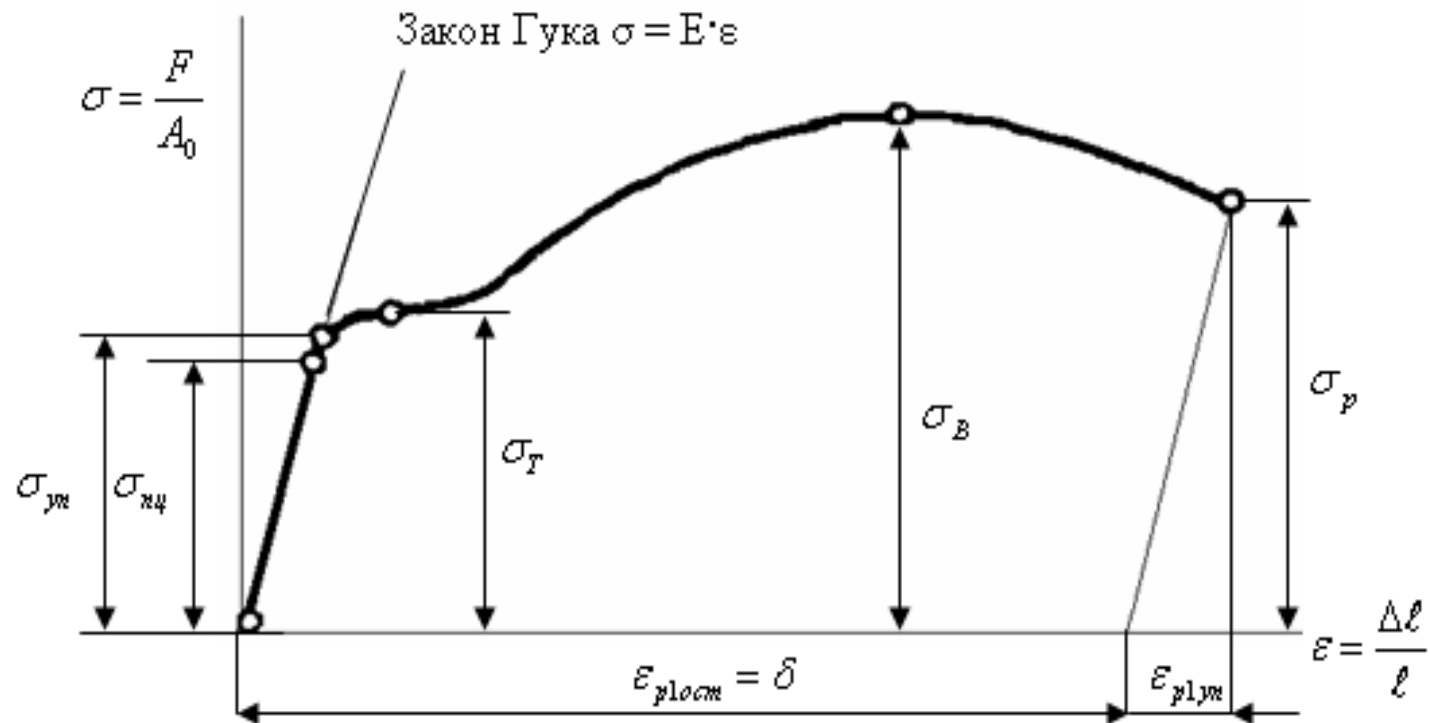
Ең үлкен қалыпты кернеу гипотезасы

Пішін өзгеру энергиясының гипотезасы

Мора беріктігі теориясы

Беріктік теориясы

- ▶ Беріктік теориясы - материалдың ағымдылықтың немесе морт қираудың қауіпті кернеулі жай-күйіне өтуінің негізгі себебі туралы гипотезалар.



Желілік кернеулі жай-күй үшін беріктік шарттарын жасау

$$\sigma_1 \neq 0; \sigma_2 = 0; \sigma_3 = 0$$

$$\sigma_{\max} \leq [\sigma] \quad - \text{ созылу (қысылу) кезіндегі беріктік шарты}$$

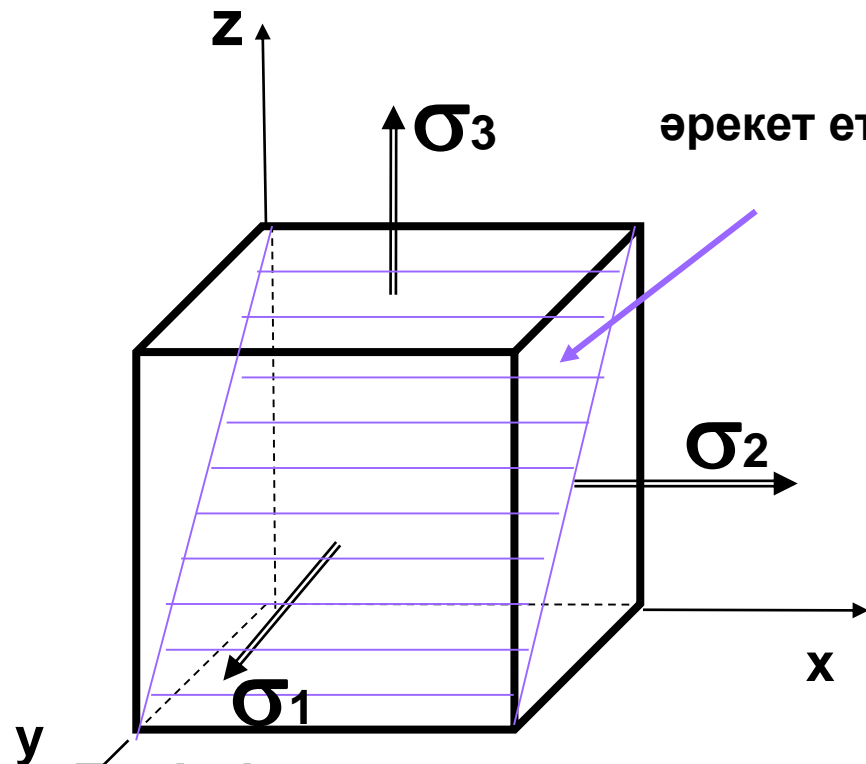
$$[\sigma] = \frac{\sigma}{n} \quad - \text{ рұқсат етілген кернеу}$$

$$\sigma_B \quad - \text{ осал материалдарға арналған шекті кернеу}$$

$$\sigma_T \quad - \text{ пластикалық материалдарға арналған шекті кернеу}$$

$$\sigma_B \text{ и } \sigma_T \quad - \text{ тәжірибелік жолмен орнатады}$$

Күрделі кернеулі жай-күйге арналған беріктік шарты



өрекет ету алаңы τ_{\max}

Қандай мәндерде анықтау кернеудің шегі келеді материалдың жай-күйі (бұзылуы немесе пластикалық деформациялардың пайда болуы) өте қиын.

Беріктік теориясының идеясы: материалдың беріктігіне әсер ететін факторлардың көп санынан қалғандарын ескермей, біреуін (беріктік критерийін) таңдайды. Беріктік теорияларының сенімділігін тәжірибелік жолмен тексереді

Эквивалентті кернеу

$\sigma_{ЭКВ}$

- бір осьті кернеулі жай-күйдегі материал үлгісі қаралып отырған күрделі кернеулі жай-күйдегі тең қауіпті жай-күйде (беріктік қорының бірдей коэффициенттері) болатын кернеу баламалы (эквивалентті) кернеу деп аталады.

Қауіпті нүкте – баламалы кернеудің ең жоғары мәніне қол жеткізілетін брус нүктесі. Бұл нүкте брустың қауіпті қимасына жатады.

Беріктіктің бірінші теориясы (ең үлкен қалыпты кернеулер теориясы)

- ▶ Күрделі кернеу жағдайында материалдың шекті жай-күйі модуль бойынша ең үлкен қалыпты кернеу қауіпті мәнге жеткенде басталады (беріктік өлшемі - ең үлкен қалыпты кернеу).

$$\sigma_{ЭKB} = \sigma_1 \leq [\sigma]$$

Теория нәзік материалдар үшін қанағаттанарлық әділ; тәжірибелік жолмен ішінара расталады; практикалық есептерде қолданылмайды.

Екінші беріктік теориясы (салыстырмалы ұзарту теориясы)

- ▶ Материалдың қауіпті жай-күйі ең көп салыстырмалы ұзарту қауіпті мәнге жеткенде басталады (беріктік критерийі - ең көп сызықтық деформация).

$$\varepsilon_1 \leq [\varepsilon] = \frac{[\sigma]}{E}$$

Теория эксперименталды түрде расталмайды

Беріктіктің үшінші теориясы (ең жоғары жанама кернеулер теориясы)

- ▶ Материалдың қауіпті жай-күйі ең көп жанама кернеу қауіпті мәнге жеткенде басталады (беріктік критерийі - ең көп жанама кернеу).
- ▶ Теория жасаудың алғышарты: металдардағы пластикалық деформация кристалды тордағы қайтымсыз жылжулар нәтижесінде пайда болады. Ең көп жанама кернеулер басты кернеулер бағытына 45 бұрышпен орналасқан қималарда орын алады σ_1 және σ_3 .

Беріктіктің үшінші теориясы (ең жоғары жанама кернеулер теориясы)

► Екі бағытта созылған (қысылған) кезде көлбеу қимада:

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$$

Сызықтық кернеу жағдайында:

$$[\tau] = \frac{1}{2} [\sigma]$$

Онда 3 беріктік теориясы бойынша, беріктік шарты мынадай: $\tau_{\max} \leq [\tau]$

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

Беріктіктің үшінші теориясы (ең жоғары жанама кернеулер теориясы)

Басты қалыпты кернеуді анықтауға арналған формула (1):

$$\sigma_{1,3} = \sigma_{\min}^{\max} = \frac{\sigma}{2} \pm \frac{1}{2} \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \quad (1)$$

$$\sigma = \frac{M}{W_x} \quad (2) \quad \tau = \frac{M_k}{2W_x} \quad (3) \quad \sigma_{\text{экв}} = \sigma_1 - \sigma_3 \leq [\sigma] \quad (4)$$

Қоямыз (1); (2) және (3); (4):

$$\sigma_{\text{экв}} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma]$$

$$W_x = \frac{\sqrt{M^2 + M_k^2}}{[\sigma]}$$

$$M = \sqrt{M_x^2 + M_y^2}$$

Теория пластикалық материалдар үшін эксперименталды түрде расталады.

Төртінші беріктік теориясы (энергетикалық)

▶ Егер деформацияның үлестік әлеуетті энергиясы желілік кернеу жай-күйі үшін белгіленген рұқсат етілген үлестік әлеуетті энергиядан аспаса, күрделі кернеулі жай-күй кезінде материалдың беріктігі қамтамасыз етіледі.

$$u \leq [u]$$

Деформацияның әлеуетті энергиясы - бұл ішкі күштердің жұмысына тең, бірақ қарама-қарсы белгісі бар шама. Көлем бірлігіне жатқызылған әлеуетті энергия үлестік әлеуетті энергия деп аталады.

Төртінші беріктік теориясы (энергетикалық)

$$\sigma_{\text{экв}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2} \leq [\sigma]$$

Теория пластикалық материалдар үшін эксперименталды түрде расталады, өйткені созылу мен сығу арасындағы айырмашылықтарды ескермейді. Осы теорияны пайдалана отырып, мыналарды қабылдауға тура келеді:

$$[\sigma_p] = [\sigma_c] = [\sigma]$$

Шекті жағдайлардың негізгі гипотезалары

Шекті НС - материал қасиеттерінің сапалық өзгеруі болатын НС - бір механикалық жағдайдан екіншісіне ауысу:

- пластикалық материал - байқалатын қалдық деформациялардың пайда болуы;
- морт материал - материалдың бұзылуының басталуы.

Шекті НС материал қасиеттерінің сипаттамасы ретінде қаралуы мүмкін.

Шекті жағдайлар теориясын жасаудың қиындығы - материалда болып жатқан ішкі процестер туралы біздің түсінігіміздің жеткіліксіздігі.

Міндет негізінен эксперименттік деректерді талдау және жинақтау жолымен шешіледі.

ТЖҚ-ға 2 бағыт

- гипотезалар негізінде;
- феноменологиялық тәсіл (егжей-тегжейлі тетігі жеткілікті түрде анық емес құбылыстарды сипаттау кезінде қолданылады: физика - дүниежүзілік тартылыс заңы; геология - пайдалы қазбалар шоғырларының орналасу заңдылықтарын сипаттау кезінде).

Беріктік қорының коэффициенті

Қор коэффициенті деп оның шекті болуы үшін НС барлық компоненттерін қанша есе ұлғайту керектігін көрсететін сан.

Егер екі НС қор коэффициенттері тең болса, онда мұндай НС тең қауіпті деп аталады.

$$k = \frac{\sigma_{пред}}{\sigma_{экв}} ;$$

Созылғанда

$$\sigma_{пред} = \sigma_T ; \quad \sigma_{пред} = \sigma_B ;$$

Қысу кезінде

$$\sigma_{пред} = \sigma_{кр}$$

1. Ең үлкен қалыпты кернеу гипотезасы

Беріктік критерийі ретінде ең үлкен қалыпты кернеу шамасы алынады σ_1 .

Басқа екеуі есепке алынбайды.

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = \sigma_1$$

2. Ең үлкен сызықтық деформациялар гипотезасы

Жазықтық бойынша материалдың үзілуін молекулалар арасындағы қашықтықтың ұлғаюы салдарынан ілінісудің молекулааралық күштерінің бұзылуының нәтижесі ретінде қарастыруға болады.

Ең үлкен сызықтық деформацияны КС ретінде пайдалану гипотезасы алға тартылды.

Бұл гипотеза кең таралды, алайда егжей-тегжейлі тексеру одан бірқатар елеулі кемшіліктерді тапты.

3. Ең жоғары жанама кернеулер

ГИПОТЕЗАСЫ

Металдарда қалдық деформациялардың пайда болуы бөлшектердің бір-біріне қатысты жылжуымен болады.

Сондықтан серпімділік күйінен пластикалық күйге өту өлшемі нүктедегі ең үлкен жанама кернеу болып табылады.

Бұл пластикалық деформациялар ең жоғары жанама кернеулер белгілі бір шекті мәнге жеткенде пайда болатынын білдіреді.

$$\tau_{\max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}; \quad \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2} = \frac{\sigma_{\text{ЭКВ}}}{2}; \quad \sigma_{\text{ЭКВ}} = \sigma_1 - \sigma_3.$$

Пластикалық материалдар - қанағаттанарлық нәтижелер.

Кемшіліктер - созылуға және қысылуға әртүрлі механикалық сипаттамалары бар материалдар үшін.

4. Пішін өзгеру энергиясының гипотезасы

Ішкі әлеуетті энергия = көлемнің өзгеру энергиясы + пішіннің өзгеру энергиясы.

Серпімді күйден пластикаға көшу негізінде тек пішін өзгеру энергиясы ғана ескеріледі.

$$U_{\phi} = \frac{1+\mu}{6E} \left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2 \right]$$

$$U_{\phi} = \frac{1+\mu}{6E} 2\sigma^2$$

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_1 - \sigma_3)^2}$$

$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{xz}^2)}$$

4. Пішін өзгеру энергиясының гипотезасы

Гипотеза пластикалық материалдардың КС бағалауға қолданылады және созылуға және сығылуға бірдей қарсы тұратын материалдар үшін қанағаттанарлықсыз нәтиже береді.

3 және 4 гипотезалары КС негізгі гипотезалары болып табылады және осы уақытқа дейін өз мәнін сақтайды.

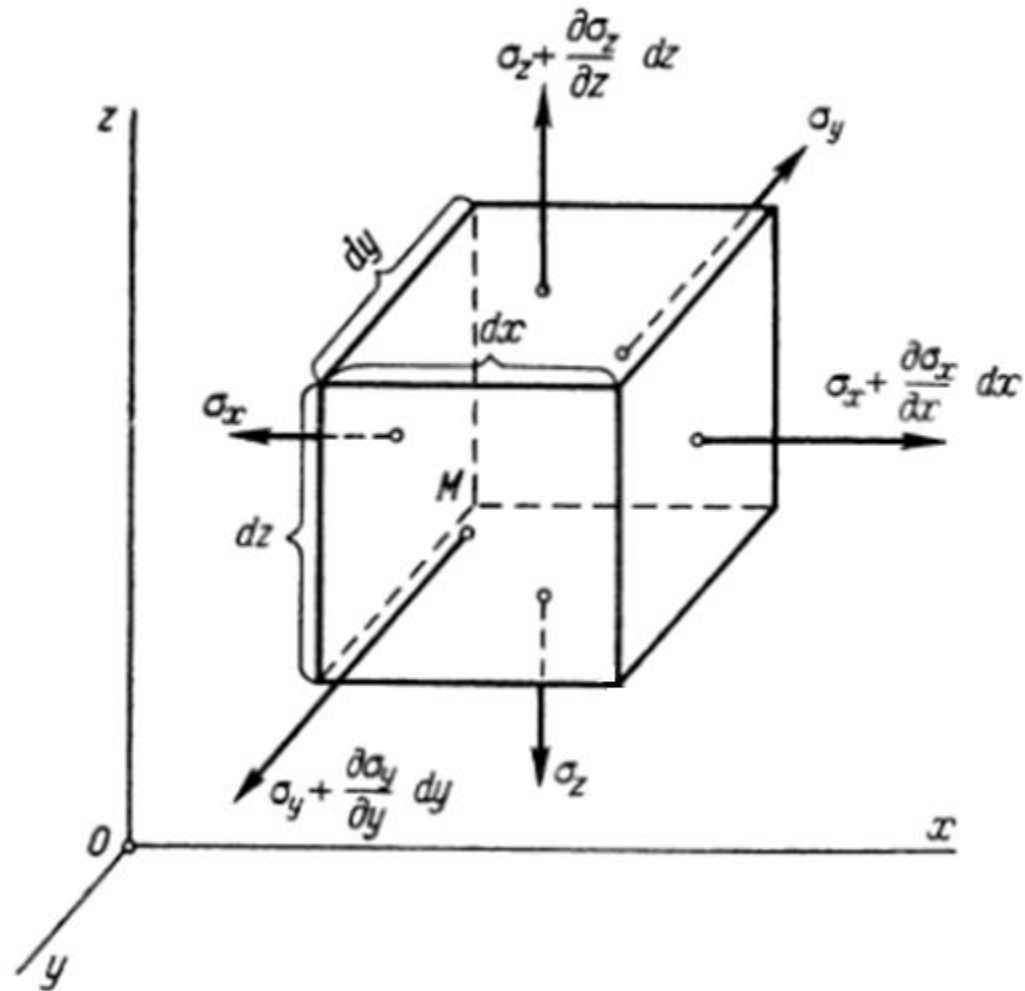
Мора беріктігі теориясы

Қазіргі уақытта Мора беріктігі теориясы жалпыға бірдей танылған

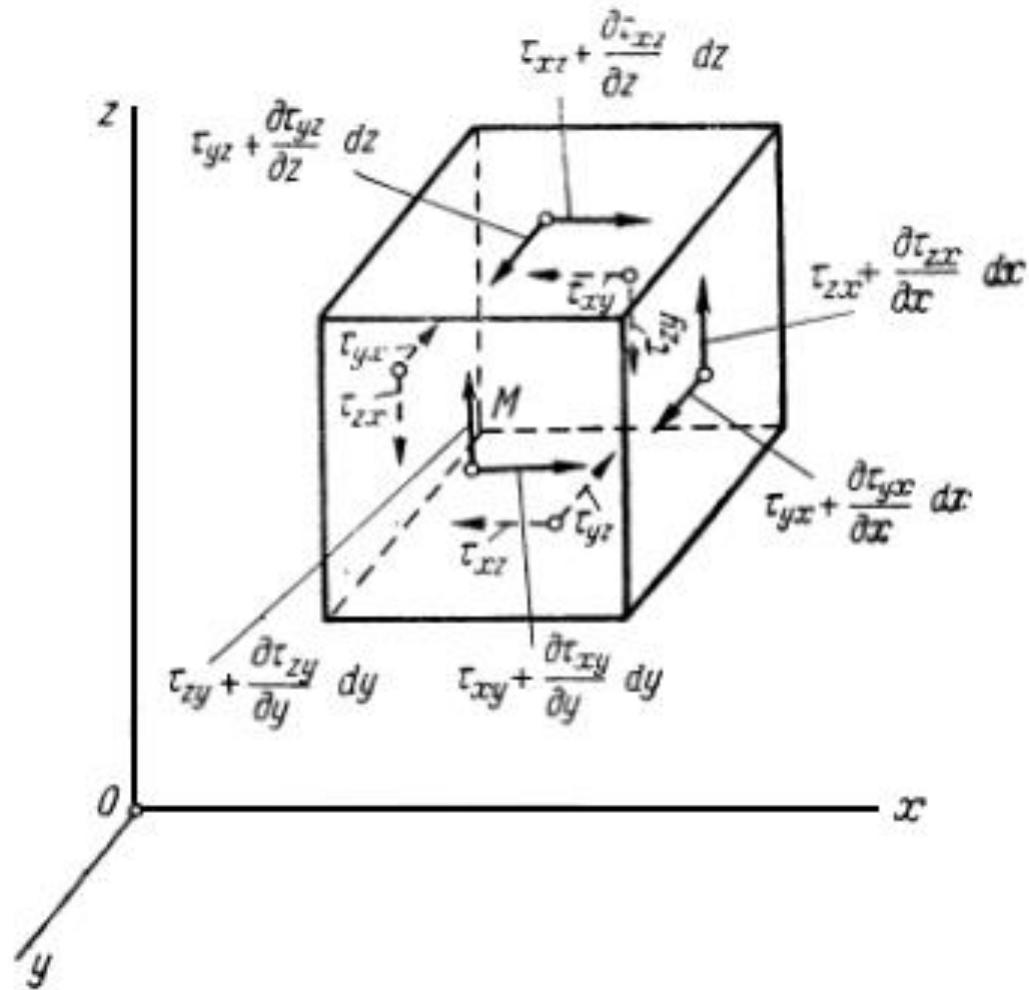
$$\sigma_{\text{ЭКВ}} = \sigma_1 - k\sigma_3$$

$$k = \frac{\sigma_{TP}}{\sigma_{TC}} ; \quad k = \frac{\sigma_{BP}}{\sigma_{BC}}$$

Декарт координаталар жүйесіндегі тепе-теңдіктің дифференциалды теңдеулері



Декарт координаталар жүйесіндегі тепе-теңдіктің дифференциалды теңдеулері



Декарт координаталар жүйесіндегі тепе-теңдіктің дифференциалды теңдеулері

$$\begin{aligned} & \left[\sigma_x + \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} dx \right] dydz - \sigma_x dydz + \\ & + \left[\tau_{xy} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} dy \right] dxdz - \tau_{xy} dxdz + \\ & + \left[\tau_{xz} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} dz \right] dxdy - \tau_{xz} dxdy + \\ & + X \rho dxdydz = \rho dxdydz \frac{\partial^2 u}{\partial t^2}. \end{aligned}$$

X - масса бірлігіне жатқызылған көлемдік күштің x осіне проекциясы

Ұсынылатын әдебиет

1. Арапов Б.Р., Сейтказенова К.К, Материалдар кедергісі . Учебное пособие. – Караганда: ТОО «Медет Групп», 2020. – 82 с.
2. Қ. Алдияров, Материалдар кедергісі. Оқу құралы, Фолиант 2018-156 с
4. Степин П.А. Сопротивление материалов - М.: ИНТЕГРАЛ-ПРЕСС, 1997.-320 с.
5. Ицкович Г.М., Минин Л.С., Винокуров А.И Руководство к решению задач по сопротивлению материалов - М.: Высшая школа, 1999. -592 с.
6. Миролубов И.Н. и др. Пособие к решению задач по сопротивлению материалов -М: Высшая школа, 1985. -399 с.
7. Бондаренко А.Н. Электронный учебник по сопротивлению материалов. Москва. 2007 г.
8. Панков А.Д. Руководство по курсовому проектированию по сопротивлению материалов Расчет валов. г. Саров. 2008 г.
9. Панков А.Д. Вопросы для электронного тестирования по курсу “Сопротивление материалов”. г. Саров. 2009 г.
10. Панков А.Д. Лабораторный практикум по курсу “Сопротивление материалов”. г. Саров. 2010 г.
1. Шелофаст В.В. Основы проектирования машин. Изд –во АПМ., 2007 г.